

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

EVALUACIÓN DEL ENCAPSULADO CON ALGINATO DE SODIO DE COMPUESTOS FENÓLICOS EXTRAÍDOS DE CÁSCARA DE GUANÁBANA (*Annona muricata*) PARA LA INCORPORACIÓN EN BEBIDAS

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

KATHERINE ANABELLE ESPINOZA BÁEZ

DIRECTOR: ING. EDWIN VERA CALLE, PhD.

Quito, Marzo 2022

© Escuela Politécnica Nacional (2022)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Katherine Anabelle Espinoza Báez, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Katherine Anabelle Espinoza Báez

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Katherine Anabelle Espinoza Báez, bajo mi supervisión.

Ing. Edwin Vera Calle PhD
DIRECTOR DE PROYECTO

DEDICATORIA

Quiero dedicar con todo mi corazón este trabajo a mis padres Wilian y Claudia, por todo su amor, su paciencia, su apoyo incondicional y esfuerzo para forjarme como la persona que soy en la actualidad.

Además, a mis hermanos Karol y Ricardo, a mis abuelitos Nelly y Gonzalo, a mis tíos Alexandra, Fernanda y José, a mi prima Natali y a toda mi familia que son lo más valioso que Dios me ha dado.

Finalmente, a mis angelitos que ahora me cuidan desde el cielo Alejandra, Leonardo y Víctor.

AGRADECIMIENTO

En primera instancia le doy gracias a Dios por permitirme culminar esta etapa de mi vida con salud junto a mi familia. Le doy gracias a mis padres Wilian y Claudia por toda su comprensión, apoyo, esfuerzo, por todos los conocimientos y valores que me han inculcado para que pueda culminar mi formación universitaria. A mis hermanos Karo y Ricky por su apoyo y amor. A mis ñañas Alex, Fer y Josecito, a mis primos Nati, Santi y Myly por apoyarme en los momentos más difíciles. A mis abuelitos Nelly y Gonzalo por siempre ser un soporte en mi vida. A todos mis tíos en especial a Leonardo, Víctor, Ligia, Gilma, Guido, Rebeca y Gonzalo, a mi madrina Meri, y a toda mi familia por siempre confiar en mis capacidades.

A la Escuela Politécnica Nacional por su excelencia académica y por los miles de vivencias y personas que conocí gracias a ella. Gracias Ingeniero Edwin Vera por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo de investigación en el DECAB, por su paciencia, confianza y sus conocimientos compartidos. A todos mis profesores quienes a lo largo de la carrera compartieron todos sus conocimientos. En especial a las ingenieras Paty Alba, Cris Sotomayor, Eve Tutillo y Pame Chancusig, y al ingeniero Marquito Sinche por su amistad, apoyo y aporte en la realización de esta tesis.

A mis mejores amigas del colegio Vivi, Erika, Tephi y Verito por todo su cariño y apoyo. A Miguel Ángel por iluminar mi vida, motivarme y confiar en mí. A mis amigos con los que compartí a lo largo de toda la carrera, en especial a Ale, Mafer, Cele, Fercho, Majo, Mayrita, Macris, Abel. A Stefy por su amistad y siempre estar pendiente de mí. A Carlitos por ser mi primer amigo de la U y siempre apoyarme. Gracias Vivi y Eri por ser las mejores amigas y nunca dejarme sola a pesar de todo. A Mafer por su amor, amistad y apoyo. Gracias Ale por siempre haber creído en mí y dejarme tantas enseñanzas.

Evaluación del Encapsulado con Alginato de Sodio de Compuestos Fenólicos Extraídos de Cáscara de Guanábana (*Annona muricata*) para la Incorporación en Bebidas

Resumen: En este trabajo se evaluó la eficiencia de la encapsulación de compuestos fenólicos con alginato de sodio y la estabilidad de los encapsulados en soluciones tampón y en una bebida comercial. Se utilizó polifenoles extraídos de cáscaras de guanábana y soluciones de alginato de sodio al 2 y 3 % (p/v) para encapsular con 4 diferentes diámetros de boquilla del microencapsulador (200, 500, 1 000 y 2 500 μm); también, se emplearon soluciones tampón a distintos pH (2, 3, 4, 5 y 6) y una bebida comercial para evaluar la estabilidad de las microcápsulas durante 8 días. La mayor eficiencia de encapsulación fue con la solución de alginato al 3 % y un tamaño de boquilla igual a 2 500 μm . Tanto el tiempo de almacenamiento como el pH influenciaron sobre la estabilidad de las cápsulas; las cápsulas fueron más estables a pH 2 y 3. La degradación de polifenoles encapsulados en las soluciones tampón fue entre 27 y 40 % y tuvo una variación lineal con respecto al tiempo de almacenamiento; el porcentaje de degradación fue mayor en los polifenoles no encapsulados y alcanzó hasta 70 %. En la bebida comercial, los polifenoles presentaron comportamientos lineales en el tiempo, tanto en el porcentaje de encapsulación como en el de degradación. Al comparar la estabilidad de los encapsulados en una solución tampón a pH 3 y en la bebida comercial, se encontró que los encapsulados fueron más estables en la solución tampón.

Palabras clave: alginato de sodio, cáscara, compuestos fenólicos, eficiencia, estabilidad, guanábana, microcápsulas

Evaluation of the Encapsulation with Sodium Alginate of Phenolic Compounds Extracted from Soursop (*Annona muricata*) Peel for Incorporation in Beverages

Abstract: This work evaluated the efficiency of the encapsulation of phenolic compounds with sodium alginate and the stability of the encapsulates in buffer solutions and in a commercial drink. Polyphenols extracted from soursop peels and sodium alginate solution at 2 and 3 % (w/v) were used for the encapsulation with 4 different diameters of the microencapsulator nozzle (200, 500, 1 000 and 2 500 μm). Also, buffer solutions at different pH (2, 3, 4, 5 and 6) and a commercial drink were used to evaluate the stability of the microcapsules for 8 days. The highest encapsulation efficiency was at 3 % alginate solution and a nozzle size equal to 2 500 μm . Both the storage time and the pH influenced the stability of the capsules; the capsules were more stable at pH 2 and 3. The degradation of polyphenols of the buffer solutions varied from 27 to 40 % and had a linear variation with respect to the storage time; the degradation of the unencapsulated polyphenols reached up to 70 %. In the commercial drink, the polyphenols showed linear changes in time both in the percentage of encapsulation and degradation. Comparing the stability of the encapsulates in the pH 3 buffer solution and in the commercial beverage, it was found that the encapsulates were more stable in the buffer solution.

Keywords: sodium alginate, peel, phenolic compounds, efficiency, stability, soursop, microcapsules

1. INTRODUCCIÓN

La guanábana (*Annona muricata*) es una fruta comestible para consumo directo y procesado, ampliamente distribuida en las regiones tropicales de América del Sur y Central, con propiedades: astringentes, antioxidantes, anticancerígenas y medicinales para el control de enfermedades como reumatismo e hipertensión (Sun et al., 2016). Dichas propiedades están asociadas no solo con la fruta sino con otras partes de la planta, como las semillas, el tallo, las raíces, la corteza y las hojas (Orak, Bahriseft y Sabudak, 2019).

La fruta está compuesta por: 4 % de corazón, 8,5 % de semillas, 67,5 % de pulpa comestible y 20 % de corteza que, por lo general, en las industrias alimentarias se desecha (Lee et al., 2016). Además, la fruta, al ser climatérica, tiene un corto

tiempo de vida por lo que las pérdidas postcosecha están alrededor del 60 al 76 % (Badrie y Schauss, 2010; Ajayi, Peter-Albert y Adedeji, 2014).

En Ecuador en el año 2020, la producción de guanábana alcanzó las 2 718 t y únicamente se vendieron 370 t (ESPAC, 2020); lo cual implicaría que alrededor del 86 % de la fruta que no se reporta como vendido, pudo haber sido desperdiciada, consumida en cierto porcentaje por sus productores o simplemente no reportada.

Por otro lado, las cadenas de procesamiento de vegetales y frutas generan alrededor del 40 % de residuos desde la cosecha hasta su consumo final (Barretto, Moreira, Santos, Narain y Santos, 2013). Los residuos de fruta son una excelente fuente de componentes bioactivos, antioxidantes, bioabsorbentes,

pigmentos naturales, agentes aromáticos y aceites esenciales; además, son ricos en fitoquímicos como los polifenoles, responsables de los principales beneficios para la salud debido a su papel en la prevención de enfermedades degenerativas (Nanda, Isen y Kozinski, 2016; Barros, Gomes y Viana, 2016).

Los polifenoles constituyen uno de los grupos más numerosos de metabolitos vegetales, son una parte integral de las dietas humanas, poseen funciones antioxidantes, antiinflamatorias, antibacterianas y antivirales, pueden retrasar la progresión de ciertos tipos de cáncer y reducir los riesgos de enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas, diabetes u osteoporosis (Palacio, Monsalve, Ramírez y López, 2020).

La encapsulación es una tecnología de protección de partículas sólidas, líquidas o compuestos gaseosos en cápsulas selladas mediante películas delgadas de un agente encapsulante de calidad alimentaria (Bonilla, Khandual y Lugo, 2018).

El objetivo de la encapsulación es proteger el material del núcleo de condiciones ambientales adversas como los efectos indeseables de la luz, la humedad y el oxígeno, preservar la estabilidad de los compuestos bioactivos durante el procesamiento y almacenamiento y evitar interacciones indeseables con la matriz alimentaria (Nedovic, Kalusevica, Manojlovicb, Levica y Bugarski, 2011).

Uno de los métodos de encapsulación es la gelificación iónica, que consiste en atrapar una sustancia activa y liberarla mediante cambios de fase de gel, en respuesta a estímulos externos (Kurozawa y Hubinger, 2017). La gelificación iónica puede realizarse mediante procesos de atomización, extrusión y coextrusión (Leong et al., 2015).

Se han microencapsulado, mediante gelificación iónica, con alginato de sodio y con cloruro de calcio como solución de endurecimiento, extractos fenólicos de botones florales mediante atomización para su incorporación en yogur; se demostró un alto potencial del extracto fenólico natural tanto no encapsulado como encapsulado incorporado al alimento, lo cual abrió nuevas perspectivas al aprovechamiento de otros extractos fenólicos en aplicaciones alimentarias (Martins et al., 2014).

También se han encapsulado mediante atomización/coagulación compuestos fenólicos de romero para su incorporación en quesos Cottage, obteniendo una mayor bioactividad en extractos encapsulados a los 7 días de almacenamiento que en extractos no encapsulados (Ribeiro et al., 2016).

Aditya et al. (2015) encapsularon catequina y curcumina para prevenir su degradación en bebidas. La estabilidad de la catequina aumentó 20 % a 23 °C después de 15 días a diferencia de la catequina no encapsulada. Asimismo, la estabilidad de la curcumina incrementó 80 % en la bebida, mientras que la curcumina no encapsulada se redujo a 40 %.

A pesar de que se han realizado encapsulaciones con la técnica similar a este estudio, no se ha encontrado evidencia de que se

haya realizado con extracto de cáscaras de guanábana para su incorporación en una bebida. Así, la originalidad de este estudio radica en que por primera vez se encapsuló compuestos fenólicos extraídos de desechos de cáscara de guanábana y se evaluó su rendimiento y su estabilidad en una bebida.

En los últimos años, los consumidores buscan alimentos con características funcionales más allá de sus propiedades nutricionales, ya que aportan beneficios adicionales para la salud (Lamuella, Vallverdú, Jáuregui, Martínez y Quifer, 2014).

Existe un creciente interés por las bebidas funcionales que promueven la salud y tienen un valor agregado al contener compuestos bioactivos. Los ingredientes funcionales como: polifenoles, vitaminas y probióticos, se incorporan a las bebidas mediante tecnologías de encapsulación (Ozidal, Yolci y Tamer, 2020).

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto que diferentes tamaños de boquilla del microencapsulador y dos concentraciones de alginato de sodio tienen sobre el rendimiento de encapsulación de compuestos fenólicos extraídos de la cáscara de guanábana, su forma y estructura; además evaluar la estabilidad de las cápsulas en soluciones a diferentes pH y en una bebida comercial durante 8 días de almacenamiento.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales, tratamiento de materia prima y extracción de compuestos fenólicos

Se empleó residuos de cáscaras de guanábana provenientes de una industria procesadora de pulpa de frutas “Frutasi” ubicada en la ciudad de Quito, las cuales fueron lavadas, troceadas, congeladas, liofilizadas, molidas y almacenadas en fundas ziploc polilaminadas en congelación.

Para extraer los compuestos fenólicos se agregó una solución de etanol al 50 % en relación 10:1 (v:p, sol etanol:cáscara) (Medina, Ayora, Espinosa, Sánchez y Pacheco, 2017) a las muestras de cáscaras de guanábana liofilizadas y molidas en un molino manual, posteriormente, se homogenizaron en un agitador tipo vórtex (SCIENTIFIC INDUSTRIES, G-560), se sometieron a un baño ultrasónico (OVAN-Atm40, 3LCD) y se centrifugaron a 6 300 rpm por 15 min a 4 °C en una centrifugadora (MPW MED. INSTRUMENTS, 352R). Luego, se tomaron los sobrenadantes correspondientes al extracto y se concentraron a 40 °C (Ismail, Marjan, y Foong, 2004) mediante evaporación al vacío del solvente en un rotavapor (BÜCHI, EL-131). El extracto concentrado se filtró mediante un sistema de filtración al vacío con papel filtro de poro 0,45 µm y una bomba de vacío (MERK MILLIPORE, XX1504700, Alemania) (Dias et al., 2015). Finalmente, el extracto se deshidrató en el liofilizador (STOKES, 902-001-8) y se almacenó en congelación hasta su encapsulación (Ribeiro et al. 2016).

Tabla 1. Condiciones de operación para las pruebas de encapsulado en el microencapsulador

Nº condición de operación	Diámetro de boquilla del encapsulador (µm)	Frecuencia (kHz)	Flujo (mL/min)
1	200	3,10	10
2	500	7,20	24
3	1 000	8,55	49
4	2 500	3,40	49

2.2 Determinación del efecto del diámetro de la boquilla del encapsulador y la concentración del agente encapsulante sobre el rendimiento de encapsulación del extracto

2.2.1. Encapsulaciones de compuestos fenólicos a diferentes diámetros de la boquilla del encapsulador y concentraciones del agente encapsulante

Para realizar las encapsulaciones en el microencapsulador (NISCO, LIN0227) establecieron, en ensayos preliminares, las condiciones de operación para cada tamaño de boquilla, se determinaron la frecuencia (kHz) y flujo (mL/min) óptimos a las cuales se formó un goteo en cadena al momento de caer en la solución de endurecimiento que permitió la formación correcta de las microcápsulas. Se fijaron entonces las cuatro condiciones de operación indicadas en la Tabla 1, para cada una de las boquillas utilizadas.

Se realizó un diseño experimental multifactorial 4×2 para evaluar la influencia del diámetro de la boquilla del encapsulador (200, 500, 1 000 y 2 500 µm) y la concentración de alginato de sodio como matriz de encapsulación (2 y 3 % (p/v)) (Nedovic et al., 2011). Todas las pruebas se realizaron por triplicado, por lo que se efectuaron 24 encapsulaciones.

Para cada encapsulación se mezcló el concentrado de compuestos fenólicos liofilizado (Martins et al., 2014) con la solución de alginato que corresponda (2 o 3%) para obtener una concentración de 5 mg de concentrado/mL de solución de alginato. También se preparó la solución de endurecimiento con cloruro de calcio a una concentración de 0,015 g/mL, en la cual cayeron las cápsulas desde la boquilla del microencapsulador ubicada a una distancia de 2,5 cm de la superficie de la solución. Las microcápsulas permanecieron en la solución de endurecimiento en agitación a 250 rpm durante 45 min, después se filtraron mediante un colador plástico y se realizaron dos lavados con aproximadamente 100 mL de agua destilada (Klaus et al., 2015).

2.2.2 Determinación de la eficiencia de encapsulación (%) y el método más eficiente de encapsulación

Con el fin de calcular el contenido de compuestos fenólicos totales, se utilizó el método Folin-Ciocalteu descrito por Bobo-García et al. (2015) en la solución de encapsulado a una dilución 1:1 (antes de cargar al encapsulador) y en la solución de endurecimiento a una dilución 1:1 (una vez retiradas las cápsulas). Se realizó la lectura de la absorbancia-UV-visible a 760 nm en un lector de microplacas (Sinergy, Biotek, H1, USA). El contenido de compuestos fenólicos totales se calculó con base en la curva de calibración de ácido gálico entre 0 y 248 mg/L.

Se determinó la eficiencia de encapsulación, con la ayuda de la Ecuación 1, descrita por Taofiq et al. (2018).

$$\% \text{ Eficiencia de encapsulación} = \frac{x-y}{x} \quad (1)$$

Donde:

x: compuestos fenólicos en la solución de encapsulado (mg/g de extracto liofilizado)

y: compuestos fenólicos en la solución de endurecimiento al final del proceso (mg/g de extracto liofilizado)

La cantidad de compuestos fenólicos encapsulados (y) se obtuvo mediante balance de masa.

Para determinar el método más eficiente de encapsulación se realizó un diseño experimental factorial multinivel con una réplica (n=3) en el programa STATGRAPHICS Centurion XVII. Las variables de entrada fueron: concentración de alginato (2 y 3 %) y tamaño de boquilla del microencapsulador (200, 500, 1 000 y 2 500 µm). La variable de respuesta fue la eficiencia de encapsulación.

2.2.3. Determinación del diámetro medio de las microcápsulas obtenidas y su forma

Con el objetivo de determinar el diámetro medio y su forma, se observaron las microcápsulas obtenidas con cada tratamiento de encapsulación mediante un microscopio digital y un microscopio óptico (OPTIKA, Italia) acoplados a un computador (Dias et al., 2015) por medio del cual se capturaron fotografías de las cápsulas.

2.3 Evaluación de la estabilidad del encapsulado obtenido en soluciones tampón y en una bebida comercial

Para evaluar la estabilidad del encapsulado se utilizaron soluciones tampón y una bebida comercial, para lo cual se realizaron las encapsulaciones con el método más eficiente determinado en el apartado 2.2 y se siguió el procedimiento de encapsulación detallado en el mismo.

2.3.1 Evaluación de la estabilidad del encapsulado obtenido en soluciones tampón

- *Formulación de soluciones tampón a diferentes pH con encapsulados para cada día de muestreo*

Luego, se formuló una solución tampón de acetato de sodio (0,4 M) que fue ajustada a diferentes valores de pH: 2, 3, 4, 5 y 6 (Li et al., 2013). A continuación, se prepararon, por triplicado, frascos para cada valor de pH (5) y día de muestreo (5 días) con 40 mL de solución tampón del pH correspondiente y los encapsulados a una concentración de 1 % (p/v). Como muestras de referencia se formularon, por triplicado, mezclas de la solución tampón de cada pH y extracto concentrado de compuestos fenólicos sin encapsular y como blancos se utilizaron las soluciones tampón a cada pH (Wang, Li, Chen, Liu y Chen, 2016). La cantidad de extracto concentrado sin encapsular que se añadió, fue calculada para obtener en la mezcla final la misma concentración de compuestos fenólicos

que en las muestras en las que se añadió los encapsulados. Todas las mezclas se almacenaron en frascos ámbar herméticos y a temperatura ambiente durante 8 días.

- *Determinación del contenido de compuestos fenólicos encapsulados y degradados en las soluciones tampón a diferentes pH durante el tiempo de almacenamiento*

Con el objetivo de evaluar la estabilidad de las microcápsulas en las soluciones tampón a diferentes pH, se tomaron los frascos por triplicado de cada serie en cada día de muestreo (0, 2, 4, 6 y 8), y fueron tratados individualmente como se indica a continuación:

- muestra A: se tomaron, por triplicado, 10 μ L de la solución tampón de alrededor de las cápsulas, se filtró y se llevó a la medición de la absorbancia en el lector de microplacas. Se utilizó la absorbancia de esta muestra para calcular los compuestos fenólicos liberados “b” (mg/g de extracto liofilizado).

- muestra B: el resto del contenido del frasco (la solución tampón con las cápsulas) se sometió a la ruptura mecánica de los encapsulados por medio de un homogeneizador tipo ultraturrax (COLE-PARMER LabGen 850) a 10 000 rpm durante 5 min, seguida de una centrifugación a 6 300 rpm por 10 min en una centrífuga (MPW MED. INSTRUMENTS, 352R) con el fin de eliminar los sólidos insolubles; se tomaron 10 μ L del sobrenadante de la centrifugación por triplicado para las medidas. Se utilizó la absorbancia de esta muestra para determinar compuestos fenólicos encapsulados “a” (mg/g de extracto liofilizado).

También se tomaron muestras de los frascos con extracto sin encapsular (referencia) y de los blancos de cada solución tampón con el fin de medir su absorbancia mediante el método de Folin–Ciocalteu expuesto en el apartado 2.2.

A partir de los valores obtenidos en las muestras A y B, se calcularon el porcentaje de compuestos fenólicos que se mantuvieron encapsulados (Ecuación 2) y el porcentaje de compuestos fenólicos que se degradaron (Ecuación 3) durante el tiempo de almacenamiento.

$$\% \text{ Comp fenólicos encapsulados}_{(t)} = \frac{a_{(t)}}{\bar{a}_{t=0}} \times 100 \quad (2)$$

$$\% \text{ Comp fenólicos degradados}_{(t)} = \frac{(\bar{a}+\bar{b})_{t=0} - (a+b)_t}{(\bar{a}+\bar{b})_{t=0}} \times 100 \quad (3)$$

Donde:

a: compuestos fenólicos encapsulados (mg/g de extracto liofilizado)

b: compuestos fenólicos liberados (mg/g de extracto liofilizado)

t: tiempo de almacenamiento (día)

$\bar{}$: promedio

Para seleccionar las condiciones con las que se obtuvo mayor estabilidad de los encapsulados, se realizó un diseño experimental factorial multinivel 5x5 con una réplica (n=3) en

el programa STATGRAPHICS Centurion XVII. Las variables de entrada fueron: tiempo de almacenamiento (0, 2, 4, 6 y 8 días) y pH de la solución tampón (2, 3, 4, 5 y 6). Las variables de respuesta fueron el porcentaje de compuestos fenólicos encapsulados y el porcentaje de compuestos fenólicos degradados.

2.3.2 Evaluación de la estabilidad del encapsulado obtenido en una bebida comercial

- *Formulación de muestras de bebida comercial con encapsulados para cada día de muestreo*

Con el fin de evaluar la estabilidad de las cápsulas en una bebida comercial de fruta, se preparó para cada día de muestreo, por triplicado, una mezcla de 40 mL de bebida comercial clarificada de manzana marca Refresh con 1 % (p/v) de encapsulados, y se almacenó durante 8 días en recipientes ámbar herméticos a temperatura ambiente, similar a lo propuesto por Li, Zhu, Liu, Wang y Cheng, (2020).

Como muestras de referencia se prepararon por triplicado frascos con la bebida comercial mezclada con el extracto concentrado de polifenoles sin encapsular y como blancos únicamente la bebida comercial. La cantidad de extracto concentrado sin encapsular añadido en las muestras de referencia, fue calculada de tal forma que en la mezcla final se tenga la misma concentración de polifenoles que en las mezclas con encapsulados.

- *Determinación del contenido de compuestos fenólicos encapsulados y degradados en las muestras de bebida comercial durante el tiempo de almacenamiento*

La cuantificación de los polifenoles totales se realizó mediante el método de Folin–Ciocalteu, descrito en el apartado 2.2. Para dicho objeto, se tomaron muestras cada dos días, por triplicado, con el mismo procedimiento utilizado en las soluciones tampón, que se detalla en el apartado 2.3.1 tanto para los preparados con cápsulas, sin cápsulas (referencia) y los blancos. De esta forma, se obtuvieron las cantidades de compuestos fenólicos liberados (mg/g de extracto liofilizado) y compuestos fenólicos encapsulados (mg/g de extracto liofilizado). Con estos datos, mediante la Ecuación (2) y la Ecuación (3) se calcularon los porcentajes de compuestos fenólicos que se mantuvieron encapsulados y que se degradaron en la bebida comercial en cada día de muestreo durante el tiempo de almacenamiento.

Adicionalmente, se midió el pH de la bebida comercial mediante un pH-metro, con el objetivo de comparar la variación entre la bebida comercial y la solución tampón de pH similar.

2.4 Análisis estadístico de los datos

Con el objetivo de identificar (a) si existen diferencias significativas entre los porcentajes de compuestos fenólicos degradados con respecto al tiempo de almacenamiento, (b) si

existen diferencias significativas entre los porcentajes de compuestos fenólicos degradados encapsulados y no encapsulados (referencia) en la bebida comercial para cada día de muestreo (2, 4, 6 y 8) durante el tiempo de almacenamiento, (c) si existen diferencias significativas entre los porcentajes de compuestos fenólicos encapsulados, degradados y de referencia obtenidos en los ensayos con la bebida comercial y con la solución tampón de pH similar para cada día de muestreo, se realizaron análisis estadísticos ANOVA y el test LSD (Fisher) con un nivel de confianza del 95 % ($p < 0,05$) mediante el programa STATGRAPHICS Centurion XVII.

Igualmente, se efectuó un ANOVA multifactorial y el test LSD (Fisher) con un nivel de confianza del 95 % ($p < 0,05$) con el fin de determinar si los factores: pH y tiempo de almacenamiento, tienen efecto significativo sobre el porcentaje de compuestos fenólicos degradados.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Efecto del diámetro de la boquilla del encapsulador y la concentración del agente encapsulante sobre el rendimiento de la encapsulación de compuestos fenólicos

3.1.1 Eficiencias de encapsulación y método más eficiente de encapsulación

Las eficiencias de encapsulación para los tratamientos realizados a diferentes concentraciones de alginato de sodio y diámetros de la boquilla del encapsulador, se presentan en la Tabla 2.

Las eficiencias de encapsulación, en todos los casos, fueron superiores al 90 %, lo cual implica que el método de encapsulación utilizado para el extracto de interés es bueno. En Gómez et al. (2018) se menciona que una de las ventajas de la técnica por gelificación iónica es su alta eficiencia de encapsulación. Por otro lado, Taofiq et al. (2018) reportan que en la encapsulación de extractos de hongos con el método de atomización/coagulación se obtuvieron eficiencias entre 72,81 y 99,63 %.

De acuerdo con el análisis estadístico, no tuvieron influencia significativa la concentración de alginato ni el tamaño de boquilla por separado, pero la interacción de estas dos variables fue significativa y presenta un valor-P igual a 0,0118. Es decir, que la combinación de estas variables influyó directamente sobre la eficiencia de encapsulación de los compuestos fenólicos.

Por otro lado, al realizar un análisis para maximizar la eficiencia de encapsulación (%) y así determinar el mejor método de encapsulación, mediante la regresión del diseño multifactorial se determinaron como factores óptimos: 3 % para la concentración de alginato y el tamaño de boquilla igual a 2 500 μm , que fue el más grande evaluado. Las cápsulas obtenidas con la boquilla de 2500 μm , presentaron diámetros inclusive mayores que el de la misma boquilla.

De acuerdo con de Moura et al. (2017), las microcápsulas de mayor tamaño brindan, por lo general, una mejor protección

Tabla 2. Eficiencias de encapsulación (%) de compuestos fenólicos para diferentes tratamientos

Diámetro de boquilla del encapsulador (μm)	Concentración de alginato de sodio (%)	
	2	3
200	96,88 (0,01) a	92,23 (0,01) cd
500	90,55 (0,00) d	93,85 (0,02) bc
1 000	93,14 (0,02) cd	93,42 (0,01) bc
2 500	91,68 (0,02) cd	96,18 (0,02) ab

\bar{x} (σ) (n=3). Distintas letras (a-d), indican diferencias significativas ($p < 0,05$, LSD).

al compuesto encapsulado, que microcápsulas más pequeñas, lo cual es una ventaja de las microcápsulas obtenidas en el presente estudio con la mayor eficiencia de encapsulación.

En la Tabla 2, se puede observar que el máximo valor de eficiencia es igual a 96,88 % que corresponde al tratamiento con 2 % de concentración de alginato y diámetro de boquilla igual a 200 μm , seguido de 96,18 %, correspondiente al tratamiento determinado a través de la optimización con STATGRAPHICS Centurion XVII, lo cual es debido a que el programa se fundamenta en la ecuación de regresión para las optimizaciones. En este trabajo se tomó como mejores condiciones a los valores reportados por el programa.

3.1.2 Diámetro medio y forma de las microcápsulas obtenidas

Los tamaños medios de las cápsulas obtenidas fueron:

- boquilla de 200 (μm): entre 376 y 492 μm
- boquilla de 500 (μm): entre 964 y 996 μm
- boquilla de 1 000 (μm): entre 2 352 y 2 360 μm
- boquilla de 2 500 (μm): entre 3 300 y 4 887 μm

Estos tamaños se obtuvieron independientemente de la concentración de alginato utilizada. Como se observa, los tamaños de las cápsulas fueron superiores al diámetro de la boquilla empleada. Para las boquillas con un tamaño inferior a 1 000 μm , las cápsulas obtenidas fueron aproximadamente del doble del diámetro de la boquilla, mientras que para la boquilla de 2 500 μm las cápsulas fueron entre 1,3 a 2 veces el diámetro de la boquilla. Este aumento de tamaño podría deberse a que la formación de la gota depende de varios factores, como la presión, la viscosidad, tensión superficial, velocidad de flujo y frecuencia de vibración de la boquilla.

El diámetro medio de las microcápsulas obtenidas con los diferentes ensayos realizados se muestra en la Figura 1.

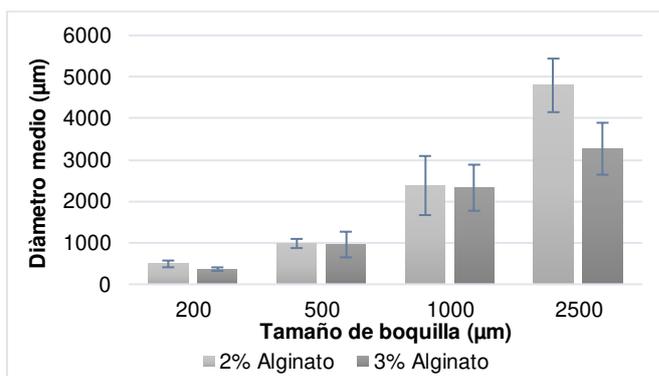


Figura 1. Diámetro medio (μm) de las cápsulas

Las encapsulaciones realizadas por Klaus et al. (2015) de mezclas de alginato/extractos de hongo, a través de una aguja de acero inoxidable de 700 μm , a una distancia entre la punta de la aguja y la solución colectora de 2,5 cm, presentaron diámetros entre $960,7 \pm 149,8 \mu\text{m}$ y $1\ 051,7 \pm 95,4 \mu\text{m}$, los cuales son mayores al diámetro de la aguja y con amplios valores de desviaciones estándar, comportamiento que fue similar a los tamaños de las cápsulas obtenidas en el presente trabajo.

En el estudio realizado por Kim et al. (2016), se obtuvieron cápsulas con el método de extrusión electrostática con diámetros medios entre $1\ 330 \pm 900 \mu\text{m}$ y $1\ 500 \pm 800 \mu\text{m}$, a partir de una boquilla con un diámetro interno igual a 400 μm .

Es decir que, los tamaños obtenidos fueron prácticamente alrededor de 3 a 4 veces mayores al tamaño de la boquilla, lo cual también sucedió con las microcápsulas obtenidas en el presente estudio.

Las microcápsulas obtenidas con las condiciones de operación óptimas (3 % de alginato y boquilla de 2 500 μm) tuvieron un diámetro medio de 3 300 μm con una desviación estándar relativamente alta, de alrededor de 20 % (Figura 1), lo cual se debe a que mediante este método de encapsulación las cápsulas no presentan diámetros constantes, si no que se tiene un amplio rango de variabilidad lo cual también sucedió con todas las condiciones usadas, con las que se observaron desviaciones estándar de sus diámetros medios entre el 11 y el 33 %.

En cuanto a la forma que tuvieron las microcápsulas, en todos los ensayos fueron de forma esférica y ovalada, como se observa en la Figura 2. Ribeiro et al. (2016) reportaron que las microcápsulas producidas con alginato de sodio al 4 % (p/v) por atomización/coagulación presentaron una forma redonda y bien definida y que sólo una pequeña proporción, en particular las microesferas de tamaño reducido, revelaron una forma de pera.

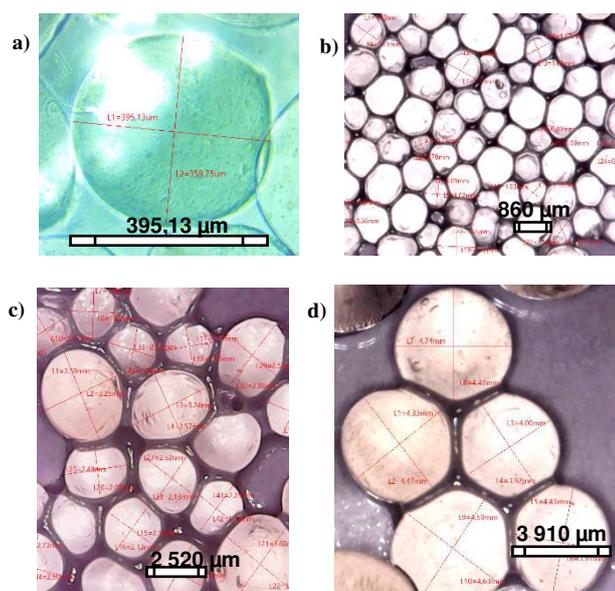


Figura 2. Microcápsulas obtenidas

a) diámetro de boquilla 200 μm , b) diámetro de boquilla 500 μm , c) diámetro de boquilla 1 000 μm , d) diámetro de boquilla 2 500 μm

Tabla 3. Compuestos fenólicos encapsulados en las soluciones tampón para cada día de almacenamiento

Día	Polifenoles encapsulados [mg polifenoles/g de extracto liofilizado]				
	pH				
	2	3	4	5	6
0	24,34 (0,70)	26,19 (2,71)	25,37 (1,77)	24,15 (1,44)	24,21 (1,48)
2	22,26 (0,88)	23,78 (2,18)	22,59 (1,45)	21,75 (0,69)	21,43 (1,66)
4	21,04 (0,52)	22,07 (2,48)	19,42 (1,36)	18,51 (0,23)	18,50 (0,77)
6	19,03 (0,98)	20,99 (2,41)	18,24 (1,06)	17,56 (0,13)	17,44 (1,03)
8	17,70 (0,54)	18,68 (1,22)	15,91 (1,03)	14,00 (0,84)	15,89 (0,84)

\bar{x} (σ) (n=3).

Tabla 4. Compuestos fenólicos no encapsulados residuales (referencia) en las soluciones tampón para cada día de almacenamiento

Día	Polifenoles no encapsulados [mg polifenoles/g de extracto liofilizado]				
	pH				
	2	3	4	5	6
0	26,86 (1,37)	26,17 (0,87)	26,56 (0,53)	26,90 (1,46)	26,26 (1,14)
2	25,06 (1,89)	23,19 (0,69)	23,49 (1,45)	24,12 (1,55)	23,13 (1,40)
4	22,20 (1,73)	21,02 (0,64)	19,94 (1,68)	20,71 (2,27)	19,93 (0,56)
6	17,21 (0,70)	17,16 (0,32)	17,55 (0,18)	12,49 (0,05)	11,83 (0,08)
8	14,00 (0,71)	13,41 (0,05)	11,58 (0,32)	8,23 (0,46)	7,79 (0,33)

\bar{x} (σ) (n=3).

3.2 Evaluación de la estabilidad de las microcápsulas obtenidas con las condiciones de mayor eficiencia de encapsulado en soluciones tampón

En la Tabla 3 se detallan las cantidades de compuestos fenólicos encapsulados (día 0) y que se mantuvieron encapsulados en las microcápsulas durante el tiempo de almacenamiento en las soluciones tampón a diferentes pH.

En la Tabla 4 se indican las cantidades de compuestos fenólicos no encapsulados residuales (referencia) agregados en las soluciones tampón a diferentes pH (día 0) y su variación durante el tiempo de almacenamiento.

Como se evidencia en la Tabla 3, las cantidades de polifenoles encapsuladas en el día 0 fueron alrededor de 24 a 26 (mg de polifenoles/g de extracto liofilizado). En todos los casos los polifenoles disminuyeron con el paso del tiempo, al día 8 se tuvo entre 14 y 18 (mg de polifenoles/g de extracto liofilizado) que se mantuvieron encapsulados en las soluciones tampón. Se degradaron entre 6 y 10 (mg de polifenoles/g de extracto liofilizado) en las diferentes soluciones tampón a los 8 días de almacenamiento. Por otro lado, en la Tabla 4 se observa que la cantidad de compuestos fenólicos no encapsulados (referencia) que se degradaron en las soluciones tampón a los 8 días varían entre 12 y 19 (mg de polifenoles/g de extracto liofilizado), lo que significa que los polifenoles no encapsulados se degradaron en mayor cantidad que los que fueron encapsulados.

Con el objetivo de que se comprenda de mejor manera el comportamiento de los polifenoles que se mantuvieron encapsulados y los que se degradaron en cada solución tampón durante el tiempo de almacenamiento, se expresaron en porcentajes y en gráficas en función del tiempo, que se encuentran a continuación.

En la Figura 3 se observan las curvas de porcentajes de compuestos fenólicos que se mantuvieron encapsulados en función del tiempo para cada una de las soluciones tampón (0,4 M) en las que se realizó los ensayos.

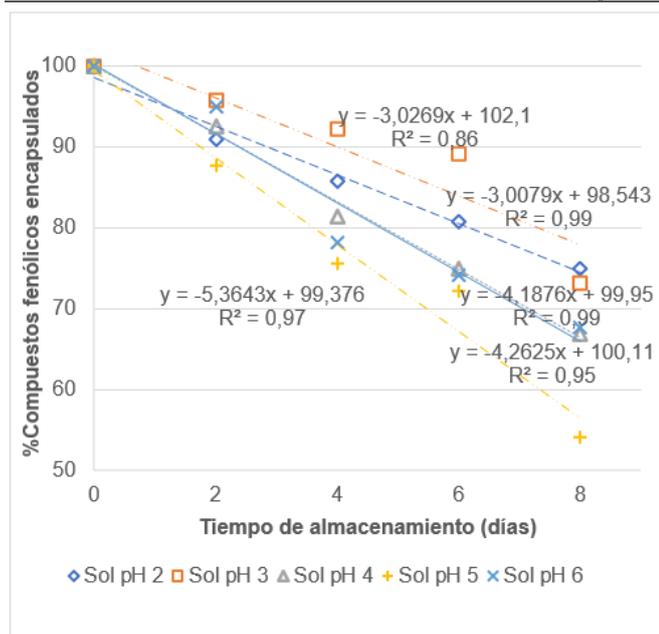


Figura 3. Compuestos fenólicos encapsulados en las soluciones tampón (%)

Como se observa en la Figura 3, el comportamiento de las curvas para cada una de las soluciones es decreciente y lineal ya que, a excepción de la solución tampón a pH 3, que tiene un R^2 igual a 0,86, tienen valores de R^2 cercanos a 1, lo cual indica que el porcentaje de polifenoles que se mantuvieron encapsulados decreció linealmente conforme el tiempo de almacenamiento, el contenido de compuestos fenólicos encapsulados en las soluciones a pH 2 y pH 3 decreció en menor cantidad que en las demás soluciones. Por otro lado, el contenido de compuestos fenólicos encapsulados que presentó un mayor decrecimiento en el tiempo fue en la solución tampón pH 5 seguido de la solución tampón pH 6.

Kosińska, Xie, Diering, Héritier y Andlauer (2012) investigaron la estabilidad de extractos de polifenoles de cacao, té verde y fresas en tampón HBSS (Solución salina equilibrada de Hanks) y descubrieron que la mayoría de los polifenoles se descomponían durante 2 h de incubación y algunos de ellos fueron muy vulnerables tanto a pH 6,5 como a 7,4.

De acuerdo con estos resultados, las cápsulas fueron más estables en pH 2 y pH 3 ya que mantuvieron mayor cantidad de polifenoles en su interior.

Wang et al. (2016) indicaron que la estabilidad de los polifenoles del té durante el almacenamiento en un entorno adverso (como alta temperatura, exceso de ácido y alcalino), mejoró notablemente mediante la microencapsulación; además, se observó una mayor actividad antioxidante en los polifenoles de té microencapsulados y a un pH más bajo, al igual que los resultados determinados en este estudio, lo que podría deberse al material de la cápsula que proporciona un efecto protector sobre los polifenoles que se liberan lentamente, evitando daños en su estructura.

En la Figura 4 se muestran los porcentajes de degradación de polifenoles en función del tiempo para cada una de las

soluciones tampón con los encapsulados, y las muestras referencia que corresponde a la formulación con polifenoles no encapsulados.

Como se evidencia en la Figura 4, las curvas obtenidas en las soluciones con encapsulados presentaron valores de R^2 entre 0,85 y 0,99; y para las muestras con polifenoles sin encapsular se encontraron valores de R^2 entre 0,90 y 0,99; por lo que el comportamiento de degradación de compuestos fenólicos fue lineal, es decir, incrementó conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento. Además, los compuestos fenólicos que se encontraban encapsulados se degradaron en menor cantidad que los que no fueron encapsulados.

Según estudios realizados por Xu, Cheng, Liu y Zhu (2018), una gran cantidad de factores ambientales como la temperatura, el pH y el oxígeno afectan la estabilidad de los polifenoles obtenidos de la morera (*Morus alba*); los resultados mostraron que su estabilidad mejora notablemente cuando se microencapsulan con goma arábiga con relación núcleo/pared de 1/90, que fue la condición óptima reportada. Li et al. (2020) evaluaron la estabilidad de los polifenoles de la morera, no encapsulados y encapsulados durante 28 días, y determinaron que todos los compuestos fenólicos sufrieron degradación durante este tiempo y que más del 44 % de polifenoles totales se perdieron. Encontraron además que los polifenoles microencapsulados fueron más estables que los no encapsulados durante toda la etapa de almacenamiento.

Paramera, Konteles y Karathanos (2011), encontraron también que la estabilidad de almacenamiento de la curcumina podría mejorarse mediante su microencapsulación con β -CD (β -ciclodextrina) y almidón modificado. Ho, Thoo, Young y Siow (2017) estudiaron la encapsulación de catequina en bebidas modelo y determinaron que la estabilidad de la catequina mejoró significativamente mediante la encapsulación de β -ciclodextrina y sugirieron su uso en la producción funcional de bebidas

Mediante la optimización del diseño factorial multinivel para maximizar el porcentaje de compuestos fenólicos encapsulados y minimizar el contenido de compuestos fenólicos degradados, se determinaron niveles de deseabilidad mayores a 0,7 con la solución tampón pH 2, pH 3 y pH 4 hasta el día 4 de almacenamiento. Sin embargo, con la solución de pH 2 se tuvo una mayor deseabilidad en comparación con las demás soluciones hasta el día 8 de almacenamiento, seguida de la solución de pH 3; es decir, que a pH 2 y pH 3 las cápsulas tuvieron una mayor estabilidad, ya que el porcentaje de polifenoles encapsulados fue superior y el porcentaje de polifenoles degradados fue menor (hasta el día 8) en comparación a las demás soluciones.

Mediante el ANOVA simple realizado tanto para el porcentaje de compuestos fenólicos degradados como para el porcentaje de compuestos fenólicos encapsulados, se estableció que existen diferencias significativas para los diferentes tiempos de almacenamiento, con lo cual se evidenció que el tiempo sí fue un factor influyente.

Incorporación en Bebidas

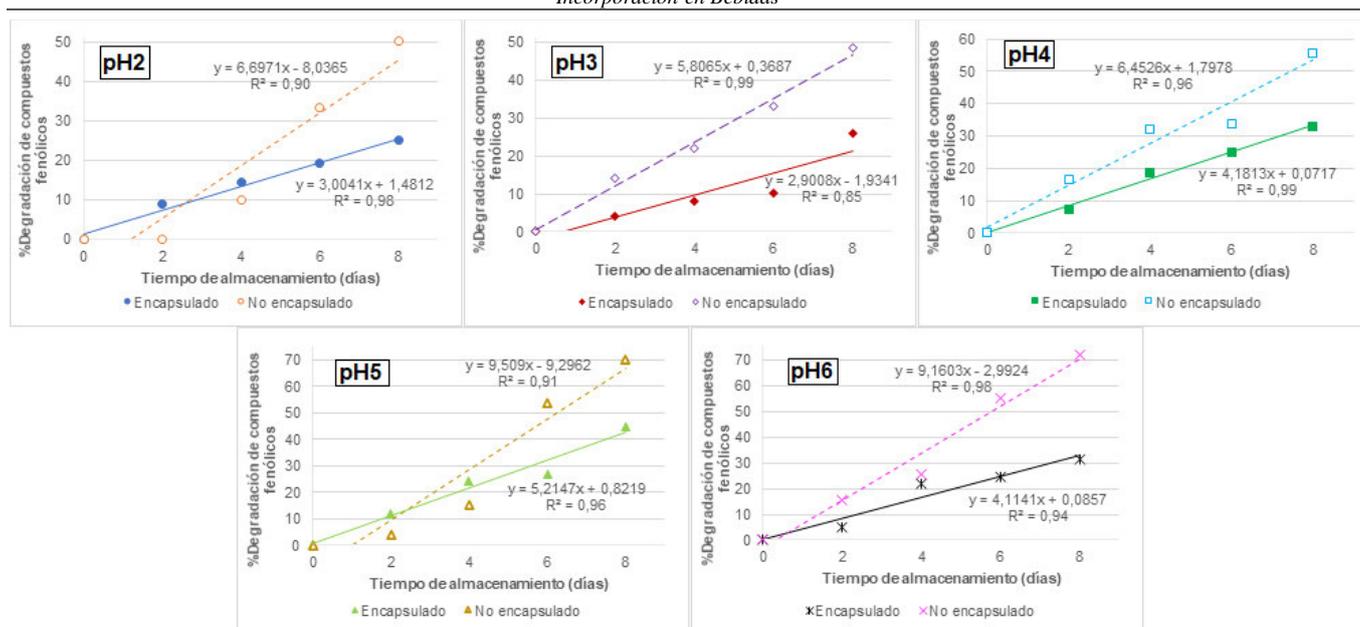


Figura 4. Compuestos fenólicos degradados (%) en las soluciones tampón de diferentes pH

Además, se determinó que el tiempo de almacenamiento y el pH, tuvieron un efecto significativo sobre el porcentaje de compuestos fenólicos degradados y encapsulados, puesto que sus valores-*p* fueron menores a 0,05. Según Xiao y Högger (2015), varios factores como: el pH, la presencia de proteínas, los niveles de antioxidantes y la presencia de iones metálicos, pueden influir en la estabilidad de los polifenoles, y el pH es posiblemente el parámetro más crítico.

Conservar las propiedades de los principios bioactivos incluidos los polifenoles, mediante su encapsulación es también muy importante para los productos nutraceuticos, ya que solo una pequeña proporción de las moléculas permanecen disponibles después de la administración oral, debido a su inestabilidad en condiciones encontradas en el procesamiento y almacenamiento de alimentos (temperatura, oxígeno, luz) o en el tracto gastrointestinal (pH, enzimas, presencia de otros nutrientes), lo cual limita la actividad y los posibles beneficios para la salud (Fang y Bhandari, 2010).

En la Tabla 5 se presentan los porcentajes de los compuestos fenólicos que se mantuvieron encapsulados y de los degradados con las cápsulas y sin las cápsulas (referencia) en la solución tampón a pH 2 que corresponde a la condición a la cual se observó la mayor estabilidad durante el tiempo de almacenamiento.

Tabla 5. Compuestos fenólicos (%) en la solución tampón pH 2

Tiempo de almacenamiento (día)	Polifenoles encapsulados (%)	Polifenoles degradados (%)	
		Encapsulados	No encapsulados
2	91,49 (3,62) ^a	8,54 (3,62) ^{aW}	6,70 (7,02) ^{aW}
4	86,47 (2,13) ^a	13,53 (2,14) ^{aX}	17,35 (6,44) ^{bX}
6	78,18 (4,02) ^b	21,84 (4,03) ^{bX}	35,92 (2,60) ^{cY}
8	72,72 (2,22) ^b	27,24 (2,21) ^{bY}	47,89 (2,63) ^{dZ}

\bar{x} (σ) (n=3). Distintas letras (a-d), en la misma columna, indican diferencias significativas con respecto al tiempo de almacenamiento ($p < 0,05$, LSD). Distintas letras (W-Z), en la misma fila, indican diferencias significativas con respecto a la encapsulación ($p < 0,05$, LSD).

Existieron diferencias significativas entre los polifenoles que se mantuvieron encapsulados (%) entre los días 4 y 6, al igual que entre los polifenoles degradados encapsulados del día 4 al día 6. Esto quiere decir que hubo una pérdida de polifenoles con el paso del tiempo, pero no como lo que sucede con la degradación de los polifenoles no encapsulados, para los que existieron diferencias significativas entre cada día de almacenamiento, lo cual es una muestra de que se perdió una mayor cantidad de compuestos fenólicos conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento. Estos resultados concuerdan con lo expresado por Kaderides, Mourtzinos y Goula (2019), quienes encontraron que la estabilidad del extracto de polifenoles de cáscara de granada encapsulado mejoró significativamente en comparación con el extracto no encapsulado, lo que evidencia el efecto protector del material de la pared de los encapsulados, en la degradación de compuestos bioactivos.

Por otro lado, entre los porcentajes de degradación de polifenoles en la solución tampón con y sin encapsulados, se observaron diferencias significativas a partir del día 4, es decir, a partir de ese día los polifenoles no encapsulados se degradaron en mayor medida que los encapsulados (Figura 4). Roopchand et al. (2013) y Luca, Cilek, Hasirci, Sahin y Sumnu (2013) también encontraron un efecto protector importante de la encapsulación sobre la estabilidad de almacenamiento de compuestos fenólicos de arándano (*Vaccinium myrtillus*), orujo de arándano, cereza ácida (*Prunus cerasus*), té y mate concentrado.

3.3 Evaluación de la estabilidad de las microcápsulas obtenidas con las condiciones de mayor eficiencia de encapsulado en un jugo comercial

En la Figura 5 se muestra el porcentaje de compuestos fenólicos que se mantuvieron encapsulados y el porcentaje de degradación, para la muestra de la bebida comercial formulada con los encapsulados y con polifenoles sin encapsular.

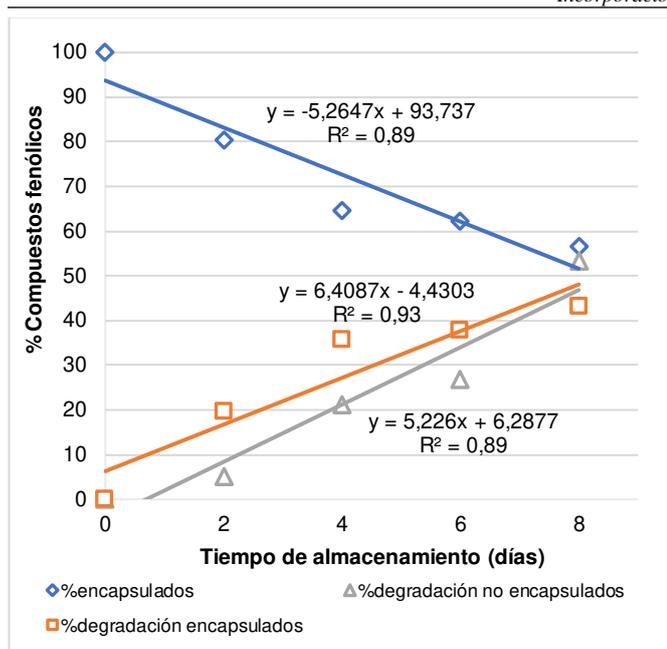


Figura 5. Compuestos fenólicos encapsulados y degradados (%) en la bebida comercial

Las curvas obtenidas en la Figura 5 tienen un comportamiento lineal, al igual que en las soluciones tampón. Para el caso del porcentaje de compuestos fenólicos que se mantuvieron encapsulados se tiene un R^2 igual a 0,89, lo cual nos indica que decreció linealmente con el tiempo de almacenamiento.

Para el porcentaje de degradación los valores de R^2 fueron de 0,93 y 0,89 para los polifenoles encapsulados y no encapsulados, respectivamente; en ambos casos se tiene un comportamiento lineal creciente con el tiempo de almacenamiento. A los 8 días, los polifenoles no encapsulados alcanzaron una mayor pérdida en comparación con los encapsulados: la cantidad de compuestos fenólicos degradados sin encapsular fue 52,76 %, mientras que para los encapsulados fue de 41,25 %.

De acuerdo con el ANOVA realizado para cada día de almacenamiento, se encontraron diferencias significativas para el porcentaje de degradación de compuestos fenólicos, entre la bebida comercial con polifenoles encapsulados vs la bebida comercial con polifenoles sin encapsulación. Hasta el día 6, la degradación de los polifenoles sin encapsular fue menor que la de los polifenoles encapsulados, pero al día 8 se midió una mayor pérdida en la muestra con los compuestos fenólicos no encapsulados (Figura 5); sin embargo, esta variación en el comportamiento podría deberse a que los valores de absorbancia en este punto fueron muy cercanos al límite de detección del método de análisis utilizado, por lo que la incertidumbre de los datos es más grande, alrededor de 11 %.

Tabla 6. Caracterización de la bebida comercial

Característica	Unidades	Bebida comercial
pH a 20 °C		2,70 (0,69)
Grados Brix a 20 °C	°Brix	7,00 (0,00)
Conductividad a 20,2 °C	mV	22,67 (0,58)
Acidez titulable	g/100 mL	0,40 (0,01)

\bar{x} (σ) (n=3)

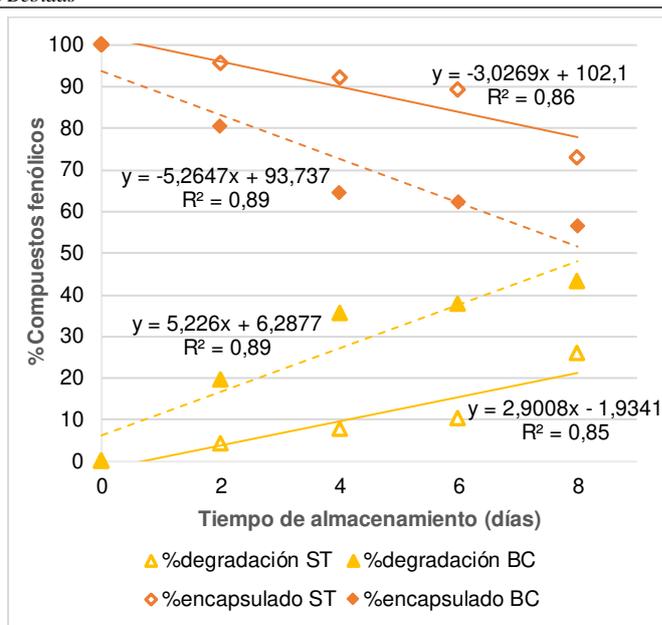


Figura 6. Compuestos fenólicos encapsulados y degradados (%) en la bebida comercial (BC) y la solución tampón (ST) a pH 3

Las propiedades de la bebida clarificada comercial de manzana se presentan en la Tabla 6.

El pH de la bebida comercial fue igual a 2,70, por lo que los resultados obtenidos con la bebida comercial se compararon con los resultados de la solución tampón a pH 3.

3.4 Comparación de la estabilidad de las microcápsulas en la bebida comercial y en la solución tampón a pH 3

En la Figura 6 se observa el porcentaje de compuestos fenólicos encapsulados y la degradación en las muestras de la bebida comercial y la solución tampón pH 3.

En la Figura 6 se evidencia que el porcentaje de degradación de los compuestos fenólicos fue mayor en la bebida comercial que en la solución tampón pH 3. De forma análoga, el porcentaje de compuestos fenólicos que se mantuvieron encapsulados en la bebida comercial fue menor que en la solución tampón. En todos los casos se puede observar que las variaciones fueron lineales.

En la Tabla 7 se exponen los porcentajes de compuestos fenólicos que se mantuvieron encapsulados en la solución tampón pH 3 vs en la bebida comercial.

Tabla 7. Compuestos fenólicos encapsulados (%)

Tiempo de almacenamiento (día)	Compuestos fenólicos encapsulados (%)	
	ST	BC
2	90,79 (8,31) ^{aW}	83,92 (3,07) ^{aW}
4	84,29 (9,49) ^{abX}	68,11 (4,55) ^{bX}
6	80,15 (9,21) ^{abY}	65,43 (3,17) ^{bY}
8	71,39 (4,65) ^{bY}	58,43 (3,72) ^{cZ}

\bar{x} (σ) (n=3). Distintas letras (a-d), en la misma columna, indican diferencias significativas con respecto al tiempo de almacenamiento ($p < 0,05$, LSD). Distintas letras (W-Z), en la misma fila, indican diferencias significativas con respecto a la encapsulación ($p < 0,05$, LSD).

ST = En la solución tampón pH 3

BC = En la bebida comercial

Tabla 8. Degradación de compuestos fenólicos (%) en las soluciones tampón pH 3 y en la bebida comercial

Día	Degradación de compuestos fenólicos (%)			
	Encapsulado ST	Encapsulado BC	No encapsulado ST	No encapsulado BC
2	9,18 (8,33) ^{ax}	15,99 (3,07) ^{ax}	11,37 (2,62) ^{ay}	3,89 (2,17) ^{az}
4	15,66 (9,48) ^{abx}	31,87 (4,55) ^{bx}	19,66 (2,46) ^{by}	16,64 (3,80) ^{by}
6	19,08 (9,19) ^{aby}	34,36 (3,17) ^{bcy}	34,41 (1,23) ^{cw}	25,51 (0,99) ^{cz}
8	27,78 (4,63) ^{bx}	41,25 (3,72) ^{cY}	48,75 (0,18) ^{dz}	52,76 (4,37) ^{dz}

\bar{x} (σ) (n=3). Distintas letras (a-d), en la misma columna, indican diferencias significativas con respecto al tiempo de almacenamiento ($p < 0,05$, LSD). Distintas letras (W-Z), en la misma fila, indican diferencias significativas con respecto a la encapsulación ($p < 0,05$, LSD).

ST = En la solución tampón pH 3

BC = En la bebida comercial

Únicamente para el octavo día de almacenamiento se encontraron diferencias significativas entre los porcentajes de compuestos fenólicos que se mantuvieron encapsulados en la solución tampón y en la bebida comercial.

Por otro lado, en la solución tampón se tuvo una diferencia significativa entre el día 2 y 8, es decir, al inicio y al final del tiempo de almacenamiento por lo que la cantidad de polifenoles encapsulados disminuyó en menor proporción. A diferencia de los polifenoles en la bebida comercial, en donde se tuvieron diferencias significativas entre el día 2, 4 y 8, y entre el día 6 y 8, es decir, tuvo una mayor pérdida de polifenoles conforme transcurrió el tiempo. Para el día 8, la mayor cantidad de polifenoles que se mantuvieron encapsulados fue en la solución tampón a pH 3, ya que, en la bebida comercial se tuvo una cantidad de compuestos fenólicos encapsulados de 58,43 %, mientras que en la solución tampón fue de 71,39 %.

En la Tabla 8 se muestran los porcentajes de compuestos fenólicos degradados en la solución tampón pH 3 con cápsulas y sin cápsulas (referencia) vs en la bebida comercial.

Para las muestras con los polifenoles encapsulados, se hallaron diferencias significativas de forma análoga a los porcentajes de compuestos fenólicos encapsulados reportados en la Tabla 7. Para el día 8, en la bebida comercial se tuvo una cantidad de compuestos fenólicos degradados de 41,25 %, mientras que en la solución tampón fue de 27,78 %.

En las muestras con los polifenoles sin encapsular, tanto de la solución tampón como de la bebida comercial se encontraron diferencias significativas entre todos los días; por otro lado, en el octavo día de almacenamiento, los valores fueron similares tanto para la solución tampón como para la bebida comercial.

4. CONCLUSIONES

Las condiciones con las que se obtuvo una mayor eficiencia de encapsulación fueron con un tamaño de boquilla del microencapsulador NISCO igual a 2 500 μm y con la solución de encapsulado de alginato de sodio al 3 % (p/v). En cuanto a la estabilidad de los encapsulados, se determinó que, depende directamente del tiempo de almacenamiento y del pH de las soluciones tampón, y que las microcápsulas fueron más estables en la solución tampón pH 2.

En las soluciones tampón evaluadas en este trabajo, al igual que, en la bebida comercial, el porcentaje de compuestos fenólicos que se mantuvieron encapsulados varió de forma lineal y decreciente con el tiempo de almacenamiento; por otro lado, el porcentaje de compuestos fenólicos degradados tuvo un comportamiento creciente con el tiempo. Además, los compuestos fenólicos encapsulados fueron más estables que los no encapsulados. Por otra parte, los compuestos fenólicos encapsulados fueron más estables en la solución tampón pH 3 que en la bebida comercial.

AGRADECIMIENTO

La presente investigación contó con el auspicio financiero del proyecto PIMI 15-05 "Evaluación de la biorefinería de subproductos del procesamiento de alimentos para la obtención de compuestos de interés industrial", que se ejecuta en el Departamento de Ciencias en Alimentos y Biotecnología.

REFERENCIAS

- Aditya, N., Aditya, S., Yang, H., Kim, H., Park, S., Lee, J. y Ko, S. (2015). Curcumin and Catechin Co-Loaded Water-in-Oil-in-Water Emulsion and Its Beverage Application. *Journal of Functional Foods*, 15, 35–43. doi: 10.1016/j.jff.2015.03.013
- Ajayi, A., Peter-Albert, C. y Adedeji, O. (2014). Modification of Cell Wall Degrading Enzymes from Soursop (*Annona muricata*) Fruit Deterioration for Improved Commercial Development of Clarified Soursop Juice (A Review). *Medicinal & Aromatic Plants*, 04(01), 1–5. <https://doi.org/10.4172/2167-0412.1000178>
- Badrie, N. y Schauss, A. G. (2010). Soursop (*Annona muricata* L.): Composition, nutritional value, medicinal uses, and toxicology. En *Bioactive Foods in Promoting Health* (pp. 621–643). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374628-3.00039-6>
- Barretto, L., Moreira, J., Santos, J., Narain, N. y Santos, R. (2013). Characterization and extraction of volatile compounds from pineapple (*Ananas comosus* L. Merrill) processing residues. *Food Sci. Technol, Campinas*, 33(4), 638–645. Recuperado de: <https://www.scielo.br/j/cta/a/SCGc8LzKNpNkVZr6TMS7n6w/?lang=en&format=pdf> (Noviembre, 2021)
- Barros, J. de, Gomes, J. y Viana, M. da. (2016). Phytochemical analysis and antioxidant activity of the hydroethanolic extract of *Passiflora edulis* f. Flavicarpa residues. *Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 34(1), 75–84. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5380/cep.v34i1.48988>
- Bobo-García, G., Davidov-Pardo, G., Arroqui, C., Vírseda, P., Marín-Arroyo, M. R. y Navarro, M. (2015). Intra-laboratory validation of microplate methods for total phenolic content and antioxidant activity on polyphenolic extracts, and comparison with conventional spectrophotometric methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(1), 204–209. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6706>

- Bonilla, F. de J., Khandual, S. y Lugo, E. del C. (2018). Microencapsulation of algal biomass (*Tetraselmis chuii*) by spray-drying using different encapsulation materials for better preservation of beta-carotene and antioxidant compounds. *Algal Research*, *36*, 229–238. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2018.10.006>
- de Moura, S. C. S. R., Berling, C. L., Germer, S. P. M., Alvim, I. D. y Hubinger, M. D. (2018). Encapsulating anthocyanins from *Hibiscus sabdariffa* L. calyces by ionic gelation: Pigment stability during storage of microparticles. *Food Chemistry*, *241*, 317–327. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.095>
- Dias, M. I., Barros, L., Fernandes, I. P., Ruphuy, G., Oliveira, M. B. P. P., Santos, C., Barreiro, M. F. y Ferreira, I. C. F. R. (2015). A bioactive formulation based on *Fragaria vesca* L. vegetative parts: Chemical characterisation and application in κ -carrageenan gelatin. *Journal of Functional Foods*, *16*, 243–255. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.04.044>
- ESPAC. (2020). *Tabulados ESPAC 2020*. Recuperado de: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Tabulados%20ESPAC%202020.xlsx (Octubre, 2021)
- Fang, Z. y Bhandari, B. (2010). Encapsulation of polyphenols—a review. En *Trends in Food Science and Technology* (pp. 510–523). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2010.08.003>
- Gómez, B., Barba, F. J., Domínguez, R., Putnik, P., Bursac Kovačević, D., Pateiro, M., Toldrá, F. y Lorenzo, J. M. (2018). Microencapsulation of antioxidant compounds through innovative technologies and its specific application in meat processing. En *Trends in Food Science and Technology* (pp. 135–147). Elsevier Ltd. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.006>
- Ho, S., Y., Thoo, Y., Young, D. y Siow, L. (2017). Cyclodextrin Encapsulated Catechin: Effect of PH, Relative Humidity and Various Food Models on Antioxidant Stability. *LWT-Food Science and Technology*, *85*, 232–39. doi: 10.1016/j.lwt.2017.07.028.
- Ismail, A., Marjan, Z. M. y Foong, C. W. (2004). Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. *Food Chemistry*, *87*(4), 581–586. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.010>
- Kaderides, K., Mourtzinos, I. y Goula, A. M. (2019). Stability of pomegranate peel polyphenols encapsulated in orange juice industry by-product and their incorporation in cookies. *Food Chemistry*, *310*, 1–28. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125849>
- Kim, J. U., Kim, B., Shahbaz, H. M., Lee, S. H., Park, D. y Park, J. (2016). Encapsulation of probiotic *Lactobacillus acidophilus* by ionic gelation with electrostatic extrusion for enhancement of survival under simulated gastric conditions and during refrigerated storage. *International Journal of Food Science and Technology*, *52*(2), 519–530. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13308>
- Klaus, A., Kozarski, M., Vunduk, J., Todorovic, N., Jakovljevic, D., Zizak, Z., Pavlovic, V., Levic, S., Niksic, M. y van Griensven, L. J. L. D. (2015). Biological potential of extracts of the wild edible basidiomycete mushroom *Grifola frondosa*. *Food Research International*, *67*, 272–283. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.11.035>
- Kosińska, A., Xie, Y., Diering, S., Héritier, J. y Andlauer, W. (2012). Stability of Phenolic Compounds Isolated from Cocoa, Green Tea and Strawberries in Hank's Balanced Salt Solution under Cell Culture Conditions. *Pol. J. Food Nutr. Sei*, *62*(2), 91–96. <https://doi.org/10.2478/vl0222-011-0048-y>
- Kurozawa, L. E. y Hubinger, M. D. (2017). Hydrophilic food compounds encapsulation by ionic gelation. En *Current Opinion in Food Science* (pp. 50–59). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.06.004>
- Lamuella, R. M., Vallverdú, A., Jáuregui, O., Martínez, M. y Quifer, P. (2014). Improved Characterization of Polyphenols Using Liquid Chromatography. En *Polyphenols in Plants: Isolation, Purification and Extract Preparation* (pp. 261–292). Elsevier Inc. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397934-6.00014-0>
- Lee, W. Z., Chang, S. K., Khoo, H. E., Sia, C. M. y Yim, H. S. (2016). Influence of different extraction conditions on antioxidant properties of soursop peel. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, *15*(4), 419–428. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2016.4.40>
- Leong, J. Y., Lam, W. H., Ho, K. W., Voo, W. P., Lee, M. F. X., Lim, H. P., Lim, S. L., Tey, B. T., Poncelet, D. y Chan, E. S. (2015). Advances in fabricating spherical alginate hydrogels with controlled particle designs by ionotropic gelation as encapsulation systems. In *Particuology* (pp. 44–60). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.partic.2015.09.004>
- Li, D., Zhu, M., Liu, X., Wang, Y. y Cheng, J. (2020). Insight into the effect of microcapsule technology on the processing stability of mulberry polyphenols. *LWT*, *126*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109144>
- Li, J., Li, X. D., Zhang, Y., Zheng, Z. D., Qu, Z. Y., Liu, M., Zhu, S. H., Liu, S., Wang, M. y Qu, L. (2013). Identification and thermal stability of purple-fleshed sweet potato anthocyanins in aqueous solutions with various pH values and fruit juices. *Food Chemistry*, *136*(3–4), 1429–1434. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.054>
- Luca, A., Cilek, B., Hasirci, V., Sahin, S. y Sumnu, G. (2014). Storage and Baking Stability of Encapsulated Sour Cherry Phenolic Compounds Prepared from Micro- and Nano-Suspensions. *Food and Bioprocess Technology*, *7*(1), 204–211. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1048-1>
- Martins, A., Barros, L., Carvalho, A. M., Santos, C., Fernandes, I. P., Barreiro, F. y Ferreira, I. C. F. R. (2014). Phenolic extracts of *Rubus ulmifolius* Schott flowers: Characterization, microencapsulation and incorporation into yogurts as nutraceutical sources.

- Food and Function*, 5(6), 1091–1100. <https://doi.org/10.1039/c3fo60721f>
- Medina, N., Ayora, T., Espinosa, H., Sánchez, A. y Pacheco, N. (2017). Ultrasound assisted extraction for the recovery of phenolic compounds from vegetable sources. *Agronomy*, 87(4), 581–586. <https://doi.org/10.3390/agronomy7030047>
- Nanda, S., Isen, J., Dalai, A. K. y Kozinski, J. A. (2016). Gasification of fruit wastes and agro-food residues in supercritical water. *Energy Conversion and Management*, 110, 296–306. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.11.060>
- Nedovic, V., Kalusevica, A., Manojlovicb, V., Levica, S. y Bugarski, B. (2011). Limonene encapsulation in alginate/poly (vinyl alcohol). *Procedia Food Science*, 1, 1806–1815. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.266>
- Orak, H. H., Bahrisefit, I. S. y Sabudak, T. (2019). Antioxidant activity of extracts of soursop (*Annona muricata* L.) leaves, fruit pulps, peels, and seeds. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 69(4), 359–366. <https://doi.org/10.31883/pjfn/112654>
- Ozdal, T., Yolci, P. y Tamer, E. (2019). Role of Encapsulation in Functional Beverages. En *Biotechnological Progress and Beverage Consumption Volume 19: The Science of Beverages* (pp. 195-232). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816678-9.00006-0>
- Palacio, J., Monsalve, Y., Ramírez, F. y López, B. (2020). Study of encapsulation of polyphenols on succinyl-chitosan nanoparticles. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 57, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2020.101610>
- Paramera, E. I., Konteles, S. J., & Karathanos, V. T. (2010). Stability and release properties of curcumin encapsulated in *Saccharomyces cerevisiae*, β -cyclodextrin and modified starch. *Food Chemistry*, 125(3), 913–922. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.09.071>
- Ribeiro, A., Caleja, C., Barros, L., Santos, C., Barreiro, M. F., y Ferreira, I. C. F. R. (2016). Rosemary extracts in functional foods: Extraction, chemical characterization and incorporation of free and microencapsulated forms in cottage cheese. *Food and Function*, 7(5), 2185–2196. <https://doi.org/10.1039/c6fo00270f>
- Roopchand, D. E., Krueger, C. G., Moskal, K., Fridlender, B., Lila, M. A. y Raskin, I. (2013). Food-compatible method for the efficient extraction and stabilization of cranberry pomace polyphenols. *Food Chemistry*, 141(4), 3664–3669. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.050>
- Sun, S., Liu, J., Zhou, N., Zhu, W., Dou, Q. P. y Zhou, K. (2016). Isolation of three new *Annonaceous acetogenins* from Graviola fruit (*Annona muricata*) and their anti-proliferation on human prostate cancer cell PC-3. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, 26(17), 4382–4385. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2015.06.038>
- Taofiq, O., Heleno, S. A., Calhelha, R. C., Fernandes, I. P., Alves, M. J., Barros, L., González-Paramás, A. M., Ferreira, I. C. F. R. y Barreiro, M. F. (2018). Mushroom-based cosmeceutical ingredients: Microencapsulation and in vitro release profile. *Industrial Crops and Products*, 124, 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.07.057>
- Wang, J., Li, H., Chen, Z., Liu, W. y Chen, H. (2016). Characterization and storage properties of a new microencapsulation of tea polyphenols. *Industrial Crops and Products*, 89, 152–156. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.05.013>
- Xiao, J. y Högger, P. (2015). Stability of dietary polyphenols under the cell culture conditions: Avoiding erroneous conclusions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(5), 1547–1557. <https://doi.org/10.1021/jf505514d>
- Xu, L., Cheng, J. R., Liu, X. M. y Zhu, M. J. (2018). Effect of microencapsulated process on stability of mulberry polyphenol and oxidation property of dried minced pork slices during heat processing and storage. *LWT - Food Science and Technology*, 100, 62–68. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.025>

FICHAS TÉCNICAS

ÍNDICE DE FICHAS TÉCNICAS

FICHA TÉCNICA I

Determinación de la concentración de compuestos fenólicos encapsulados con alginato de sodio 13

FICHA TÉCNICA II

Balance de masa en el proceso de encapsulación 26

FICHA TÉCNICA III

Determinación del mejor método de encapsulación de compuestos fenólicos con alginato de sodio 29

FICHA TÉCNICA IV

Determinación del diámetro medio de las microcápsulas obtenidas 32

FICHA TÉCNICA V

Preparación de las mezclas de solución tampón y microcápsulas 40

FICHA TÉCNICA VI

Determinación de la cantidad de compuestos fenólicos para preparación de la solución de referencia 42

FICHA TÉCNICA VII

Determinación del porcentaje de compuestos fenólicos encapsulados y degradados en las soluciones tampón durante el tiempo de almacenamiento 44

FICHA TÉCNICA VIII

Determinación del tratamiento con mayor estabilidad de los compuestos fenólicos encapsulados en las soluciones tampón durante el tiempo de almacenamiento 91

FICHA TÉCNICA IX

Determinación del porcentaje de compuestos fenólicos encapsulados y degradados en una bebida comercial durante el tiempo de almacenamiento 95

FICHA TÉCNICA X

Determinación de diferencias significativas entre los porcentajes de degradación de compuestos fenólicos en la bebida comercial 112

FICHA TÉCNICA XI

Comparación del porcentaje de compuestos fenólicos entre la bebida comercial y la solución tampón de pH similar 115

FICHA TÉCNICA I

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS ENCAPSULADOS CON ALGINATO DE SODIO

Muestra: Compuestos fenólicos extraídos de la cáscara de guanábana

Objetivo: Determinar la concentración de compuestos fenólicos totales en la solución de encapsulado y en la solución de endurecimiento en los diferentes tratamientos de encapsulación.

Desarrollo:

En primer lugar, se elaboró la curva de absorbancia utilizando soluciones elaboradas con ácido gálico como se muestra en la Tabla FTL.1 y en la Figura FTL.1. A continuación, se midió las absorbancias en la solución de encapsulado (antes de cargar al encapsulador) y en la solución de endurecimiento una vez retiradas las cápsulas para calcular el contenido de compuestos fenólicos totales para cada tratamiento de encapsulación.

Tabla FTL.1 Datos de la absorbancia de soluciones de ácido gálico estándar

Concentración de ácido gálico (mg/L)	Absorbancia
0,00	0,0143
55,11	0,3437
99,20	0,5693
165,33	0,9055
248,00	1,6657

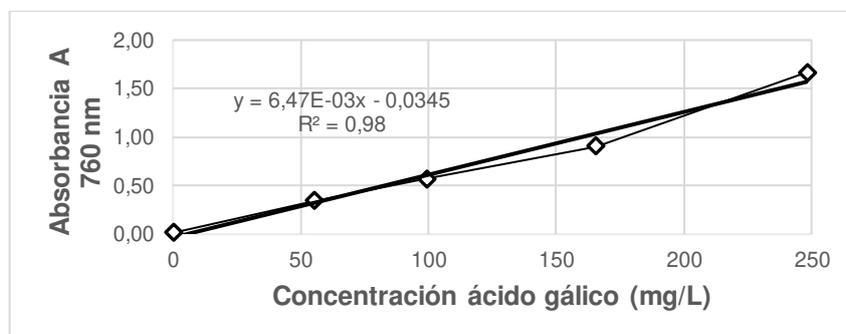


Figura FTL.1 Curva de absorbancias para diferentes concentraciones de ácido gálico

Las absorbancias en la solución de encapsulado y en la solución de endurecimiento para cada tratamiento de encapsulación se presentan en la Tabla FTI.2.

Tabla FTI.2 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en la solución de encapsulado y en la solución de endurecimiento

Tratamiento	Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (µm)	Muestra	Repetición	Absorción	V(L)	pe.l (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
1	2	200	Sol encap	X1.1	1,294	0,01000	0,05023	1,00	40,878	36,26	4,01
	2	200		X1.2	1,060	0,01000	0,05023	1,00	33,678		
	2	200		X1.3	1,078	0,01000	0,05023	1,00	34,232		
1	2	200	Sol endu	X1.1	0,071	0,01000	0,05023	0,25	0,812	0,79	0,34
	2	200		X1.2	0,023	0,01000	0,05023	0,25	0,442		
	2	200		X1.3	0,111	0,01000	0,05023	0,25	1,119		
2	2	200	Sol encap	X2.1	1,174	0,01000	0,05023	1,00	37,186	37,30	7,22
	2	200		X2.2	0,945	0,01000	0,05023	1,00	30,140		
	2	200		X2.3	1,414	0,01000	0,05023	1,00	44,571		
2	2	200	Sol endu	X2.1	0,207	0,01000	0,05023	0,25	1,858	1,72	0,40
	2	200		X2.2	0,230	0,01000	0,05023	0,25	2,035		
	2	200		X2.3	0,131	0,01000	0,05023	0,25	1,273		
3	2	200	Sol encap	X3.1	0,918	0,01000	0,05023	1,00	29,309	27,70	1,81
	2	200		X3.2	0,802	0,01000	0,05023	1,00	25,739		
	2	200		X3.3	0,877	0,01000	0,05023	1,00	28,047		

Tabla FTI.2 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en la solución de encapsulado y en la solución de endurecimiento
(continuación...)

Tratamiento	Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (µm)	Muestra	Repetición	Absorción	V(L)	pe.l (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
3	2	200	Sol endu	X3.1	0,056	0,01000	0,05023	0,25	0,696	0,71	0,31
	2	200		X3.2	0,099	0,01000	0,05023	0,25	1,027		
	2	200		X3.3	0,018	0,01000	0,05023	0,25	0,404		
4	2	500	Sol encap	X4.1	0,781	0,01000	0,05097	1,00	24,729	26,15	1,24
	2	500		X4.2	0,855	0,01000	0,05097	1,00	26,973		
	2	500		X4.3	0,848	0,01000	0,05097	1,00	26,761		
4	2	500	Sol endu	X4.1	0,279	0,01000	0,05097	0,25	2,377	2,49	0,12
	2	500		X4.2	0,292	0,01000	0,05097	0,25	2,475		
	2	500		X4.3	0,311	0,01000	0,05097	0,25	2,619		
5	2	500	Sol encap	X5.1	0,788	0,01000	0,05031	1,00	25,268	25,99	0,68
	2	500		X5.2	0,832	0,01000	0,05031	1,00	26,620		
	2	500		X5.3	0,814	0,01000	0,05031	1,00	26,067		
5	2	500	Sol endu	X5.1	0,285	0,01000	0,05031	0,25	2,454	2,47	0,05
	2	500		X5.2	0,281	0,01000	0,05031	0,25	2,423		
	2	500		X5.3	0,294	0,01000	0,05031	0,25	2,523		
6	2	500	Sol encap	X6.1	0,858	0,01000	0,05031	1,00	27,419	26,93	0,58
	2	500		X6.2	0,821	0,01000	0,05031	1,00	26,282		
	2	500		X6.3	0,847	0,01000	0,05031	1,00	27,081		

Tabla FTI.2 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en la solución de encapsulado y en la solución de endurecimiento
(continuación...)

Tratamiento	Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (µm)	Muestra	Repetición	Absorción	V(L)	pe.l (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
6	2	500	Sol endu	X6.1	0,284	0,01000	0,05031	0,25	2,446	2,52	0,07
	2	500		X6.2	0,301	0,01000	0,05031	0,25	2,577		
	2	500		X6.3	0,294	0,01000	0,05031	0,25	2,523		
7	2	1 000	Sol encap	X7.1	0,789	0,01000	0,05031	1,00	25,299	25,65	0,48
	2	1 000		X7.2	0,794	0,01000	0,05031	1,00	25,453		
	2	1 000		X7.3	0,818	0,01000	0,05031	1,00	26,190		
7	2	1 000	Sol endu	X7.1	0,130	0,01000	0,05031	0,25	1,263	1,37	0,18
	2	1 000		X7.2	0,131	0,01000	0,05031	0,25	1,271		
	2	1 000		X7.3	0,170	0,01000	0,05031	0,25	1,571		
8	2	1 000	Sol encap	X8.1	0,808	0,01000	0,05031	1,00	25,883	20,63	8,86
	2	1 000		X8.2	0,799	0,01000	0,05031	1,00	25,606		
	2	1 000		X8.3	0,304	0,01000	0,05031	1,00	10,399		
8	2	1 000	Sol endu	X8.1	0,189	0,01000	0,05031	0,25	1,717	1,76	0,10
	2	1 000		X8.2	0,209	0,01000	0,05031	0,25	1,870		
	2	1 000		X8.3	0,185	0,01000	0,05031	0,25	1,686		
9	2	1 000	Sol encap	X9.1	0,889	0,01000	0,05031	1,00	28,371	27,98	0,67
	2	1 000		X9.2	0,851	0,01000	0,05031	1,00	27,204		
	2	1 000		X9.3	0,889	0,01000	0,05031	1,00	28,371		

Tabla FTI.2 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en la solución de encapsulado y en la solución de endurecimiento
(continuación...)

Tratamiento	Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (µm)	Muestra	Repetición	Absorción	V(L)	pe.l (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
9	2	1 000	Sol endu	X9.1	0,201	0,01000	0,05031	0,25	1,809	1,89	0,07
	2	1 000		X9.2	0,218	0,01000	0,05031	0,25	1,939		
	2	1 000		X9.3	0,214	0,01000	0,05031	0,25	1,909		
10	2	2 500	Sol encap	X10.1	1,276	0,01000	0,05060	1,00	40,030	31,60	7,31
	2	2 500		X10.2	0,848	0,01000	0,05060	1,00	26,956		
	2	2 500		X10.3	0,876	0,01000	0,05060	1,00	27,812		
10	2	2 500	Sol endu	X10.1	0,285	0,01000	0,05060	0,25	2,440	2,17	0,36
	2	2 500		X10.2	0,269	0,01000	0,05060	0,25	2,318		
	2	2 500		X10.3	0,196	0,01000	0,05060	0,25	1,760		
11	2	2 500	Sol encap	X11.1	0,734	0,01000	0,05060	1,00	23,474	29,45	7,09
	2	2 500		X11.2	0,869	0,01000	0,05060	1,00	27,598		
	2	2 500		X11.3	1,186	0,01000	0,05060	1,00	37,281		
11	2	2 500	Sol endu	X11.1	0,220	0,01000	0,05060	0,25	1,943	2,19	0,23
	2	2 500		X11.2	0,279	0,01000	0,05060	0,25	2,394		
	2	2 500		X11.3	0,256	0,01000	0,05060	0,25	2,218		
12	2	2 500	Sol encap	X12.1	0,825	0,01000	0,05060	1,00	26,254	26,75	1,63
	2	2 500		X12.2	0,901	0,01000	0,05060	1,00	28,575		
	2	2 500		X12.3	0,798	0,01000	0,05060	1,00	25,429		

Tabla FTI.2 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en la solución de encapsulado y en la solución de endurecimiento
(continuación...)

Tratamiento	Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (µm)	Muestra	Repetición	Absorción	V(L)	pe.l (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
12	2	2 500	Sol endu	X12.1	0,338	0,01000	0,05060	0,25	2,844	2,85	0,01
	2	2 500		X12.2	0,341	0,01000	0,05060	0,25	2,867		
	2	2 500		X12.3	0,339	0,01000	0,05060	0,25	2,852		
13	3	200	Sol encap	E1.1	0,765	0,01002	0,05054	1,00	24,499	25,35	3,05
	3	200		E1.2	0,903	0,01002	0,05054	1,00	28,728		
	3	200		E1.3	0,710	0,01002	0,05054	1,00	22,814		
13	3	200	Sol endu	E1.1	0,379	0,01002	0,05054	0,25	3,168	2,34	0,72
	3	200		E1.2	0,223	0,01002	0,05054	0,25	1,973		
	3	200		E1.3	0,209	0,01002	0,05054	0,25	1,865		
14	3	200	Sol encap	E2.1	1,014	0,01002	0,05054	1,00	32,129	26,89	4,56
	3	200		E2.2	0,772	0,01002	0,05054	1,00	24,713		
	3	200		E2.3	0,743	0,01002	0,05054	1,00	23,825		
14	3	200	Sol endu	E2.1	0,293	0,01002	0,05054	0,25	2,509	1,70	0,72
	3	200		E2.2	0,115	0,01002	0,05054	0,25	1,145		
	3	200		E2.3	0,153	0,01002	0,05054	0,25	1,436		
15	3	200	Sol encap	E3.1	0,742	0,01002	0,05054	1,00	23,794	24,76	1,87
	3	200		E3.2	0,735	0,01002	0,05054	1,00	23,580		
	3	200		E3.3	0,844	0,01002	0,05054	1,00	26,920		

Tabla FTI.2 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en la solución de encapsulado y en la solución de endurecimiento (continuación...)

Tratamiento	Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (µm)	Muestra	Repetición	Absorción	V(L)	pe.l (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
15	3	200	Sol endu	E3.1	0,238	0,01002	0,05054	0,25	2,088	1,93	0,34
	3	200		E3.2	0,167	0,01002	0,05054	0,25	1,544		
	3	200		E3.3	0,248	0,01002	0,05054	0,25	2,164		
16	3	500	Sol encap	E4.1	0,733	0,01002	0,05054	1,00	23,518	28,53	7,18
	3	500		E4.2	0,792	0,01002	0,05054	1,00	25,326		
	3	500		E4.3	1,165	0,01002	0,05054	1,00	36,756		
16	3	500	Sol endu	E4.1	0,183	0,01002	0,05054	0,25	1,666	1,43	0,22
	3	500		E4.2	0,149	0,01002	0,05054	0,25	1,406		
	3	500		E4.3	0,125	0,01002	0,05054	0,25	1,222		
17	3	500	Sol encap	E5.1	0,751	0,01002	0,05054	1,00	24,070	24,96	2,50
	3	500		E5.2	0,717	0,01002	0,05054	1,00	23,028		
	3	500		E5.3	0,872	0,01002	0,05054	1,00	27,778		
17	3	500	Sol endu	E5.1	0,081	0,01002	0,05054	0,25	0,885	1,10	0,40
	3	500		E5.2	0,169	0,01002	0,05054	0,25	1,559		
	3	500		E5.3	0,078	0,01002	0,05054	0,25	0,862		
18	3	500	Sol encap	E6.1	0,709	0,01002	0,05054	1,00	22,783	23,88	1,12
	3	500		E6.2	0,743	0,01002	0,05054	1,00	23,825		
	3	500		E6.3	0,782	0,01002	0,05054	1,00	25,020		

Tabla FTI.2 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en la solución de encapsulado y en la solución de endurecimiento (continuación...)

Tratamiento	Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (µm)	Muestra	Repetición	Absorción	V(L)	pe.l (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
18	3	500	Sol endu	E6.1	0,147	0,01002	0,05054	0,25	1,390	2,15	1,08
	3	500		E6.2	0,185	0,01002	0,05054	0,25	1,682		
	3	500		E6.3	0,407	0,01002	0,05054	0,25	3,382		
19	3	1 000	Sol encap	E7.1	0,940	0,01002	0,05062	1,00	29,814	30,95	4,95
	3	1 000		E7.2	0,837	0,01002	0,05062	1,00	26,663		
	3	1 000		E7.3	1,154	0,01002	0,05062	1,00	36,361		
19	3	1 000	Sol endu	E7.1	0,168	0,01002	0,05062	0,25	1,549	1,92	0,56
	3	1 000		E7.2	0,181	0,01002	0,05062	0,25	1,648		
	3	1 000		E7.3	0,301	0,01002	0,05062	0,25	2,566		
20	3	1 000	Sol encap	E8.1	0,736	0,01002	0,05062	1,00	23,573	28,67	7,57
	3	1 000		E8.2	0,785	0,01002	0,05062	1,00	25,072		
	3	1 000		E8.3	1,187	0,01002	0,05062	1,00	37,371		
20	3	1 000	Sol endu	E8.1	0,182	0,01002	0,05062	0,25	1,656	1,59	0,68
	3	1 000		E8.2	0,081	0,01002	0,05062	0,25	0,883		
	3	1 000		E8.3	0,259	0,01002	0,05062	0,25	2,245		
21	3	1 000	Sol encap	E9.1	0,694	0,01002	0,05062	1,00	22,288	31,84	8,75
	3	1 000		E9.2	1,255	0,01002	0,05062	1,00	39,451		
	3	1 000		E9.3	1,070	0,01002	0,05062	1,00	33,791		

Tabla FTI.2 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en la solución de encapsulado y en la solución de endurecimiento (continuación...)

Tratamiento	Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (µm)	Muestra	Repetición	Absorción	V(L)	pe.l (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
21	3	1 000	Sol endu	E9.1	0,265	0,01002	0,05062	0,25	2,291	2,54	0,62
	3	1 000		E9.2	0,390	0,01002	0,05062	0,25	3,247		
	3	1 000		E9.3	0,238	0,01002	0,05062	0,25	2,084		
22	3	2 500	Sol encaps	E10.1	0,799	0,01002	0,05062	1,00	25,500	29,47	8,15
	3	2 500		E10.2	0,752	0,01002	0,05062	1,00	24,062		
	3	2 500		E10.3	1,235	0,01002	0,05062	1,00	38,840		
22	3	2 500	Sol endu	E10.1	0,075	0,01002	0,05062	0,25	0,838	0,97	0,24
	3	2 500		E10.2	0,128	0,01002	0,05062	0,25	1,243		
	3	2 500		E10.3	0,074	0,01002	0,05062	0,25	0,830		
23	3	2 500	Sol encaps	E11.1	0,714	0,01002	0,05062	1,00	22,900	26,66	5,62
	3	2 500		E11.2	0,749	0,01002	0,05062	1,00	23,971		
	3	2 500		E11.3	1,048	0,01002	0,05062	1,00	33,118		
23	3	2 500	Sol endu	E11.1	0,242	0,01002	0,05062	0,25	2,115	1,53	0,59
	3	2 500		E11.2	0,088	0,01002	0,05062	0,25	0,937		
	3	2 500		E11.3	0,168	0,01002	0,05062	0,25	1,549		
24	3	2 500	Sol encaps	E12.1	0,956	0,01002	0,05062	1,00	30,304	35,38	4,75
	3	2 500		E12.2	1,146	0,01002	0,05062	1,00	36,117		
	3	2 500		E12.3	1,264	0,01002	0,05062	1,00	39,727		

Tabla FTI.2 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en la solución de encapsulado y en la solución de endurecimiento
(continuación...)

Tratamiento	Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (µm)	Muestra	Repetición	Absorción	V(L)	pe.l (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
24	3	2 500	Sol endu	E12.1	0,090	0,01002	0,05062	0,25	0,952	0,85	0,34
	3	2 500		E12.2	0,027	0,01002	0,05062	0,25	0,470		
	3	2 500		E12.3	0,113	0,01002	0,05062	0,25	1,128		

Las absorbancias medidas en los blancos de la solución de encapsulado y de la solución de endurecimiento se presentan en la Tabla FTI.3.

Tabla FTI.3 Absorbancias de los blancos de la solución de encapsulado y de la solución de endurecimiento utilizados en los tratamientos de encapsulación

Tratamiento	Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (μm)	Muestra	Repetición	Absorción
1-3	2	200	Sol encap	1	0,061
1-3	2	200		2	0,050
1-3	2	200		3	0,078
1-3	2	200	Sol endu	1	0,175
1-3	2	200		2	0,161
1-3	2	200		3	0,180
4-6	2	500	Sol encap	1	0,042
4-6	2	500		2	0,029
4-6	2	500		3	0,026
4-6	2	500	Sol endu	1	0,036
4-6	2	500		2	0,031
4-6	2	500		3	0,026
7-9	2	1 000	Sol encap	1	0,020
7-9	2	1 000		2	0,026
7-9	2	1 000		3	0,016
7-9	2	1 000	Sol endu	1	0,032
7-9	2	1 000		2	0,033
7-9	2	1 000		3	0,000
10-12	2	2 500	Sol encap	1	0,057
10-12	2	2 500		2	0,057
10-12	2	2 500		3	0,067
10-12	2	2 500	Sol endu	1	0,166
10-12	2	2 500		2	0,133
10-12	2	2 500		3	0,170
13-15	3	200	Sol encap	1	0,072
13-15	3	200		2	0,046
13-15	3	200		3	0,046

Tabla FTI.3 Absorbancias de los blancos de la solución de encapsulado y de la solución de endurecimiento utilizados en los tratamientos de encapsulación (**continuación...**)

Tratamiento	Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (µm)	Muestra	Repetición	Absorción
13-15	3	200	Sol endu	1	0,109
13-15	3	200		2	0,197
13-15	3	200		3	0,151
16-18	3	500	Sol encap	1	0,042
16-18	3	500		2	0,077
16-18	3	500		3	0,047
16-18	3	500	Sol endu	1	0,131
16-18	3	500		2	0,272
16-18	3	500		3	0,134
19-21	3	1 000	Sol encap	1	0,032
19-21	3	1 000		2	0,016
19-21	3	1 000		3	0,054
19-21	3	1 000	Sol endu	1	0,111
19-21	3	1 000		2	0,178
19-21	3	1 000		3	0,102
22-24	3	2 500	Sol encap	1	0,047
22-24	3	2 500		2	0,052
22-24	3	2 500		3	0,060
22-24	3	2 500	Sol endu	1	0,139
22-24	3	2 500		2	0,099
22-24	3	2 500		3	0,179

Ejemplo de cálculo:

- Las concentraciones de compuestos fenólicos totales en las diferentes muestras se calcularon a partir de la Ecuación FTI.1 de la recta obtenida en la Figura FTI.1:

$$x = \frac{\left(\frac{y + 0,0345}{0,00647} \right) \times fd \times V}{p_{e.l.}} \quad \text{[FTI. 1]}$$

Donde:

x : concentración de compuestos fenólicos totales en la muestra (mg de compuestos fenólicos/g de extracto liofilizado)

y : absorbancia de la muestra= abs medida de la muestra-abs de su blanco correspondiente

fd : factor de dilución

V : volumen de alginato (L)

$p_{e.l.}$: peso de extracto de compuestos fenólicos liofilizado (g)

Ejemplo de cálculo para la muestra de solución de encapsulado, repetición X1.1 del tratamiento 1 con alginato 2% y diámetro de boquilla 200 μm , Tabla FTI.2:

$$x = \frac{\left(\frac{1,294 + 0,0345}{0,00647}\right) \times 1 \times 0,01}{0,05023}$$

$x = 40,878$ mg de compuestos fenólicos/g de extracto liofilizado

Ejemplo de cálculo para la muestra de solución de endurecimiento, repetición X1.1 del tratamiento 1 con alginato 2% y diámetro de boquilla 200 μm , Tabla FTI.2:

$$x = \frac{\left(\frac{0,071 + 0,0345}{0,00647}\right) \times 0,25 \times 0,01}{0,05023}$$

$x = 0,812$ mg de compuestos fenólicos/g de extracto liofilizado

FICHA TÉCNICA II

BALANCE DE MASA EN EL PROCESO DE ENCAPSULACIÓN

Muestra: Compuestos fenólicos liofilizados

Objetivo: Determinar la concentración de compuestos fenólicos encapsulados para cada tratamiento de encapsulación.

Desarrollo:

Para determinar la concentración de compuestos fenólicos encapsulados se realizó el siguiente balance de masa con el conocimiento previo de la cantidad de compuestos fenólicos en la solución de encapsulado y en la solución de endurecimiento para cada tratamiento realizado (Tabla FTI.2).

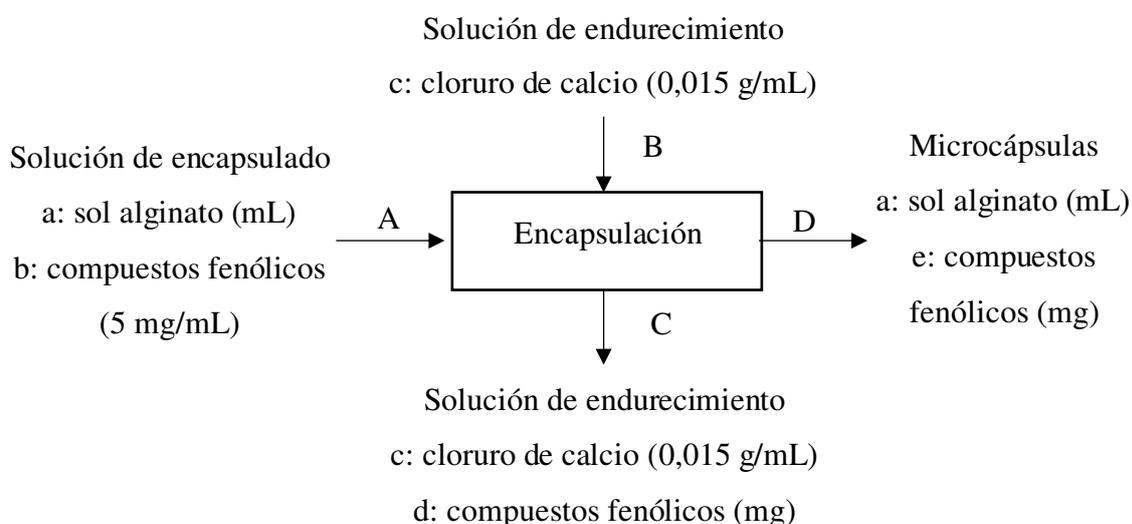


Figura FTII.1 Balance de masa del proceso de encapsulación de compuestos fenólicos

Donde:

A: Solución de encapsulado (L)

B: Solución de endurecimiento antes de la encapsulación (L)

C: Solución de endurecimiento después de la encapsulación (L)

D: Microcápsulas (g)

- a: solución de alginato al 2 o 3 % (L)
- b: compuestos fenólicos liofilizados (mg)
- c: solución de cloruro de calcio (0,015 g/mL) (L)
- d: compuestos fenólicos en la solución de endurecimiento (mg)
- e: compuestos fenólicos encapsulados (mg)

En la ecuación FTII.1 se muestra el balance global del proceso:

$$A + B = C + D \quad \text{[FTII. 1]}$$

En la ecuación FTII.2 se muestra el balance parcial de compuestos fenólicos:

$$b \times A = d \times C + e \times D \quad \text{[FTII. 2]}$$

Ejemplo de cálculo:

- La concentración de compuestos fenólicos encapsulados se calculó mediante la Ecuación FTII.3 obtenida del despeje de la Ecuación FTII.2:

$$e \times D = (b \times A) - (d \times C) \quad \text{[FTII. 3]}$$

Donde:

$e \times D$: concentración de compuestos fenólicos totales encapsulados (mg de compuestos fenólicos/g de extracto liofilizado)

$b \times A$: concentración de compuestos fenólicos totales en la solución de encapsulado (mg de compuestos fenólicos/g de extracto liofilizado), Tabla FTI.2

$d \times C$: concentración de compuestos fenólicos totales en la solución de endurecimiento (mg de compuestos fenólicos/g de extracto liofilizado), Tabla FTI.2

Ejemplo de cálculo para el tratamiento 1 con alginato 2% y diámetro de boquilla 200 μm , Tabla FTI.2:

$$e \times D = 36,26 - 0,79$$

$$e \times D = 35,47 \text{ mg de compuestos fenólicos/g de extracto liofilizado}$$

Las concentraciones calculadas de compuestos fenólicos encapsulados para cada tratamiento de encapsulación se presentan en la Tabla FTII.1.

Tabla FTII.1 Concentración de compuestos fenólicos totales encapsulados en los diferentes tratamientos

Tratamiento	Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (µm)	Concentración de compuestos fenólicos encapsulados (mg/g de extracto liofilizado)
1	2	200	35,47
2	2	200	35,58
3	2	200	26,99
4	2	500	23,66
5	2	500	23,52
6	2	500	24,41
7	2	1 000	24,28
8	2	1 000	18,87
9	2	1 000	26,10
10	2	2 500	29,43
11	2	2 500	27,27
12	2	2 500	23,90
13	3	200	23,01
14	3	200	25,19
15	3	200	22,83
16	3	500	27,10
17	3	500	23,86
18	3	500	21,72
19	3	1 000	29,03
20	3	1 000	27,08
21	3	1 000	29,30
22	3	2 500	28,50
23	3	2 500	25,13
24	3	2 500	34,53

FICHA TÉCNICA III

DETERMINACIÓN DEL MEJOR MÉTODO DE ENCAPSULACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS CON ALGINATO DE SODIO

Muestra: Compuestos fenólicos extraídos de la cáscara de guanábana

Objetivo: Seleccionar el método de encapsulación de compuestos fenólicos con mayor eficiencia para analizar la estabilidad de las microcápsulas obtenidas en soluciones tampón a diferentes pH y en una bebida comercial durante un tiempo de almacenamiento.

Desarrollo:

La encapsulación de los compuestos fenólicos extraídos de la cáscara de guanábana con alginato de sodio se realizó en un microencapsulador, donde se variaron la concentración de alginato de sodio y el tamaño de boquilla del encapsulador. Se utilizó un diseño experimental multifactorial 4×2 con dos réplicas y la variable de respuesta fue la eficiencia de encapsulación. Los datos obtenidos se muestran en la Tabla FTIII.1.

Tabla FTIII.1 Eficiencias de encapsulación para los diferentes tratamientos empleados

Tratamiento	Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (µm)	Eficiencia de encapsulación (%)
1	2	200	97,82
2	2	200	95,38
3	2	200	97,44
4	2	500	90,48
5	2	500	90,51
6	2	500	90,66
7	2	1 000	94,66
8	2	1 000	91,48
9	2	1 000	93,26
10	2	2 500	93,12
11	2	2 500	92,58
12	2	2 500	89,33
13	3	200	90,79
14	3	200	93,69

Tabla FTIII.1 Eficiencias de encapsulación para los diferentes tratamientos empleados (continuación...)

Tratamiento	Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (µm)	Eficiencia de encapsulación (%)
15	3	200	92,20
16	3	500	94,98
17	3	500	95,59
18	3	500	90,99
19	3	1 000	93,79
20	3	1 000	94,44
21	3	1 000	92,02
22	3	2 500	96,71
23	3	2 500	94,25
24	3	2 500	97,60

Ejemplo de cálculo:

- La eficiencia de encapsulación se calculó a partir de la Ecuación FTIII.1:

$$\text{Eficiencia de encapsulación} = \frac{x - y}{x} \times 100 \% \quad [\text{FTIII. 1}]$$

Donde:

x : compuestos fenólicos en la solución de encapsulado (mg/g de extracto liofilizado)

y : compuestos fenólicos en la solución de endurecimiento (mg/ g de extracto liofilizado)

Ejemplo de cálculo tratamiento 1, Tabla FTI.2:

$$\text{Eficiencia de encapsulación} = \frac{\left(\frac{36,26 - 0,79}{0,05023}\right)}{\frac{36,26}{0,05023}} \times 100 \%$$

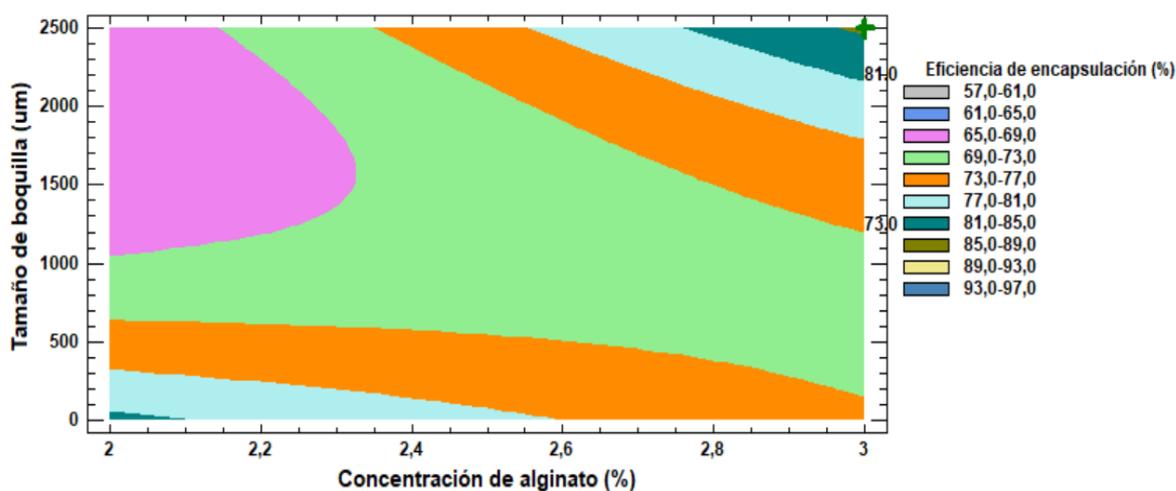
$$\text{Eficiencia de encapsulación} = 97,82 \%$$

En la Tabla FTIII.2 se presenta la optimización de respuestas del diseño factorial multinivel 4×2 realizado mediante el programa Statgraphics XVII con el objetivo de maximizar la eficiencia de encapsulación y así seleccionar el método con mayor eficiencia.

Tabla FTIII.2 Optimización de respuestas

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Concentración de alginato	2,0	3,0	3,0
Tamaño de boquilla	200,0	2 500,0	2 500,0

En la Figura FTIII.1 se presenta el Gráfico de Contornos de la Superficie de Respuesta Estimada para la apreciación del punto de mayor eficiencia de encapsulación.

**Figura FTIII.1** Contornos de la Superficie de Respuesta Estimada

En la Tabla FTIII.3 se muestra el análisis de varianza de los resultados obtenidos al aplicar los diferentes tratamientos de encapsulación para determinar los parámetros que tienen mayor influencia sobre la eficiencia de encapsulación.

Tabla FTIII.3 Análisis de Varianza para eficiencia de encapsulación

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Concentración de alginato	245,73	1	245,73	3,12	0,0936
B: Tamaño de boquilla	0,08	1	0,08	0,00	0,9747
AB	574,74	1	574,74	7,29	0,0142
BB	96,63	1	96,63	1,23	0,2822
Error total	1498,56	19	78,88		
Total (corr.)	2247,24	23			

FICHA TÉCNICA IV

DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO MEDIO DE LAS MICROCÁPSULAS OBTENIDAS

Muestra: Microcápsulas de compuestos fenólicos de alginato de sodio.

Objetivo: Determinar los diámetros medios de las microcápsulas formadas mediante los diferentes métodos de encapsulación.

Desarrollo:

Se capturaron fotografías de aproximadamente 100 microcápsulas obtenidas por cada método de encapsulación mediante un microscopio digital y un microscopio electrónico acoplados al computador.

Los diámetros de las microcápsulas obtenidas con cada método de encapsulación y su respectivo diámetro medio se muestran en la Tabla FTIV.1.

Tabla FTIV.1 Diámetros (μm) de las microcápsulas obtenidas con los diferentes métodos de encapsulación

Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (μm)				Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (μm)			
	200	500	1 000	2 500		200	500	1 000	2 500
2	567,16	1 020,00	2 170,00	5 240,00	3	497,27	1 610,00	2 200,00	3 050,00
2	378,64	1 300,00	2 100,00	4 950,00	3	378,84	1 340,00	2 120,00	2 730,00
2	432,38	1 160,00	1 460,00	5 750,00	3	409,33	1 660,00	2 410,00	2 880,00
2	412,68	1 030,00	1 550,00	5 830,00	3	333,06	1 470,00	2 300,00	2 380,00
2	427,47	1 220,00	2 360,00	4 390,00	3	478,63	1 640,00	2 050,00	3 640,00
2	317,63	1 020,00	2 430,00	3 960,00	3	431,74	1 250,00	1 640,00	3 020,00
2	534,04	1 010,00	980,00	4 540,00	3	362,53	660,00	2 980,00	3 820,00
2	445,88	1 060,00	1 360,00	4 120,00	3	332,00	630,00	2 520,00	2 630,00
2	497,45	1 200,00	3 000,00	4 410,00	3	389,61	920,00	3 360,00	3 500,00
2	435,50	1 150,00	3 460,00	4 760,00	3	319,70	750,00	3 270,00	2 680,00
2	421,47	1 050,00	2 310,00	5 850,00	3	365,61	1 150,00	2 830,00	3 140,00
2	389,55	1 030,00	2 420,00	5 320,00	3	339,09	1 030,00	2 260,00	2 830,00
2	378,98	960,00	1 960,00	4 370,00	3	441,17	1 320,00	2 750,00	4 970,00
2	292,95	1 000,00	1 820,00	4 430,00	3	405,64	1 340,00	2 220,00	4 280,00
2	520,83	1 030,00	2 230,00	4 190,00	3	369,52	1 570,00	2 520,00	3 980,00
2	355,93	970,00	2 620,00	3 600,00	3	318,41	1 460,00	2 000,00	3 040,00
2	446,92	800,00	2 830,00	4 550,00	3	396,11	1 760,00	2 770,00	3 370,00
2	413,49	920,00	2 670,00	4 020,00	3	377,62	1 650,00	2 420,00	2 810,00
2	540,72	760,00	2 410,00	4 740,00	3	343,85	1 420,00	1 890,00	3 660,00
2	503,90	900,00	1 620,00	4 510,00	3	344,71	1 160,00	1 490,00	2 860,00

Tabla FTIV.1 Diámetros (μm) de las microcápsulas obtenidas con los diferentes métodos de encapsulación (**continuación...**)

Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (μm)				Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (μm)			
	200	500	1 000	2 500		200	500	1 000	2 500
2	586,92	860,00	2 650,00	4 130,00	3	348,47	1 240,00	1 180,00	4 370,00
2	563,01	620,00	2 880,00	3 860,00	3	302,68	1 170,00	1 040,00	3 780,00
2	435,58	880,00	1 710,00	4 120,00	3	363,34	1 380,00	2 800,00	2 930,00
2	363,69	800,00	1 920,00	4 180,00	3	382,76	1 240,00	2 570,00	2 420,00
2	594,82	930,00	2 390,00	5 860,00	3	391,20	1 160,00	2 400,00	3 600,00
2	536,01	1 030,00	2 200,00	5 060,00	3	301,98	1 150,00	2 030,00	2 920,00
2	615,20	1 050,00	1 690,00	4 500,00	3	388,40	1 560,00	2 390,00	3 920,00
2	473,22	890,00	1 420,00	4 510,00	3	315,67	1 220,00	1 980,00	3 030,00
2	653,42	940,00	1 800,00	4 840,00	3	394,27	1 270,00	2 290,00	3 490,00
2	541,25	990,00	1 680,00	4 140,00	3	313,68	1 390,00	1 830,00	3 260,00
2	586,57	990,00	1 650,00	4 210,00	3	424,24	940,00	2 900,00	3 980,00
2	520,23	900,00	1 620,00	3 990,00	3	334,32	760,00	2 750,00	3 190,00
2	587,43	930,00	1 640,00	4 410,00	3	393,98	1 110,00	2 180,00	4 110,00
2	488,81	950,00	1 310,00	4 450,00	3	357,82	910,00	1 750,00	2 660,00
2	603,70	1 100,00	3 430,00	5 010,00	3	463,63	730,00	1 910,00	4 320,00
2	342,19	1 080,00	3 220,00	4 410,00	3	328,40	740,00	1 750,00	3 770,00
2	448,52	1 150,00	2 910,00	5 720,00	3	393,65	1 050,00	2 550,00	3 820,00
2	421,66	940,00	2 440,00	5 390,00	3	376,94	820,00	2 200,00	3 280,00
2	642,84	1 080,00	1 650,00	5 410,00	3	440,52	980,00	2 980,00	3 190,00
2	584,78	1 160,00	1 060,00	5 650,00	3	300,11	890,00	2 430,00	2 490,00

Tabla FTIV.1 Diámetros (μm) de las microcápsulas obtenidas con los diferentes métodos de encapsulación (**continuación...**)

Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (μm)				Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (μm)			
	200	500	1 000	2 500		200	500	1 000	2 500
2	603,70	1 100,00	3 430,00	5 010,00	3	463,63	730,00	1 910,00	4 320,00
2	342,19	1 080,00	3 220,00	4 410,00	3	328,40	740,00	1 750,00	3 770,00
2	448,52	1 150,00	2 910,00	5 720,00	3	393,65	1 050,00	2 550,00	3 820,00
2	421,66	940,00	2 440,00	5 390,00	3	376,94	820,00	2 200,00	3 280,00
2	642,84	1 080,00	1 650,00	5 410,00	3	440,52	980,00	2 980,00	3 190,00
2	584,78	1 160,00	1 060,00	5 650,00	3	300,11	890,00	2 430,00	2 490,00
2	521,02	950,00	2 910,00	4 740,00	3	392,93	1 200,00	1 780,00	3 530,00
2	518,48	920,00	2 960,00	4 740,00	3	328,78	900,00	1 620,00	3 310,00
2	510,35	720,00	2 960,00	4 710,00	3	357,41	930,00	2 040,00	3 650,00
2	508,47	600,00	2 730,00	4 560,00	3	354,34	810,00	1 630,00	2 690,00
2	579,54	1 060,00	1 920,00	5 440,00	3	388,90	930,00	3 170,00	4 450,00
2	469,62	920,00	1 860,00	5 720,00	3	374,81	820,00	2 920,00	3 420,00
2	508,37	1 250,00	2 200,00	4 190,00	3	405,93	820,00	1 750,00	3 870,00
2	469,62	920,00	1 860,00	5 720,00	3	374,81	820,00	2 920,00	3 420,00
2	508,37	1 250,00	2 200,00	4 190,00	3	405,93	820,00	1 750,00	3 870,00
2	492,13	1 120,00	1 880,00	4 410,00	3	337,17	780,00	1 700,00	3 370,00
2	594,65	1 340,00	2 210,00	4 780,00	3	379,70	1 220,00	1 840,00	3 770,00
2	563,35	1 370,00	1 900,00	3 980,00	3	269,20	1 300,00	1 860,00	3 090,00
2	553,77	1 040,00	2 190,00	4 410,00	3	374,97	570,00	3 320,00	4 040,00
2	481,94	1 120,00	1 420,00	4 230,00	3	345,81	640,00	3 710,00	3 000,00

Tabla FTIV.1 Diámetros (μm) de las microcápsulas obtenidas con los diferentes métodos de encapsulación (**continuación...**)

Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (μm)				Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (μm)			
	200	500	1 000	2 500		200	500	1 000	2 500
2	455,84	1 000,00	3 680,00	4 570,00	3	436,86	870,00	2 450,00	3 810,00
2	450,17	940,00	3 340,00	4 040,00	3	344,61	610,00	2 170,00	2 800,00
2	664,83	920,00	1 490,00	5 960,00	3	354,55	530,00	2 020,00	1 850,00
2	541,94	1 130,00	1 680,00	5 200,00	3	341,51	510,00	1 870,00	1 740,00
2	644,61	980,00	2 130,00	5 410,00	3	387,45	560,00	2 770,00	2 710,00
2	455,20	970,00	1 750,00	5 540,00	3	313,43	640,00	2 290,00	1 940,00
2	464,92	820,00	3 230,00	4 390,00	3	367,15	510,00	2 120,00	3 950,00
2	442,57	700,00	2 760,00	4 540,00	3	362,81	630,00	2 080,00	3 790,00
2	474,10	950,00	3 230,00	4 660,00	3	354,73	1 200,00	2 140,00	4 120,00
2	419,33	950,00	3 440,00	4 040,00	3	319,35	1 190,00	2 030,00	3 090,00
2	630,67	970,00	2 120,00	4 660,00	3	372,03	860,00	2 200,00	3 830,00
2	596,46	1 270,00	1 910,00	3 950,00	3	319,44	910,00	1 930,00	3 090,00
2	579,45	1 080,00	3 500,00	5 450,00	3	356,85	950,00	2 780,00	2 980,00
2	508,14	1 120,00	3 130,00	5 750,00	3	329,38	1100,00	2 540,00	3 100,00
2	412,63	690,00	2 290,00	5 450,00	3	363,21	930,00	2 510,00	3 510,00
2	318,35	760,00	1 660,00	5 310,00	3	314,21	810,00	2 020,00	3 350,00
2	509,63	950,00	2 680,00	3 920,00	3	338,65	680,00	3 210,00	2 120,00
2	429,56	1 100,00	3 330,00	4 260,00	3	312,70	610,00	3 020,00	1 670,00
2	448,91	740,00	3 040,00	5 440,00	3	430,08	590,00	2 100,00	3 640,00
2	414,28	830,00	3 720,00	5 850,00	3	337,74	660,00	1 880,00	2 400,00

Tabla FTIV.1 Diámetros (μm) de las microcápsulas obtenidas con los diferentes métodos de encapsulación (**continuación...**)

Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (μm)				Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (μm)			
	200	500	1 000	2 500		200	500	1 000	2 500
2	488,14	880,00	2 230,00	5 690,00	3	387,00	610,00	1 850,00	3 820,00
2	448,72	1 070,00	1 770,00	4 720,00	3	338,83	560,00	1 860,00	3 350,00
2	531,74	880,00	3 200,00	6 060,00	3	422,43	660,00	2 930,00	3 340,00
2	445,43	1 090,00	2 880,00	5 060,00	3	394,22	680,00	2 380,00	3 350,00
2	529,13	1 000,00	2 480,00	4 420,00	3	429,76	680,00	2 230,00	3 510,00
2	420,31	1 090,00	2 030,00	3 990,00	3	336,47	640,00	2 000,00	3 480,00
2	469,62	920,00	1 860,00	5 720,00	3	374,81	820,00	2 920,00	3 420,00
2	508,37	1 250,00	2 200,00	4 190,00	3	405,93	820,00	1 750,00	3 870,00
2	492,13	1 120,00	1 880,00	4 410,00	3	337,17	780,00	1 700,00	3 370,00
2	594,65	1 340,00	2 210,00	4 780,00	3	379,70	1 220,00	1 840,00	3 770,00
2	563,35	1 370,00	1 900,00	3 980,00	3	269,20	1 300,00	1 860,00	3 090,00
2	553,77	1 040,00	2 190,00	4 410,00	3	374,97	570,00	3 320,00	4 040,00
2	481,94	1 120,00	1 420,00	4 230,00	3	345,81	640,00	3 710,00	3 000,00
2	455,84	1 000,00	3 680,00	4 570,00	3	436,86	870,00	2 450,00	3 810,00
2	450,17	940,00	3 340,00	4 040,00	3	344,61	610,00	2 170,00	2 800,00
2	664,83	920,00	1 490,00	5 960,00	3	354,55	530,00	2 020,00	1 850,00
2	541,94	1 130,00	1 680,00	5 200,00	3	341,51	510,00	1 870,00	1 740,00
2	644,61	980,00	2 130,00	5 410,00	3	387,45	560,00	2 770,00	2 710,00
2	455,20	970,00	1 750,00	5 540,00	3	313,43	640,00	2 290,00	1 940,00
2	550,17	1 280,00	3 270,00	5 560,00	3	363,15	730,00	2 960,00	4 200,00

Tabla FTIV.1 Diámetros (μm) de las microcápsulas obtenidas con los diferentes métodos de encapsulación (**continuación...**)

Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (μm)				Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (μm)			
	200	500	1 000	2 500		200	500	1 000	2 500
2	483,66	1 170,00	2 890,00	5 570,00	3	350,11	930,00	2 790,00	3 650,00
2	627,05	910,00	2 480,00	5 810,00	3	393,04	510,00	1 760,00	3 400,00
2	511,78	1 080,00	2 600,00	5 090,00	3	332,85	650,00	1 580,00	2 550,00
2	521,44	1 090,00	3 510,00	4 450,00	3	466,72	730,00	2 050,00	3 120,00
2	495,42	900,00	3 300,00	4 670,00	3	380,32	640,00	1 750,00	3 050,00
2	481,94	850,00	3 710,00	5 600,00	3	352,61	770,00	2 530,00	3 000,00
2	401,09	770,00	4 360,00	5 150,00	3	321,50	650,00	2 220,00	3 480,00
2	562,43	740,00	2 810,00	3 800,00	3	366,51	840,00	3 670,00	3 390,00
2	491,25	1 040,00	3 010,00	4 350,00	3	319,21	980,00	2 960,00	3 080,00
2	482,11	800,00	1 810,00	5 190,00	3	381,60	860,00	2 450,00	3 580,00
2	469,62	710,00	1 800,00	5 320,00	3	395,54	860,00	2 030,00	3 330,00
2	524,24	840,00	1 250,00	5 670,00	3	402,57	860,00	3 690,00	3 960,00
2	523,62	1 020,00	1 780,00	5 260,00	3	291,07	880,00	3 310,00	2 970,00
2	460,53	940,00	2 260,00	4 770,00	3	369,48	920,00	2 950,00	3 570,00
2	398,91	910,00	1 820,00	5 150,00	3	304,18	810,00	2 280,00	2 950,00
2	609,60	990,00	2 360,00	5 490,00	3	360,69	1010,00	2 390,00	3 680,00
2	539,83	970,00	3 360,00	5 080,00	3	331,30	760,00	2 120,00	2 620,00
2	403,56	910,00	2 880,00	4 660,00	3	358,89	770,00	3 150,00	2 420,00
2	314,75	740,00	2 600,00	4 070,00	3	359,19	1050,00	2 660,00	1 800,00
2	498,93	1 410,00	1 260,00	3 960,00	3	377,65	1 010,00	1 600,00	3 830,00

Tabla FTIV.1 Diámetros (μm) de las microcápsulas obtenidas con los diferentes métodos de encapsulación (**continuación...**)

Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (μm)				Concentración de alginato (%)	Diámetro de boquilla (μm)			
	200	500	1 000	2 500		200	500	1 000	2 500
2	399,38	1 150,00	2 100,00	3 280,00	3	279,64	960,00	1 270,00	2 770,00
Diámetro medio (μm)	490,82	983,70	2 380,90	4 795,70	Diámetro medio (μm)	364,84	957,80	2328,0	3267,30
Desviación estándar	81,67	2380,9	712,21	645,39	Desviación estándar	43,33	309,62	555,46	626,56

FICHA TÉCNICA V

PREPARACIÓN DE LAS MEZCLAS DE SOLUCIÓN TAMPÓN Y MICROCÁPSULAS

Muestra: Microcápsulas encapsuladas con el mejor método de encapsulación

Objetivo: Formular las soluciones tampón a diferentes pH con adición de microcápsulas de compuestos fenólicos para evaluar su estabilidad en el tiempo.

Desarrollo:

En primer lugar, se realizó una encapsulación para cada pH (Tabla FTV.1) con el mejor método de encapsulación (concentración de alginato: 3% y diámetro de boquilla: 2 500 µm) y se prepararon soluciones tampón de acetato de sodio (0,4 M) a diferentes pH (2, 3, 4, 5 y 6). A continuación, se prepararon frascos para cada día de muestreo (5 días: 0, 2, 4, 6 y 8) y para cada pH (2, 3, 4, 5 y 6) por triplicado. En cada frasco se colocaron 40 mL de la solución tampón correspondiente y aproximadamente 1% (p/v) de microcápsulas, cuyos pesos se detallan en la Tabla FTV.2.

Tabla FTV.1 Encapsulaciones realizadas para cada pH

Nº	pH	Extracto liofilizado (mg)	Volumen sol alginato 3 % (mL)	Peso microcápsulas obtenidas (g)	Densidad microcápsulas (g/mL)
1	2	51,38	10,00	10,99	1,10
2	3	51,07	10,00	10,34	1,03
3	4	50,83	10,00	12,30	1,23
4	5	51,39	10,00	9,99	0,99
5	6	51,87	10,00	11,39	1,14

Ejemplo de cálculo:

- La densidad de las microcápsulas obtenidas se calculó con la Ecuación FTV.1:

$$Densidad\ microcápsulas_x = \frac{p_{mx}}{V_{ax}} \quad [FTV. 1]$$

Donde:

$Densidad\ microcápsulas_x$: densidad de microcápsulas obtenidas en la encapsulación x (g/mL)

p_{mx} : peso microcápsulas obtenidas en la encapsulación x (g)

V_{ax} : Volumen de alginato 3% utilizado en la encapsulación x (mL)

Ejemplo de cálculo para la encapsulación 1 realizada para las soluciones tampón pH 2:

$$Densidad\ microcápsulas_1 = \frac{10,99}{10}$$

$$Densidad\ microcápsulas_1 = 1,10\ g/mL$$

Tabla FTV.2 Pesos (g) de las microcápsulas agregadas en cada frasco de solución tampón para cada día de almacenamiento

Tratamiento	pH	Día de almacenamiento				
		0	2	4	6	8
1	2	0,39865	0,40834	0,40074	0,39987	0,39348
2	2	0,40414	0,40849	0,40267	0,41832	0,40175
3	2	0,39755	0,40204	0,40121	0,39895	0,40419
4	3	0,40829	0,39804	0,40257	0,41475	0,40337
5	3	0,40802	0,40073	0,41600	0,41936	0,41529
6	3	0,40026	0,41162	0,41071	0,40676	0,40192
7	4	0,41405	0,41535	0,40165	0,41404	0,39995
8	4	0,40037	0,40240	0,40404	0,39845	0,40556
9	4	0,41282	0,39456	0,41594	0,41997	0,41194
10	5	0,42000	0,42812	0,39654	0,40830	0,41253
11	5	0,42000	0,42395	0,39624	0,40376	0,42201
12	5	0,42000	0,41272	0,41907	0,40042	0,42482
13	6	0,42000	0,42648	0,40021	0,41469	0,39576
14	6	0,41000	0,41099	0,40182	0,41169	0,42333
15	6	0,42000	0,40349	0,41858	0,42535	0,42699

FICHA TÉCNICA VI

DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE COMPUESTOS FENÓLICOS PARA PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE REFERENCIA

Muestra: Extracto liofilizado de compuestos fenólicos

Objetivo: Determinar la cantidad de compuestos fenólicos liofilizados a agregar en la solución de referencia correspondiente a la solución tampón de cada pH con extracto de compuestos fenólicos sin encapsular con el fin de tener la misma concentración de compuestos fenólicos que las soluciones con los encapsulados, y de esta manera, comparar las diferentes soluciones tampón con los encapsulados con su respectiva solución de referencia y evaluar la estabilidad de los compuestos fenólicos encapsulados y no encapsulados.

Desarrollo:

Para determinar la cantidad de compuestos fenólicos para la solución de referencia, en primer lugar, se realizó un estimado del peso de las microcápsulas que se va a obtener con los pesos de las cápsulas ya realizadas con el mejor método de encapsulación: concentración de alginato: 3% y diámetro de boquilla: 2 500 μm (Tabla FTVI.1). Además, se conoce que para la encapsulación se requiere 10 mL de solución de alginato (3%) y 50,49 mg de compuestos fenólicos liofilizados.

Tabla FTVI.1 Peso de las microcápsulas obtenidas con el mejor método de encapsulación

Repetición	Volumen encapsulado (mL)	Peso microcápsulas (g)	Peso promedio microcápsulas (g)
1	10,00	8,40	8,57
2	10,00	8,80	
3	10,00	8,51	

Ejemplo de cálculo:

- La cantidad de compuestos fenólicos a agregar en la preparación de 120 mL de solución de referencia se calculó con la Ecuación FTVI.1, dicho cálculo se utilizó para la preparación de todas las soluciones de referencia a los diferentes pH:

$$m_{extr} = \frac{p_{e.l}}{\bar{p}_m} \times \frac{p_c}{V_{s.t}} \times V_{Ts.t} \quad [\text{FTVI. 1}]$$

Donde:

m_{extr} : peso de compuestos fenólicos liofilizados (mg)

$p_{e.l.}$: peso de extracto de compuestos fenólicos liofilizado (g)

\bar{p}_m : peso promedio de microcápsulas obtenidas con el mejor método de encapsulación (g)

p_c : peso microcápsulas correspondiente al 1 % (p/v) de la solución tampón para un frasco (g)

$V_{s.t.}$: Volumen de la solución tampón para un frasco (mL)

$V_{Ts.t.}$: Volumen total preparado de solución tampón (mL)

Ejemplo de cálculo para la preparación de 120 mL de solución de referencia pH2:

$$m_{extr} = \frac{50,49}{8,57} \times \frac{0,4}{40} \times 120$$

$$m_{extr} = 7,07 \text{ mg de compuestos fenólicos}$$

FICHA TÉCNICA VII

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE COMPUESTOS FENÓLICOS ENCAPSULADOS Y DEGRADADOS EN LAS SOLUCIONES TAMPÓN DURANTE EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO

Muestra: Compuestos fenólicos liberados y que se mantuvieron en las cápsulas

Objetivo: Determinar el porcentaje de compuestos fenólicos totales encapsulados (que se mantuvieron dentro de las cápsulas) y el porcentaje de compuestos fenólicos totales degradados durante el tiempo de almacenamiento en las soluciones tampón con las cápsulas y en sus respectivas soluciones con polifenoles no encapsulados (referencia).

Desarrollo:

Las mediciones de las absorbancias se realizaron de los frascos para cada pH correspondientes al día de medición, desde el día 0, se midieron las absorbancias de los frascos por triplicado del extracto de referencia, del blanco (solución tampón del pH correspondiente), de la solución tampón alrededor de las cápsulas y finalmente de la solución tampón centrifugada con las cápsulas destruidas mediante un homogeneizador que serían los compuestos fenólicos totales que se mantuvieron dentro de las cápsulas. Para los cálculos con los valores de absorbancia se utilizó la ecuación de la recta FTI.1 obtenida mediante la curva de absorbancia realizada anteriormente que se observa en la Figura FTI.1. Además, se calculó el volumen de las cápsulas agregadas en cada frasco y la cantidad de compuestos fenólicos que contienen las mismas, datos requeridos para el cálculo de la concentración de compuestos fenólicos totales de cada frasco. Finalmente, con los datos obtenidos se calcularon los porcentajes de compuestos fenólicos que se mantuvieron encapsulados durante el tiempo de almacenamiento en las soluciones tampón, y además los porcentajes de compuestos fenólicos que se degradaron tanto en las soluciones tampón con las cápsulas como en las soluciones tampón con los polifenoles no encapsulados (referencia).

En la Tabla FTVII.1 se muestran los volúmenes de las microcápsulas agregadas en cada frasco para cada pH y día de almacenamiento.

Tabla FTVII.1 Volúmenes (mL) de las microcápsulas agregadas en cada frasco de solución tampón para cada día de almacenamiento

Tratamiento	pH	Día de almacenamiento				
		0	2	4	6	8
1	2	0,36	0,37	0,36	0,36	0,36
2	2	0,37	0,37	0,37	0,38	0,37
3	2	0,36	0,37	0,36	0,36	0,37
4	3	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
5	3	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
6	3	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
7	4	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
8	4	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
9	4	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
10	5	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
11	5	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
12	5	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
13	6	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
14	6	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
15	6	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37

Ejemplo de cálculo:

- Los volúmenes de las microcápsulas agregadas en los diferentes frascos se calcularon a partir de la Ecuación FTVII.1:

$$V_m = \frac{p_m}{\rho_{mx}} \quad \text{[FTVII. 1]}$$

Donde:

V_m : Volumen de las microcápsulas agregadas en un frasco (mL)

p_m : peso de las microcápsulas agregadas en un frasco (g), Tabla FTV.2

ρ_{mx} : densidad de las microcápsulas obtenidas en la encapsulación x (g/mL), Tabla FTV.1

Ejemplo de cálculo para las microcápsulas obtenidas de la encapsulación 1 y que fueron agregadas en el frasco día 0, pH 2:

$$V_m = \frac{0,39865}{1,10}$$

$$V_m = 0,36 \text{ mL}$$

En la Tabla FTVII.2 se indican los pesos de los compuestos fenólicos que contienen las microcápsulas agregadas en cada frasco para cada pH y día de almacenamiento.

Tabla FTVII.2 Pesos (mg) de compuestos fenólicos que contienen las microcápsulas agregadas en cada frasco de solución tampón para cada día de almacenamiento

Tratamiento	pH	Día de almacenamiento				
		0	2	4	6	8
1	2	1,86	1,91	1,87	1,87	1,84
2	2	1,89	1,91	1,88	1,95	1,88
3	2	1,86	1,88	1,87	1,86	1,89
4	3	2,02	1,97	1,99	2,05	1,99
5	3	2,02	1,98	2,05	2,07	2,05
6	3	1,98	2,03	2,03	2,01	1,99
7	4	1,71	1,72	1,66	1,71	1,65
8	4	1,65	1,66	1,67	1,65	1,68
9	4	1,71	1,63	1,72	1,74	1,70
10	5	2,16	2,20	2,04	2,10	2,12
11	5	2,16	2,18	2,04	2,08	2,17
12	5	2,16	2,12	2,16	2,06	2,19
13	6	1,91	1,94	1,82	1,89	1,80
14	6	1,87	1,87	1,83	1,87	1,93
15	6	1,91	1,84	1,91	1,94	1,94

Ejemplo de cálculo:

- La cantidad de compuestos fenólicos que contienen las microcápsulas agregadas en los diferentes frascos se calcularon a partir de la Ecuación FTVII.2:

$$p_{cf} = p_m \times \frac{p_{cfx}}{p_{mx}} \quad [\text{FTVII. 2}]$$

Donde:

p_{cf} : peso de los compuestos fenólicos que contienen las microcápsulas agregadas en un frasco (mg)

p_m : peso de las microcápsulas agregadas en un frasco (g), Tabla FTV.2

p_{cfx} : peso de compuestos fenólicos que contienen las microcápsulas obtenidas en la encapsulación x (mg), Tabla FTV.1

p_{mx} : peso de las microcápsulas obtenidas en la encapsulación x (g), Tabla FTV.1

Ejemplo de cálculo para las microcápsulas agregadas en el frasco día 0, pH 2 obtenidas de la encapsulación 1:

$$p_{cf} = 0,39865 \times \frac{51,38}{10,99}$$

$$p_{cf} = 1,86 \text{ mg}$$

Las absorbancias en la solución tampón antes de un homogeneizador tipo ultraturrax correspondiente a los compuestos fenólicos liberados, en la solución tampón después de un homogeneizador tipo ultraturrax correspondiente a los compuestos fenólicos que se mantuvieron encapsulados y en la solución tampón con extracto de compuestos fenólicos sin encapsular (extracto referencia) durante el tiempo de almacenamiento se presentan en la Tabla FTVII.3.

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
1	0	2	Antes de ultraturrax	M1.1	0,0350	0,000363	0,00186	0,01	0,02	0,02	0,00
	0	2		M1.1	0,0340	0,000363	0,00186	0,01	0,02		
	0	2		M1.1	0,0330	0,000363	0,00186	0,01	0,02		
1	0	2	Después de ultraturrax	M'1.1	0,0410	0,040400	0,00186	0,09	22,99	24,91	2,36
	0	2		M'1.1	0,0560	0,040400	0,00186	0,09	27,55		
	0	2		M'1.1	0,0450	0,040400	0,00186	0,09	24,20		
2	0	2	Antes de ultraturrax	M1.2	0,0480	0,000368	0,00186	0,01	0,02	0,02	0,00
	0	2		M1.2	0,0390	0,000368	0,00186	0,01	0,02		
	0	2		M1.2	0,0550	0,000368	0,00186	0,01	0,02		
2	0	2	Después de ultraturrax	M'1.2	0,0450	0,040400	0,00186	0,09	23,88	23,58	1,38
	0	2		M'1.2	0,0390	0,040400	0,00186	0,09	22,08		
	0	2		M'1.2	0,0480	0,040400	0,00186	0,09	24,78		
3	0	2	Antes de ultraturrax	M1.3	0,0470	0,000362	0,00186	0,01	0,02	0,02	0,00
	0	2		M1.3	0,0510	0,000362	0,00186	0,01	0,02		
	0	2		M1.3	0,0400	0,000362	0,00186	0,01	0,02		
3	0	2	Después de ultraturrax	M'1.3	0,0540	0,040400	0,00186	0,09	27,02	24,58	2,14
	0	2		M'1.3	0,0410	0,040400	0,00186	0,09	23,05		
	0	2		M'1.3	0,0430	0,040400	0,00186	0,09	23,66		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
4	0	3	Antes de ultraturrax	M2.1	0,0450	0,000395	0,00202	0,01	0,02	0,02	0,00
	0	3		M2.1	0,0520	0,000395	0,00202	0,01	0,03		
	0	3		M2.1	0,0460	0,000395	0,00202	0,01	0,02		
4	0	3	Después de ultraturrax	M'2.1	0,0740	0,040400	0,00202	0,09	30,52	28,46	2,87
	0	3		M'2.1	0,0550	0,040400	0,00202	0,09	25,17		
	0	3		M'2.1	0,0710	0,040400	0,00202	0,09	29,67		
5	0	3	Antes de ultraturrax	M2.2	0,0600	0,000395	0,00202	0,01	0,03	0,02	0,01
	0	3		M2.2	0,0480	0,000395	0,00202	0,01	0,02		
	0	3		M2.2	0,0160	0,000395	0,00202	0,01	0,01		
5	0	3	Después de ultraturrax	M'2.2	0,0730	0,040400	0,00202	0,09	30,26	26,97	3,38
	0	3		M'2.2	0,0490	0,040400	0,00202	0,09	23,50		
	0	3		M'2.2	0,0620	0,040400	0,00202	0,09	27,16		
6	0	3	Antes de ultraturrax	M2.3	0,0140	0,000395	0,00198	0,01	0,01	0,01	0,00
	0	3		M2.3	0,0060	0,000395	0,00198	0,01	0,01		
	0	3		M2.3	0,0080	0,000395	0,00198	0,01	0,01		
6	0	3	Después de ultraturrax	M'2.3	0,0500	0,040400	0,00198	0,09	24,24	23,19	1,36
	0	3		M'2.3	0,0480	0,040400	0,00198	0,09	23,67		
	0	3		M'2.3	0,0410	0,040400	0,00198	0,09	21,66		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
7	0	4	Antes de ultraturrax	M3.1	0,0600	0,000337	0,00171	0,01	0,02	0,02	0,00
	0	4		M3.1	0,0490	0,000337	0,00171	0,01	0,02		
	0	4		M3.1	0,0460	0,000337	0,00171	0,01	0,02		
7	0	4	Después de ultraturrax	M'3.1	0,0470	0,040300	0,00171	0,09	27,00	26,89	1,82
	0	4		M'3.1	0,0520	0,040300	0,00171	0,09	28,65		
	0	4		M'3.1	0,0410	0,040300	0,00171	0,09	25,01		
8	0	4	Antes de ultraturrax	M3.2	0,0470	0,000337	0,00165	0,01	0,02	0,02	0,01
	0	4		M3.2	0,0420	0,000337	0,00165	0,01	0,02		
	0	4		M3.2	0,0020	0,000337	0,00165	0,01	0,01		
8	0	4	Después de ultraturrax	M'3.2	0,0360	0,040300	0,00165	0,09	24,15	25,86	1,57
	0	4		M'3.2	0,0420	0,040300	0,00165	0,09	26,21		
	0	4		M'3.2	0,0450	0,040300	0,00165	0,09	27,23		
9	0	4	Antes de ultraturrax	M3.3	0,0200	0,000337	0,00171	0,01	0,01	0,01	0,00
	0	4		M3.3	0,0060	0,000337	0,00171	0,01	0,01		
	0	4		M3.3	0,0070	0,000337	0,00171	0,01	0,01		
9	0	4	Después de ultraturrax	M'3.3	0,0310	0,040300	0,00171	0,09	21,76	23,42	1,52
	0	4		M'3.3	0,0370	0,040300	0,00171	0,09	23,75		
	0	4		M'3.3	0,0400	0,040300	0,00171	0,09	24,75		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
10	0	5	Antes de ultraturrax	M4.1	0,0410	0,000420	0,00216	0,01	0,02	0,02	0,00
	0	5		M4.1	0,0490	0,000420	0,00216	0,01	0,03		
	0	5		M4.1	0,0370	0,000420	0,00216	0,01	0,02		
10	0	5	Después de ultraturrax	M'4.1	0,0580	0,040400	0,00216	0,09	24,32	23,09	1,32
	0	5		M'4.1	0,0480	0,040400	0,00216	0,09	21,69		
	0	5		M'4.1	0,0540	0,040400	0,00216	0,09	23,27		
11	0	5	Antes de ultraturrax	M4.2	0,0590	0,000420	0,00216	0,01	0,03	0,02	0,01
	0	5		M4.2	0,0500	0,000420	0,00216	0,01	0,03		
	0	5		M4.2	0,0020	0,000420	0,00216	0,01	0,01		
11	0	5	Después de ultraturrax	M'4.2	0,0650	0,040400	0,00216	0,09	26,16	25,81	0,85
	0	5		M'4.2	0,0660	0,040400	0,00216	0,09	26,42		
	0	5		M'4.2	0,0600	0,040400	0,00216	0,09	24,84		
12	0	5	Antes de ultraturrax	M4.3	0,0040	0,040400	0,00216	0,01	0,01	0,01	0,00
	0	5		M4.3	0,0100	0,040400	0,00216	0,01	0,01		
	0	5		M4.3	0,0080	0,040400	0,00216	0,01	0,01		
12	0	5	Después de ultraturrax	M'4.3	0,0570	0,040400	0,00216	0,09	24,05	23,62	0,55
	0	5		M'4.3	0,0560	0,040400	0,00216	0,09	23,79		
	0	5		M'4.3	0,0530	0,040400	0,00216	0,09	23,00		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
13	0	6	Antes de ultraturrax	M5.1	0,0520	0,000369	0,00191	0,01	0,02	0,02	0,00
	0	6		M5.1	0,0520	0,000369	0,00191	0,01	0,02		
	0	6		M5.1	0,0560	0,000369	0,00191	0,01	0,02		
13	0	6	Después de ultraturrax	M'5.1	0,0550	0,040400	0,00191	0,09	26,54	25,65	0,78
	0	6		M'5.1	0,0500	0,040400	0,00191	0,09	25,06		
	0	6		M'5.1	0,0510	0,040400	0,00191	0,09	25,36		
14	0	6	Antes de ultraturrax	M5.2	0,0530	0,000369	0,00187	0,01	0,02	0,02	0,01
	0	6		M5.2	0,0510	0,000369	0,00187	0,01	0,02		
	0	6		M5.2	0,0070	0,000369	0,00187	0,01	0,01		
14	0	6	Después de ultraturrax	M'5.2	0,0460	0,040400	0,00187	0,09	24,46	24,36	0,76
	0	6		M'5.2	0,0480	0,040400	0,00187	0,09	25,06		
	0	6		M'5.2	0,0430	0,040400	0,00187	0,09	23,55		
15	0	6	Antes de ultraturrax	M5.3	0,0140	0,000369	0,00191	0,01	0,01	0,01	0,00
	0	6		M5.3	0,0070	0,000369	0,00191	0,01	0,01		
	0	6		M5.3	0,0020	0,000369	0,00191	0,01	0,01		
15	0	6	Después de ultraturrax	M'5.3	0,0460	0,040400	0,00191	0,09	23,87	22,69	1,36
	0	6		M'5.3	0,0370	0,040400	0,00191	0,09	21,20		
	0	6		M'5.3	0,0430	0,040400	0,00191	0,09	22,98		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
1	0	2	Referencia	E1.1	0,0800	0,040000	0,00252	0,10	28,09	26,86	1,37
2	0	2		E1.2	0,0690	0,040000	0,00252	0,10	25,39		
3	0	2		E1.3	0,0760	0,040000	0,00252	0,10	27,11		
4	0	3	Referencia	E2.1	0,0700	0,040000	0,00256	0,10	25,20	26,17	0,87
5	0	3		E2.2	0,0770	0,040000	0,00256	0,10	26,89		
6	0	3		E2.3	0,0750	0,040000	0,00256	0,10	26,41		
7	0	4	Referencia	E3.1	0,0670	0,040000	0,00242	0,10	25,97	26,56	0,53
8	0	4		E3.2	0,0710	0,040000	0,00242	0,10	26,99		
9	0	4		E3.3	0,0700	0,040000	0,00242	0,10	26,73		
10	0	5	Referencia	E4.1	0,0730	0,040000	0,00234	0,10	28,40	26,90	1,46
11	0	5		E4.2	0,0670	0,040000	0,00234	0,10	26,82		
12	0	5		E4.3	0,0620	0,040000	0,00234	0,10	25,50		
13	0	6	Referencia	E5.1	0,0730	0,040000	0,00257	0,10	25,86	26,26	1,14
14	0	6		E5.2	0,0800	0,040000	0,00257	0,10	27,54		
15	0	6		E5.3	0,0710	0,040000	0,00257	0,10	25,38		
1	2	2	Antes de ultraturrax	M1.1	0,0010	0,000371	0,00191	0,01	0,01	0,01	0,00
	2	2		M1.1	0,0110	0,000371	0,00191	0,01	0,01		
	2	2		M1.1	0,0040	0,000371	0,00191	0,01	0,01		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
1	2	2	Después de ultraturrax	M'1.1	0,0300	0,040400	0,00191	0,09	19,18	22,15	3,31
	2	2		M'1.1	0,0520	0,040400	0,00191	0,09	25,72		
	2	2		M'1.1	0,0380	0,040400	0,00191	0,09	21,55		
2	2	2	Antes de ultraturrax	M1.2	0,0260	0,000371	0,00191	0,01	0,02	0,01	0,00
	2	2		M1.2	0,0030	0,000371	0,00191	0,01	0,01		
	2	2		M1.2	0,0090	0,000371	0,00191	0,01	0,01		
2	2	2	Después de ultraturrax	M'1.2	0,0370	0,040400	0,00191	0,09	21,25	21,45	0,62
	2	2		M'1.2	0,0360	0,040400	0,00191	0,09	20,95		
	2	2		M'1.2	0,0400	0,040400	0,00191	0,09	22,14		
3	2	2	Antes de ultraturrax	M1.3	0,0060	0,000366	0,00188	0,01	0,01	0,01	0,00
	2	2		M1.3	0,0180	0,000366	0,00188	0,01	0,01		
	2	2		M1.3	0,0250	0,000366	0,00188	0,01	0,02		
3	2	2	Después de ultraturrax	M'1.3	0,0490	0,040400	0,00188	0,09	25,21	23,20	1,77
	2	2		M'1.3	0,0380	0,040400	0,00188	0,09	21,89		
	2	2		M'1.3	0,0400	0,040400	0,00188	0,09	22,49		
4	2	3	Antes de ultraturrax	M2.1	0,0390	0,000395	0,00197	0,01	0,02	0,03	0,01
	2	3		M2.1	0,0240	0,000395	0,00197	0,01	0,02		
	2	3		M2.1	0,1120	0,000395	0,00197	0,01	0,04		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
4	2	3	Después de ultraturrax	M'2.1	0,0530	0,040400	0,00197	0,09	25,26	25,07	2,32
	2	3		M'2.1	0,0440	0,040400	0,00197	0,09	22,66		
	2	3		M'2.1	0,0600	0,040400	0,00197	0,09	27,28		
5	2	3	Antes de ultraturrax	M2.2	0,0100	0,000395	0,00198	0,01	0,01	0,03	0,02
	2	3		M2.2	0,1220	0,000395	0,00198	0,01	0,05		
	2	3		M2.2	0,0580	0,000395	0,00198	0,01	0,03		
5	2	3	Después de ultraturrax	M'2.2	0,0640	0,040400	0,00198	0,09	28,25	25,00	3,63
	2	3		M'2.2	0,0390	0,040400	0,00198	0,09	21,08		
	2	3		M'2.2	0,0550	0,040400	0,00198	0,09	25,67		
6	2	3	Antes de ultraturrax	M2.3	0,0100	0,000395	0,00203	0,01	0,01	0,02	0,00
	2	3		M2.3	0,0380	0,000395	0,00203	0,01	0,02		
	2	3		M2.3	0,0140	0,000395	0,00203	0,01	0,01		
6	2	3	Después de ultraturrax	M'2.3	0,0460	0,040400	0,00203	0,09	22,47	21,26	1,26
	2	3		M'2.3	0,0420	0,040400	0,00203	0,09	21,36		
	2	3		M'2.3	0,0370	0,040400	0,00203	0,09	19,96		
7	2	4	Antes de ultraturrax	M3.1	0,0030	0,000337	0,00172	0,01	0,01	0,01	0,00
	2	4		M3.1	0,0040	0,000337	0,00172	0,01	0,01		
	2	4		M3.1	0,0080	0,000337	0,00172	0,01	0,01		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
7	2	4	Después de ultraturrax	M'3.1	0,0400	0,040300	0,00172	0,09	24,60	23,50	1,63
	2	4		M'3.1	0,0390	0,040300	0,00172	0,09	24,27		
	2	4		M'3.1	0,0310	0,040300	0,00172	0,09	21,63		
8	2	4	Antes de ultraturrax	M3.2	0,0140	0,000337	0,00166	0,01	0,01	0,01	0,00
	2	4		M3.2	0,0150	0,000337	0,00166	0,01	0,01		
	2	4		M3.2	0,0200	0,000337	0,00166	0,01	0,01		
8	2	4	Después de ultraturrax	M'3.2	0,0300	0,040300	0,00166	0,09	21,98	23,35	2,07
	2	4		M'3.2	0,0310	0,040300	0,00166	0,09	22,32		
	2	4		M'3.2	0,0410	0,040300	0,00166	0,09	25,73		
9	2	4	Antes de ultraturrax	M3.3	0,0290	0,000337	0,00163	0,01	0,02	0,02	0,00
	2	4		M3.3	0,0410	0,000337	0,00163	0,01	0,02		
	2	4		M3.3	0,0320	0,000337	0,00163	0,01	0,02		
9	2	4	Después de ultraturrax	M'3.3	0,0230	0,040300	0,00163	0,09	19,99	20,91	1,06
	2	4		M'3.3	0,0250	0,040300	0,00163	0,09	20,68		
	2	4		M'3.3	0,0290	0,040300	0,00163	0,09	22,07		
10	2	5	Antes de ultraturrax	M4.1	0,0210	0,000420	0,00220	0,01	0,02	0,02	0,00
	2	5		M4.1	0,0140	0,000420	0,00220	0,01	0,01		
	2	5		M4.1	0,0090	0,000420	0,00220	0,01	0,01		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
10	2	5	Después de ultraturrax	M'4.1	0,0520	0,040400	0,00220	0,09	22,31	21,19	1,51
	2	5		M'4.1	0,0410	0,040400	0,00220	0,09	19,47		
	2	5		M'4.1	0,0500	0,040400	0,00220	0,09	21,79		
11	2	5	Antes de ultraturrax	M4.2	0,0080	0,000420	0,00218	0,01	0,01	0,01	0,00
	2	5		M4.2	0,0100	0,000420	0,00218	0,01	0,01		
	2	5		M4.2	0,0070	0,000420	0,00218	0,01	0,01		
11	2	5	Después de ultraturrax	M'4.2	0,0550	0,040400	0,00218	0,09	23,31	22,53	1,14
	2	5		M'4.2	0,0540	0,040400	0,00218	0,09	23,05		
	2	5		M'4.2	0,0470	0,040400	0,00218	0,09	21,23		
12	2	5	Antes de ultraturrax	M4.3	0,0060	0,000420	0,00212	0,01	0,01	0,01	0,00
	2	5		M4.3	0,0100	0,000420	0,00212	0,01	0,01		
	2	5		M4.3	0,0080	0,000420	0,00212	0,01	0,01		
12	2	5	Después de ultraturrax	M'4.3	0,0480	0,040400	0,00212	0,09	22,07	21,54	0,71
	2	5		M'4.3	0,0470	0,040400	0,00212	0,09	21,80		
	2	5		M'4.3	0,0430	0,040400	0,00212	0,09	20,73		
13	2	6	Antes de ultraturrax	M5.1	0,0050	0,000369	0,00194	0,01	0,01	0,01	0,00
	2	6		M5.1	0,0060	0,000369	0,00194	0,01	0,01		
	2	6		M5.1	0,0040	0,000369	0,00194	0,01	0,01		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
13	2	6	Después de ultraturrax	M'5.1	0,0460	0,040400	0,00194	0,09	23,51	23,02	0,45
	2	6		M'5.1	0,0430	0,040400	0,00194	0,09	22,64		
	2	6		M'5.1	0,0440	0,040400	0,00194	0,09	22,93		
14	2	6	Antes de ultraturrax	M5.2	0,0030	0,000369	0,00187	0,01	0,01	0,01	0,00
	2	6		M5.2	0,0090	0,000369	0,00187	0,01	0,01		
	2	6		M5.2	0,0060	0,000369	0,00187	0,01	0,01		
14	2	6	Después de ultraturrax	M'5.2	0,0340	0,040400	0,00187	0,09	20,76	21,57	0,76
	2	6		M'5.2	0,0390	0,040400	0,00187	0,09	22,28		
	2	6		M'5.2	0,0370	0,040400	0,00187	0,09	21,67		
15	2	6	Antes de ultraturrax	M5.3	0,0080	0,000369	0,00184	0,01	0,01	0,01	0,00
	2	6		M5.3	0,0070	0,000369	0,00184	0,01	0,01		
	2	6		M5.3	0,0060	0,000369	0,00184	0,01	0,01		
15	2	6	Después de ultraturrax	M'5.3	0,0280	0,040400	0,00184	0,09	19,29	19,71	0,99
	2	6		M'5.3	0,0270	0,040400	0,00184	0,09	18,99		
	2	6		M'5.3	0,0330	0,040400	0,00184	0,09	20,84		
1	2	2	Referencia	E1.1	0,0750	0,040000	0,00252	0,10	26,86	25,06	1,89
2	2	E1.2		0,0600	0,040000	0,00252	0,10	23,10			
3	2	2		E1.3	0,0680	0,040000	0,00252	0,10	25,23		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
4	2	3	Referencia	E2.1	0,0590	0,040000	0,00256	0,10	22,47	23,19	0,69
				E2.2	0,0640	0,040000	0,00256	0,10	23,84		
				E2.3	0,0620	0,040000	0,00256	0,10	23,27		
7	2	4	Referencia	E3.1	0,0520	0,040000	0,00242	0,10	22,21	23,49	1,15
				E3.2	0,0590	0,040000	0,00242	0,10	23,83		
				E3.3	0,0610	0,040000	0,00242	0,10	24,43		
10	2	5	Referencia	E4.1	0,0630	0,040000	0,00234	0,10	25,76	24,12	1,55
				E4.2	0,0560	0,040000	0,00234	0,10	23,91		
				E4.3	0,0510	0,040000	0,00234	0,10	22,68		
13	2	6	Referencia	E5.1	0,0580	0,040000	0,00257	0,10	22,17	23,13	1,40
				E5.2	0,0680	0,040000	0,00257	0,10	24,74		
				E5.3	0,0590	0,040000	0,00257	0,10	22,49		
1	4	2	Antes de ultraturrax	M1.1	0,0090	0,000364	0,00187	0,01	0,01	0,01	0,00
				M1.1	0,0100	0,000364	0,00187	0,01	0,01		
				M1.1	0,0160	0,000364	0,00187	0,01	0,01		
1	4	2	Después de ultraturrax	M'1.1	0,0270	0,040400	0,00187	0,09	18,63	20,85	2,65
				M'1.1	0,0440	0,040400	0,00187	0,09	23,78		
				M'1.1	0,0320	0,040400	0,00187	0,09	20,14		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
2	4	2	Antes de ultraturrax	M1.2	0,0430	0,000366	0,00191	0,01	0,02	0,02	0,00
	4	2		M1.2	0,0200	0,000366	0,00191	0,01	0,01		
	4	2		M1.2	0,0130	0,000366	0,00191	0,01	0,01		
2	4	2	Después de ultraturrax	M'1.2	0,0360	0,040400	0,00191	0,09	20,95	20,65	0,30
	4	2		M'1.2	0,0340	0,040400	0,00191	0,09	20,35		
	4	2		M'1.2	0,0350	0,040400	0,00191	0,09	20,65		
3	4	2	Antes de ultraturrax	M1.3	0,0230	0,000365	0,00187	0,01	0,02	0,02	0,01
	4	2		M1.3	0,0860	0,000365	0,00187	0,01	0,03		
	4	2		M1.3	0,0050	0,000365	0,00187	0,01	0,01		
3	4	2	Después de ultraturrax	M'1.3	0,0420	0,040400	0,00187	0,09	23,14	21,63	1,32
	4	2		M'1.3	0,0350	0,040400	0,00187	0,09	21,03		
	4	2		M'1.3	0,0340	0,040400	0,00187	0,09	20,72		
4	4	3	Antes de ultraturrax	M2.1	0,0340	0,000395	0,00199	0,01	0,02	0,02	0,00
	4	3		M2.1	0,0360	0,000395	0,00199	0,01	0,02		
	4	3		M2.1	0,0130	0,000395	0,00199	0,01	0,01		
4	4	3	Después de ultraturrax	M'2.1	0,0460	0,040400	0,00199	0,09	22,98	24,12	2,75
	4	3		M'2.1	0,0430	0,040400	0,00199	0,09	22,12		
	4	3		M'2.1	0,0610	0,040400	0,00199	0,09	27,26		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
5	4	3	Antes de ultraturrax	M2.2	0,0590	0,000395	0,00205	0,01	0,03	0,04	0,02
	4	3		M2.2	0,1800	0,000395	0,00205	0,01	0,06		
	4	3		M2.2	0,0850	0,000395	0,00205	0,01	0,03		
5	4	3	Después de ultraturrax	M'2.2	0,0600	0,040400	0,00205	0,09	26,10	22,79	3,08
	4	3		M'2.2	0,0380	0,040400	0,00205	0,09	20,03		
	4	3		M'2.2	0,0460	0,040400	0,00205	0,09	22,24		
6	4	3	Antes de ultraturrax	M2.3	0,0160	0,000395	0,00205	0,01	0,01	0,03	0,01
	4	3		M2.3	0,0430	0,000395	0,00205	0,01	0,02		
	4	3		M2.3	0,0950	0,000395	0,00205	0,01	0,04		
6	4	3	Después de ultraturrax	M'2.3	0,0370	0,040400	0,00205	0,09	19,96	19,31	0,58
	4	3		M'2.3	0,0330	0,040400	0,00205	0,09	18,84		
	4	3		M'2.3	0,0340	0,040400	0,00205	0,09	19,12		
7	4	4	Antes de ultraturrax	M3.1	0,0090	0,000337	0,00166	0,01	0,01	0,01	0,00
	4	4		M3.1	0,0150	0,000337	0,00166	0,01	0,01		
	4	4		M3.1	0,0240	0,000337	0,00166	0,01	0,02		
7	4	4	Después de ultraturrax	M'3.1	0,0240	0,040300	0,00166	0,09	19,98	20,66	0,68
	4	4		M'3.1	0,0280	0,040300	0,00166	0,09	21,34		
	4	4		M'3.1	0,0260	0,040300	0,00166	0,09	20,66		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
8	4	4	Antes de ultraturrax	M3.2	0,0200	0,000337	0,00167	0,01	0,01	0,01	0,00
	4	4		M3.2	0,0190	0,000337	0,00167	0,01	0,01		
	4	4		M3.2	0,0240	0,000337	0,00167	0,01	0,02		
8	4	4	Después de ultraturrax	M'3.2	0,0250	0,040300	0,00167	0,09	20,20	19,63	1,29
	4	4		M'3.2	0,0190	0,040300	0,00167	0,09	18,16		
	4	4		M'3.2	0,0260	0,040300	0,00167	0,09	20,54		
9	4	4	Antes de ultraturrax	M3.3	0,0070	0,000337	0,00172	0,01	0,01	0,01	0,00
	4	4		M3.3	0,0090	0,000337	0,00172	0,01	0,01		
	4	4		M3.3	0,0160	0,000337	0,00172	0,01	0,01		
9	4	4	Después de ultraturrax	M'3.3	0,0250	0,040300	0,00172	0,09	19,62	17,97	1,44
	4	4		M'3.3	0,0180	0,040300	0,00172	0,09	17,31		
	4	4		M'3.3	0,0170	0,040300	0,00172	0,09	16,98		
10	4	5	Antes de ultraturrax	M4.1	0,0170	0,000420	0,00204	0,01	0,02	0,02	0,00
	4	5		M4.1	0,0170	0,000420	0,00204	0,01	0,02		
	4	5		M4.1	0,0170	0,000420	0,00204	0,01	0,02		
10	4	5	Después de ultraturrax	M'4.1	0,0230	0,040400	0,00204	0,09	16,01	18,24	2,10
	4	5		M'4.1	0,0320	0,040400	0,00204	0,09	18,52		
	4	5		M'4.1	0,0380	0,040400	0,00204	0,09	20,19		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
11	4	5	Antes de ultraturrax	M4.2	0,0140	0,000420	0,00204	0,01	0,02	0,02	0,00
	4	5		M4.2	0,0120	0,000420	0,00204	0,01	0,02		
	4	5		M4.2	0,0150	0,000420	0,00204	0,01	0,02		
11	4	5	Después de ultraturrax	M'4.2	0,0360	0,040400	0,00204	0,09	19,64	18,62	0,98
	4	5		M'4.2	0,0290	0,040400	0,00204	0,09	17,69		
	4	5		M'4.2	0,0320	0,040400	0,00204	0,09	18,53		
12	4	5	Antes de ultraturrax	M4.3	0,0110	0,000420	0,00216	0,01	0,01	0,01	0,00
	4	5		M4.3	0,0180	0,000420	0,00216	0,01	0,02		
	4	5		M4.3	0,0090	0,000420	0,00216	0,01	0,01		
12	4	5	Después de ultraturrax	M'4.3	0,0430	0,040400	0,00216	0,09	20,42	18,66	1,61
	4	5		M'4.3	0,0350	0,040400	0,00216	0,09	18,31		
	4	5		M'4.3	0,0310	0,040400	0,00216	0,09	17,26		
13	4	6	Antes de ultraturrax	M5.1	0,0390	0,000369	0,00182	0,01	0,02	0,02	0,00
	4	6		M5.1	0,0420	0,000369	0,00182	0,01	0,02		
	4	6		M5.1	0,0390	0,000369	0,00182	0,01	0,02		
13	4	6	Después de ultraturrax	M'5.1	0,0270	0,040400	0,00182	0,09	19,14	18,93	0,95
	4	6		M'5.1	0,0230	0,040400	0,00182	0,09	17,90		
	4	6		M'5.1	0,0290	0,040400	0,00182	0,09	19,76		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
14	4	6	Antes de ultraturrax	M5.2	0,0160	0,000369	0,00183	0,01	0,01	0,02	0,00
	4	6		M5.2	0,0230	0,000369	0,00183	0,01	0,02		
	4	6		M5.2	0,0340	0,000369	0,00183	0,01	0,02		
14	4	6	Después de ultraturrax	M'5.2	0,0250	0,040400	0,00183	0,09	18,44	18,96	1,17
	4	6		M'5.2	0,0310	0,040400	0,00183	0,09	20,30		
	4	6		M'5.2	0,0240	0,040400	0,00183	0,09	18,13		
15	4	6	Antes de ultraturrax	M5.3	0,0220	0,000369	0,00191	0,01	0,02	0,02	0,00
	4	6		M5.3	0,0290	0,000369	0,00191	0,01	0,02		
	4	6		M5.3	0,0320	0,000369	0,00191	0,01	0,02		
15	4	6	Después de ultraturrax	M'5.3	0,0250	0,040400	0,00191	0,09	17,71	17,61	0,45
	4	6		M'5.3	0,0230	0,040400	0,00191	0,09	17,11		
	4	6		M'5.3	0,0260	0,040400	0,00191	0,09	18,00		
1	4	2	Referencia	E1.1	0,0640	0,040000	0,00252	0,10	24,17	22,20	1,73
2	4	2		E1.2	0,0510	0,040000	0,00252	0,10	20,89		
3	4	2		E1.3	0,0530	0,040000	0,00252	0,10	21,55		
4	4	3	Referencia	E2.1	0,0500	0,040000	0,00256	0,10	20,38	21,02	0,64
5	4	3		E2.2	0,0550	0,040000	0,00256	0,10	21,67		
6	4	3		E2.3	0,0530	0,040000	0,00256	0,10	21,02		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
7	4	4	Referencia	E3.1	0,0360	0,040000	0,00242	0,10	18,04	19,94	1,68
8	4	4		E3.2	0,0480	0,040000	0,00242	0,10	21,19		
9	4	4		E3.3	0,0460	0,040000	0,00242	0,10	20,59		
10	4	5	Referencia	E4.1	0,0520	0,040000	0,00234	0,10	22,77	20,71	2,27
11	4	5		E4.2	0,0450	0,040000	0,00234	0,10	21,09		
12	4	5		E4.3	0,0350	0,040000	0,00234	0,10	18,27		
13	4	6	Referencia	E5.1	0,0470	0,040000	0,00257	0,10	19,53	19,93	0,56
14	4	6		E5.2	0,0510	0,040000	0,00257	0,10	20,57		
15	4	6		E5.3	0,0470	0,040000	0,00257	0,10	19,69		
1	6	2	Antes de ultraturrax	M1.1	0,0110	0,000371	0,00187	0,01	0,01	0,01	0,00
	6	2		M1.1	0,0110	0,000371	0,00187	0,01	0,01		
	6	2		M1.1	0,0040	0,000371	0,00187	0,01	0,01		
1	6	2	Después de ultraturrax	M'1.1	0,0250	0,040400	0,00187	0,09	18,06	19,68	2,07
	6	2		M'1.1	0,0380	0,040400	0,00187	0,09	22,01		
	6	2		M'1.1	0,0280	0,040400	0,00187	0,09	18,97		
2	6	2	Antes de ultraturrax	M1.2	0,0260	0,000371	0,00195	0,01	0,02	0,01	0,00
	6	2		M1.2	0,0030	0,000371	0,00195	0,01	0,01		
	6	2		M1.2	0,0090	0,000371	0,00195	0,01	0,01		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
2	6	2	Después de ultraturrax	M'1.2	0,0370	0,040400	0,00195	0,09	20,75	19,49	1,10
	6	2		M'1.2	0,0310	0,040400	0,00195	0,09	19,01		
	6	2		M'1.2	0,0300	0,040400	0,00195	0,09	18,72		
3	6	2	Antes de ultraturrax	M1.3	0,0060	0,000366	0,00186	0,01	0,01	0,01	0,00
	6	2		M1.3	-0,0020	0,000366	0,00186	0,01	0,01		
	6	2		M1.3	-0,0050	0,000366	0,00186	0,01	0,01		
3	6	2	Después de ultraturrax	M'1.3	0,0200	0,040400	0,00186	0,09	16,58	17,90	1,23
	6	2		M'1.3	0,0250	0,040400	0,00186	0,09	18,10		
	6	2		M'1.3	0,0280	0,040400	0,00186	0,09	19,02		
4	6	3	Antes de ultraturrax	M2.1	0,7260	0,000395	0,00205	0,01	0,22	0,22	0,01
	6	3		M2.1	0,6910	0,000395	0,00205	0,01	0,21		
	6	3		M2.1	0,7010	0,000395	0,00205	0,01	0,21		
4	6	3	Después de ultraturrax	M'2.1	0,0440	0,040400	0,00205	0,09	21,75	23,32	2,96
	6	3		M'2.1	0,0430	0,040400	0,00205	0,09	21,47		
	6	3		M'2.1	0,0620	0,040400	0,00205	0,09	26,74		
5	6	3	Antes de ultraturrax	M2.2	0,6980	0,000395	0,00207	0,01	0,21	0,21	0,00
	6	3		M2.2	0,7100	0,000395	0,00207	0,01	0,21		
	6	3		M2.2	0,6880	0,000395	0,00207	0,01	0,21		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
5	6	3	Después de ultraturrax	M'2.2	0,0590	0,040400	0,00207	0,09	25,62	21,15	3,88
	6	3		M'2.2	0,0340	0,040400	0,00207	0,09	18,77		
	6	3		M'2.2	0,0350	0,040400	0,00207	0,09	19,05		
6	6	3	Antes de ultraturrax	M2.3	0,7260	0,000395	0,00201	0,01	0,23	0,22	0,00
	6	3		M2.3	0,7230	0,000395	0,00201	0,01	0,22		
	6	3		M2.3	0,7070	0,000395	0,00201	0,01	0,22		
6	6	3	Después de ultraturrax	M'2.3	0,0320	0,040400	0,00201	0,09	18,79	18,50	0,28
	6	3		M'2.3	0,0300	0,040400	0,00201	0,09	18,22		
	6	3		M'2.3	0,0310	0,040400	0,00201	0,09	18,50		
7	6	4	Antes de ultraturrax	M3.1	-0,0070	0,000337	0,00171	0,01	0,01	0,01	0,00
	6	4		M3.1	-0,0060	0,000337	0,00171	0,01	0,01		
	6	4		M3.1	-0,0020	0,000337	0,00171	0,01	0,01		
7	6	4	Después de ultraturrax	M'3.1	0,0200	0,040300	0,00171	0,09	18,05	19,05	0,99
	6	4		M'3.1	0,0260	0,040300	0,00171	0,09	20,04		
	6	4		M'3.1	0,0230	0,040300	0,00171	0,09	19,05		
8	6	4	Antes de ultraturrax	M3.2	0,0040	0,000337	0,00165	0,01	0,01	0,01	0,00
	6	4		M3.2	0,0050	0,000337	0,00165	0,01	0,01		
	6	4		M3.2	0,0100	0,000337	0,00165	0,01	0,01		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
8	6	4	Después de ultraturrax	M'3.2	0,0210	0,040300	0,00165	0,09	19,10	18,64	0,79
	6	4		M'3.2	0,0170	0,040300	0,00165	0,09	17,73		
	6	4		M'3.2	0,0210	0,040300	0,00165	0,09	19,10		
9	6	4	Antes de ultraturrax	M3.3	0,0190	0,000337	0,00174	0,01	0,01	0,02	0,00
	6	4		M3.3	0,0310	0,000337	0,00174	0,01	0,02		
	6	4		M3.3	0,0320	0,000337	0,00174	0,01	0,02		
9	6	4	Después de ultraturrax	M'3.3	0,0230	0,040300	0,00174	0,09	18,78	17,04	1,64
	6	4		M'3.3	0,0170	0,040300	0,00174	0,09	16,82		
	6	4		M'3.3	0,0130	0,040300	0,00174	0,09	15,51		
10	6	5	Antes de ultraturrax	M4.1	0,8340	0,000420	0,00210	0,01	0,28	0,27	0,00
	6	5		M4.1	0,8070	0,000420	0,00210	0,01	0,27		
	6	5		M4.1	0,8170	0,000420	0,00210	0,01	0,27		
10	6	5	Después de ultraturrax	M'4.1	0,0230	0,040400	0,00210	0,09	15,55	17,44	2,21
	6	5		M'4.1	0,0280	0,040400	0,00210	0,09	16,90		
	6	5		M'4.1	0,0390	0,040400	0,00210	0,09	19,88		
11	6	5	Antes de ultraturrax	M4.2	0,8150	0,000420	0,00208	0,01	0,28	0,28	0,00
	6	5		M4.2	0,8080	0,000420	0,00208	0,01	0,27		
	6	5		M4.2	0,8110	0,000420	0,00208	0,01	0,28		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
11	6	5	Después de ultraturrax	M'4.2	0,0340	0,040400	0,00208	0,09	18,73	17,55	1,04
	6	5		M'4.2	0,0270	0,040400	0,00208	0,09	16,82		
	6	5		M'4.2	0,0280	0,040400	0,00208	0,09	17,09		
12	6	5	Antes de ultraturrax	M4.3	0,8320	0,000420	0,00206	0,01	0,28	0,28	0,00
	6	5		M4.3	0,8170	0,000420	0,00206	0,01	0,28		
	6	5		M4.3	0,8150	0,000420	0,00206	0,01	0,28		
12	6	5	Después de ultraturrax	M'4.3	0,0340	0,040400	0,00206	0,09	18,89	17,69	1,24
	6	5		M'4.3	0,0300	0,040400	0,00206	0,09	17,79		
	6	5		M'4.3	0,0250	0,040400	0,00206	0,09	16,41		
13	6	6	Antes de ultraturrax	M5.1	0,8970	0,000369	0,00189	0,01	0,26	0,26	0,00
	6	6		M5.1	0,9090	0,000369	0,00189	0,01	0,26		
	6	6		M5.1	0,9100	0,000369	0,00189	0,01	0,26		
13	6	6	Después de ultraturrax	M'5.1	0,0260	0,040400	0,00189	0,09	18,17	17,97	0,63
	6	6		M'5.1	0,0230	0,040400	0,00189	0,09	17,27		
	6	6		M'5.1	0,0270	0,040400	0,00189	0,09	18,47		
14	6	6	Antes de ultraturrax	M5.2	0,8750	0,000369	0,00187	0,01	0,25	0,25	0,00
	6	6		M5.2	0,8770	0,000369	0,00187	0,01	0,25		
	6	6		M5.2	0,8900	0,000369	0,00187	0,01	0,26		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{ef} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
14	6	6	Después de ultraturrax	M'5.2	0,0220	0,040400	0,00187	0,09	17,09	18,10	1,26
	6	6		M'5.2	0,0300	0,040400	0,00187	0,09	19,52		
	6	6		M'5.2	0,0240	0,040400	0,00187	0,09	17,70		
15	6	6	Antes de ultraturrax	M5.3	0,9010	0,000369	0,00194	0,01	0,25	0,25	0,00
	6	6		M5.3	0,8910	0,000369	0,00194	0,01	0,25		
	6	6		M5.3	0,8890	0,000369	0,00194	0,01	0,25		
15	6	6	Después de ultraturrax	M'5.3	0,0180	0,040400	0,00194	0,09	15,37	16,25	0,77
	6	6		M'5.3	0,0220	0,040400	0,00194	0,09	16,55		
	6	6		M'5.3	0,0230	0,040400	0,00194	0,09	16,84		
1	6	2	Referencia	E1.1	0,0380	0,040000	0,00252	0,10	17,87	17,21	0,70
2	6	2		E1.2	0,0330	0,040000	0,00252	0,10	16,48		
3	6	2		E1.3	0,0360	0,040000	0,00252	0,10	17,30		
4	6	3	Referencia	E2.1	0,0380	0,040000	0,00256	0,10	17,49	17,16	0,32
5	6	3		E2.2	0,0370	0,040000	0,00256	0,10	17,16		
6	6	3		E2.3	0,0350	0,040000	0,00256	0,10	16,84		
7	6	4	Referencia	E3.1	0,0340	0,040000	0,00242	0,10	17,61	17,55	0,18
8	6	4		E3.2	0,0330	0,040000	0,00242	0,10	17,35		
9	6	4		E3.3	0,0350	0,040000	0,00242	0,10	17,69		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
10	6	5	Referencia	E4.1	0,0130	0,040000	0,00234	0,10	12,46	12,49	0,05
11	6	5		E4.2	0,0130	0,040000	0,00234	0,10	12,46		
12	6	5		E4.3	0,0130	0,040000	0,00234	0,10	12,55		
13	6	6	Referencia	E5.1	0,0140	0,040000	0,00257	0,10	11,75	11,83	0,08
14	6	6		E5.2	0,0150	0,040000	0,00257	0,10	11,91		
15	6	6		E5.3	0,0150	0,040000	0,00257	0,10	11,83		
1	8	2	Antes de ultraturrax	M1.1	0,0510	0,000358	0,00184	0,01	0,02	0,02	0,00
	8	2		M1.1	0,0550	0,000358	0,00184	0,01	0,02		
	8	2		M1.1	0,0530	0,000358	0,00184	0,01	0,02		
1	8	2	Después de ultraturrax	M'1.1	0,0220	0,040400	0,00184	0,09	17,43	18,25	1,70
	8	2		M'1.1	0,0310	0,040400	0,00184	0,09	20,20		
	8	2		M'1.1	0,0210	0,040400	0,00184	0,09	17,12		
2	8	2	Antes de ultraturrax	M1.2	0,0600	0,000365	0,00188	0,01	0,03	0,03	0,00
	8	2		M1.2	0,0550	0,000365	0,00188	0,01	0,02		
	8	2		M1.2	0,0570	0,000365	0,00188	0,01	0,02		
2	8	2	Después de ultraturrax	M'1.2	0,0250	0,040400	0,00188	0,09	17,98	17,67	0,30
	8	2		M'1.2	0,0240	0,040400	0,00188	0,09	17,67		
	8	2		M'1.2	0,0230	0,040400	0,00188	0,09	17,37		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
3	8	2	Antes de ultraturrax	M1.3	0,0590	0,000368	0,00189	0,01	0,03	0,02	0,00
	8	2		M1.3	0,0550	0,000368	0,00189	0,01	0,02		
	8	2		M1.3	0,0560	0,000368	0,00189	0,01	0,02		
3	8	2	Después de ultraturrax	M'1.3	0,0190	0,040400	0,00189	0,09	16,07	17,17	0,97
	8	2		M'1.3	0,0240	0,040400	0,00189	0,09	17,57		
	8	2		M'1.3	0,0250	0,040400	0,00189	0,09	17,87		
4	8	3	Antes de ultraturrax	M2.1	0,8090	0,000395	0,00199	0,01	0,25	0,25	0,00
	8	3		M2.1	0,8010	0,000395	0,00199	0,01	0,25		
	8	3		M2.1	0,7980	0,000395	0,00199	0,01	0,25		
4	8	3	Después de ultraturrax	M'2.1	0,0350	0,040400	0,00199	0,09	19,80	19,14	0,72
	8	3		M'2.1	0,0330	0,040400	0,00199	0,09	19,23		
	8	3		M'2.1	0,0300	0,040400	0,00199	0,09	18,38		
5	8	3	Antes de ultraturrax	M2.2	0,8170	0,000395	0,00205	0,01	0,25	0,25	0,00
	8	3		M2.2	0,8000	0,000395	0,00205	0,01	0,24		
	8	3		M2.2	0,8130	0,000395	0,00205	0,01	0,25		
5	8	3	Después de ultraturrax	M'2.2	0,0510	0,040400	0,00205	0,09	23,66	19,60	3,53
	8	3		M'2.2	0,0300	0,040400	0,00205	0,09	17,85		
	8	3		M'2.2	0,0280	0,040400	0,00205	0,09	17,29		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
6	8	3	Antes de ultraturrax	M2.3	0,8210	0,000395	0,00199	0,01	0,26	0,25	0,00
	8	3		M2.3	0,7930	0,000395	0,00199	0,01	0,25		
	8	3		M2.3	0,8100	0,000395	0,00199	0,01	0,25		
6	8	3	Después de ultraturrax	M'2.3	0,0270	0,040400	0,00199	0,09	17,58	17,30	0,29
	8	3		M'2.3	0,0260	0,040400	0,00199	0,09	17,30		
	8	3		M'2.3	0,0250	0,040400	0,00199	0,09	17,01		
7	8	4	Antes de ultraturrax	M3.1	0,0680	0,000337	0,00165	0,01	0,03	0,03	0,00
	8	4		M3.1	0,0670	0,000337	0,00165	0,01	0,03		
	8	4		M3.1	0,0690	0,000337	0,00165	0,01	0,03		
7	8	4	Después de ultraturrax	M'3.1	0,0130	0,040300	0,00165	0,09	16,29	16,97	0,91
	8	4		M'3.1	0,0180	0,040300	0,00165	0,09	18,00		
	8	4		M'3.1	0,0140	0,040300	0,00165	0,09	16,63		
8	8	4	Antes de ultraturrax	M3.2	0,0680	0,000337	0,00168	0,01	0,03	0,03	0,00
	8	4		M3.2	0,0660	0,000337	0,00168	0,01	0,03		
	8	4		M3.2	0,0670	0,000337	0,00168	0,01	0,03		
8	8	4	Después de ultraturrax	M'3.2	0,0140	0,040300	0,00168	0,09	16,40	15,84	0,70
	8	4		M'3.2	0,0100	0,040300	0,00168	0,09	15,05		
	8	4		M'3.2	0,0130	0,040300	0,00168	0,09	16,06		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
9	8	4	Antes de ultraturrax	M3.3	0,0680	0,000337	0,00170	0,01	0,03	0,03	0,00
	8	4		M3.3	0,0690	0,000337	0,00170	0,01	0,03		
	8	4		M3.3	0,0660	0,000337	0,00170	0,01	0,03		
9	8	4	Después de ultraturrax	M'3.3	0,0120	0,040300	0,00170	0,09	15,48	14,93	0,51
	8	4		M'3.3	0,0090	0,040300	0,00170	0,09	14,48		
	8	4		M'3.3	0,0100	0,040300	0,00170	0,09	14,82		
10	8	5	Antes de ultraturrax	M4.1	0,7920	0,000420	0,00212	0,01	0,26	0,27	0,00
	8	5		M4.1	0,7930	0,000420	0,00212	0,01	0,26		
	8	5		M4.1	0,8110	0,000420	0,00212	0,01	0,27		
10	8	5	Después de ultraturrax	M'4.1	0,0100	0,040400	0,00212	0,09	11,91	13,07	1,78
	8	5		M'4.1	0,0110	0,040400	0,00212	0,09	12,18		
	8	5		M'4.1	0,0220	0,040400	0,00212	0,09	15,12		
11	8	5	Antes de ultraturrax	M4.2	0,8170	0,000420	0,00217	0,01	0,27	0,26	0,00
	8	5		M4.2	0,8110	0,000420	0,00217	0,01	0,26		
	8	5		M4.2	0,8170	0,000420	0,00217	0,01	0,27		
11	8	5	Después de ultraturrax	M'4.2	0,0280	0,040400	0,00217	0,09	16,35	14,26	1,89
	8	5		M'4.2	0,0140	0,040400	0,00217	0,09	12,69		
	8	5		M'4.2	0,0180	0,040400	0,00217	0,09	13,74		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
12	8	5	Antes de ultraturrax	M4.3	0,8250	0,000420	0,00219	0,01	0,27	0,26	0,00
	8	5		M4.3	0,8030	0,000420	0,00219	0,01	0,26		
	8	5		M4.3	0,7940	0,000420	0,00219	0,01	0,26		
12	8	5	Después de ultraturrax	M'4.3	0,0200	0,040400	0,00219	0,09	14,16	14,68	0,45
	8	5		M'4.3	0,0230	0,040400	0,00219	0,09	14,94		
	8	5		M'4.3	0,0230	0,040400	0,00219	0,09	14,94		
13	8	6	Antes de ultraturrax	M5.1	0,8160	0,000369	0,00180	0,01	0,25	0,25	0,00
	8	6		M5.1	0,8170	0,000369	0,00180	0,01	0,25		
	8	6		M5.1	0,8180	0,000369	0,00180	0,01	0,25		
13	8	6	Después de ultraturrax	M'5.1	0,0190	0,040400	0,00180	0,09	16,84	16,42	0,48
	8	6		M'5.1	0,0160	0,040400	0,00180	0,09	15,89		
	8	6		M'5.1	0,0180	0,040400	0,00180	0,09	16,52		
14	8	6	Antes de ultraturrax	M5.2	0,8130	0,000369	0,00193	0,01	0,23	0,23	0,00
	8	6		M5.2	0,8190	0,000369	0,00193	0,01	0,23		
	8	6		M5.2	0,8090	0,000369	0,00193	0,01	0,23		
14	8	6	Después de ultraturrax	M'5.2	0,0180	0,040400	0,00193	0,09	15,45	16,33	0,78
	8	6		M'5.2	0,0220	0,040400	0,00193	0,09	16,62		
	8	6		M'5.2	0,0230	0,040400	0,00193	0,09	16,92		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{cf} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
15	8	6	Antes de ultraturrax	M5.3	0,8140	0,000369	0,00194	0,01	0,23	0,23	0,00
	8	6		M5.3	0,8040	0,000369	0,00194	0,01	0,22		
	8	6		M5.3	0,8100	0,000369	0,00194	0,01	0,23		
15	8	6	Después de ultraturrax	M'5.3	0,0160	0,040400	0,00194	0,09	14,73	14,93	0,61
	8	6		M'5.3	0,0190	0,040400	0,00194	0,09	15,61		
	8	6		M'5.3	0,0150	0,040400	0,00194	0,09	14,44		
1	8	2	Referencia	E1.1	0,0200	0,040000	0,00252	0,10	17,87	14,00	0,71
2	8	2		E1.2	0,0220	0,040000	0,00252	0,10	16,48		
3	8	2		E1.3	0,0260	0,040000	0,00252	0,10	17,30		
4	8	3	Referencia	E2.1	0,0210	0,040000	0,00256	0,10	17,49	13,41	0,05
5	8	3		E2.2	0,0210	0,040000	0,00256	0,10	17,16		
6	8	3		E2.3	0,0210	0,040000	0,00256	0,10	16,84		
7	8	4	Referencia	E3.1	0,0110	0,040000	0,00242	0,10	17,61	11,58	0,32
8	8	4		E3.2	0,0090	0,040000	0,00242	0,10	17,35		
9	8	4		E3.3	0,0120	0,040000	0,00242	0,10	17,69		
10	8	5	Referencia	E4.1	0,0000	0,040000	0,00234	0,10	12,46	8,23	0,46
11	8	5		E4.2	0,0000	0,040000	0,00234	0,10	12,46		
12	8	5		E4.3	0,0000	0,040000	0,00234	0,10	12,55		

Tabla FTVII.3 Absorbancias y contenido de compuestos fenólicos totales en las soluciones tampón con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{ef} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
13-15	8	6	Referencia	E5.1	0,0000	0,040000	0,00257	0,10	11,75	7,79	0,33
	8	6		E5.2	0,0000	0,040000	0,00257	0,10	11,91		
	8	6		E5.3	0,0000	0,040000	0,00257	0,10	11,83		

Las medidas de absorbancia de cada blanco correspondiente a cada solución tampón utilizada en los diferentes tratamientos se presentan en la Tabla FTVII.4.

Tabla FTVII.4 Absorbancias medidas de los blancos de las soluciones tampón utilizadas en los diferentes tratamientos

Tratamiento	Día de Almacenamiento	Blanco pH	Repetición	Absorción
1	0	2	1	0,035
2	0	2	2	0,030
3	0	2	3	0,029
4	0	3	1	0,033
5	0	3	2	0,023
6	0	3	3	0,048
7	0	4	1	0,027
8	0	4	2	0,032
9	0	4	3	0,038
10	0	5	1	0,032
11	0	5	2	0,024
12	0	5	3	0,038
13	0	6	1	0,024
14	0	6	2	0,028
15	0	6	3	0,031
1	2	2	1	0,014
2	2	2	2	0,015
3	2	2	3	0,017
4	2	3	1	0,004
5	2	3	2	0,000
6	2	3	3	0,000
7	2	4	1	0,042
8	2	4	2	0,032
9	2	4	3	0,015
10	2	5	1	0,000
11	2	5	2	0,011
12	2	5	3	0,007
13	2	6	1	0,006
14	2	6	2	0,019
15	2	6	3	0,005
1	4	2	1	0,021
2	4	2	2	0,012
3	4	2	3	0,006

Tabla FTVII.4 Absorbancias medidas de los blancos de las soluciones tampón utilizadas en los diferentes tratamientos (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	Blanco pH	Repetición	Absorción
4	4	3	1	0,098
5	4	3	2	0,070
6	4	3	3	0,034
7	4	4	1	0,004
8	4	4	2	0,013
9	4	4	3	0,011
10	4	5	1	0,007
11	4	5	2	0,011
12	4	5	3	0,007
13	4	6	1	0,000
14	4	6	2	0,012
15	4	6	3	0,003
1	6	2	1	0,014
2	6	2	2	0,015
3	6	2	3	0,017
4	6	3	1	0,004
5	6	3	2	0,000
6	6	3	3	0,004
7	6	4	1	0,042
8	6	4	2	0,032
9	6	4	3	0,015
10	6	5	1	0,000
11	6	5	2	0,011
12	6	5	3	0,007
13	6	6	1	0,006
14	6	6	2	0,019
15	6	6	3	0,005
1	8	2	1	0,020
2	8	2	2	0,016
3	8	2	3	0,016
4	8	3	1	0,029
5	8	3	2	0,022
6	8	3	3	0,027

Tabla FTVII.4 Absorbancias medidas de los blancos de las soluciones tampón utilizadas en los diferentes tratamientos (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	Blanco pH	Repetición	Absorción
7	8	4	1	0,018
8	8	4	2	0,026
9	8	4	3	0,025
10	8	5	1	0,036
11	8	5	2	0,027
12	8	5	3	0,019
13	8	6	1	0,021
14	8	6	2	0,022
15	8	6	3	0,019

Ejemplo de cálculo:

- Las concentraciones de compuestos fenólicos totales en las diferentes muestras se calcularon a partir de la Ecuación FTI.1 de la recta obtenida en la Figura FTI.1 de la FTI:

$$x = \frac{\left(\frac{y + 0,0345}{0,00647} \right) \times fd \times V}{p_{e.l.}} \quad \text{[FTI. 1]}$$

Donde:

x : concentración de compuestos fenólicos totales en la muestra (mg de compuestos fenólicos/g de extracto liofilizado)

y : absorbancia de la muestra= abs medida de la muestra-abs de su blanco correspondiente

fd : factor de dilución

V : volumen de alginato (L)

$p_{e.l.}$: peso de extracto de compuestos fenólicos liofilizado (g)

Ejemplo de cálculo para la muestra antes de ultraturrax, repetición M1.1, Tabla FTVII.3:

$$x = \frac{\left(\frac{0,035 + 0,0345}{0,00647}\right) \times 0,01 \times 0,000363}{0,00186}$$

$x = 0,02$ mg de compuestos fenólicos/g de extracto liofilizado

Ejemplo de cálculo para la muestra después de ultraturrax, repetición M'1.1, Tabla FTVII.3:

$$x = \frac{\left(\frac{0,041 + 0,0345}{0,00647}\right) \times 0,09 \times 0,0404}{0,00186}$$

$x = 22,99$ mg/g (mg de compuestos fenólicos/g de extracto liofilizado)

En la Tabla FTVII.5 se detallan los porcentajes de compuestos fenólicos totales que se mantuvieron dentro de las cápsulas y que se degradaron para cada solución tampón cada 2 días de almacenamiento durante 8 días.

Tabla FTVII.5 Porcentaje de compuestos fenólicos encapsulados y degradados en las soluciones tampón con las cápsulas

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Compuestos fenólicos liberados (mg/g)	Compuestos fenólicos encapsulados (mg/g)	Compuestos fenólicos encapsulados (%)	Promedio Compuestos fenólicos encapsulados (%)	Desviación estándar	Compuestos fenólicos degradados (%)	Promedio Compuestos fenólicos degradados (%)	Desviación estándar
1	0	2	0,02	24,90	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0	2	0,02	23,56	100,00			0,00		
3	0	2	0,02	24,55	100,00			0,00		
4	0	3	0,02	28,43	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0	3	0,02	26,95	100,00			0,00		
6	0	3	0,01	23,18	100,00			0,00		
7	0	4	0,02	26,86	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0	4	0,02	25,85	100,00			0,00		
9	0	4	0,01	23,41	100,00			0,00		
10	0	5	0,02	23,07	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0	5	0,02	25,78	100,00			0,00		
12	0	5	0,01	23,60	100,00			0,00		
13	0	6	0,02	25,63	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0	6	0,02	24,34	100,00			0,00		
15	0	6	0,01	22,68	100,00			0,00		
1	2	2	0,01	22,15	91,01	91,49	3,62	9,02	8,54	3,62
2	2	2	0,01	21,45	88,13			11,89		
3	2	2	0,01	23,20	95,32			4,70		

Tabla FTVII.5 Porcentaje de compuestos fenólicos encapsulados y degradados en las soluciones tampón con las cápsulas (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Compuestos fenólicos liberados (mg/g)	Compuestos fenólicos encapsulados (mg/g)	Compuestos fenólicos encapsulados (%)	Promedio Compuestos fenólicos encapsulados (%)	Desviación estándar	Compuestos fenólicos degradados (%)	Promedio Compuestos fenólicos degradados (%)	Desviación estándar
4	2	3	0,03	25,07	95,73	90,79	8,31	4,23	9,18	8,33
5	2	3	0,03	25,00	95,45			4,51		
6	2	3	0,02	21,26	81,20			18,80		
7	2	4	0,01	23,50	92,61	89,02	5,72	7,41	10,99	5,70
8	2	4	0,01	23,35	92,01			8,00		
9	2	4	0,02	20,91	82,43			17,56		
10	2	5	0,01	21,19	87,74	90,06	2,87	12,28	9,90	3,16
11	2	5	0,01	22,53	93,28			6,32		
12	2	5	0,01	21,54	89,17			11,10		
13	2	6	0,01	23,02	95,09	88,52	6,87	4,94	11,50	6,86
14	2	6	0,01	21,57	89,08			10,94		
15	2	6	0,01	19,71	81,38			18,63		
1	4	2	0,01	20,85	85,67	86,47	2,13	14,35	13,53	2,14
2	4	2	0,02	20,65	84,86			15,14		
3	4	2	0,02	21,63	88,89			11,11		
4	4	3	0,02	24,12	92,11	84,29	9,49	7,89	15,66	9,48
5	4	3	0,04	22,79	87,03			12,88		
6	4	3	0,03	19,31	73,74			26,22		

Tabla FTVII.5 Porcentaje de compuestos fenólicos encapsulados y degradados en las soluciones tampón con las cápsulas (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Compuestos fenólicos liberados (mg/g)	Compuestos fenólicos encapsulados (mg/g)	Compuestos fenólicos encapsulados (%)	Promedio Compuestos fenólicos encapsulados (%)	Desviación estándar	Compuestos fenólicos degradados (%)	Promedio Compuestos fenólicos degradados (%)	Desviación estándar
7	4	4	0,01	20,66	81,42	76,54	5,35	18,58	23,46	5,35
8	4	4	0,01	19,63	77,37			22,62		
9	4	4	0,01	17,97	70,82			29,18		
10	4	5	0,02	18,24	75,52	76,63	0,97	24,45	23,04	1,52
11	4	5	0,02	18,62	77,11			21,43		
12	4	5	0,02	18,66	77,27			23,25		
13	4	6	0,02	18,93	78,19	76,41	3,20	21,78	23,58	3,20
14	4	6	0,02	18,96	78,31			21,68		
15	4	6	0,02	17,61	72,71			27,27		
1	6	2	0,01	19,68	80,88	78,18	4,02	19,14	21,84	4,03
2	6	2	0,01	19,49	80,10			19,92		
3	6	2	0,01	17,90	73,56			26,47		
4	6	3	0,22	23,32	89,05	80,15	9,21	10,19	19,08	9,19
5	6	3	0,21	21,15	80,75			18,51		
6	6	3	0,22	18,50	70,66			28,54		
7	6	4	0,01	19,05	75,07	71,90	4,19	24,95	28,11	4,17
8	6	4	0,01	18,64	73,48			26,53		
9	6	4	0,02	17,04	67,14			32,84		

Tabla FTVII.5 Porcentaje de compuestos fenólicos encapsulados y degradados en las soluciones tampón con las cápsulas (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Compuestos fenólicos liberados (mg/g)	Compuestos fenólicos encapsulados (mg/g)	Compuestos fenólicos encapsulados (%)	Promedio Compuestos fenólicos encapsulados (%)	Desviación estándar	Compuestos fenólicos degradados (%)	Promedio Compuestos fenólicos degradados (%)	Desviación estándar
10	6	5	0,26	17,44	72,22	72,71	0,52	26,76	25,94	1,11
11	6	5	0,25	17,55	72,66			24,68		
12	6	5	0,25	17,69	73,26			26,37		
13	6	6	0,26	17,97	74,22	72,04	4,26	24,76	26,97	4,28
14	6	6	0,25	18,10	74,76			24,24		
15	6	6	0,25	16,25	67,12			31,90		
1	8	2	0,02	18,25	74,99	72,72	2,22	24,98	27,24	2,21
2	8	2	0,03	17,67	72,63			27,33		
3	8	2	0,02	17,17	70,55			29,41		
4	8	3	0,25	19,14	73,07	71,32	4,65	26,03	27,78	4,63
5	8	3	0,25	19,60	74,85			24,27		
6	8	3	0,25	17,30	66,06			33,03		
7	8	4	0,03	16,97	66,90	62,72	4,04	33,04	37,22	4,04
8	8	4	0,03	15,84	62,42			37,52		
9	8	4	0,03	14,93	58,83			41,11		
10	8	5	0,25	13,07	54,12	57,99	3,46	44,91	40,54	3,87
11	8	5	0,23	14,26	59,04			37,52		
12	8	5	0,23	14,68	60,80			39,21		

Tabla FTVII.5 Porcentaje de compuestos fenólicos encapsulados y degradados en las soluciones tampón con las cápsulas (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Compuestos fenólicos liberados (mg/g)	Compuestos fenólicos encapsulados (mg/g)	Compuestos fenólicos encapsulados (%)	Promedio Compuestos fenólicos encapsulados (%)	Desviación estándar	Compuestos fenólicos degradados (%)	Promedio Compuestos fenólicos degradados (%)	Desviación estándar
13	8	6	0,25	16,42	67,81	65,63	3,46	31,23	33,45	3,49
14	8	6	0,23	16,33	67,44			31,66		
15	8	6	0,23	14,93	61,64			37,47		

Ejemplo de cálculo:

- El porcentaje de compuestos fenólicos encapsulados a partir del día 2 se calculó a partir de la Ecuación FTVII.3:

$$\% \text{ Comp fen encapsulados}_{(t)} = \frac{a_{(t)}}{a_{t=0}} \times 100 \quad [\text{FTVII. 3}]$$

Donde:

a : compuestos fenólicos encapsulados (mg/g de extracto liofilizado)

t : tiempo de almacenamiento (día)

\bar{a} : promedio de compuestos fenólicos encapsulados al tiempo 0 (mg/g de extracto liofilizado)

Ejemplo de cálculo tratamiento 1 día 2, Tabla FTVII.4:

$$\% \text{ Comp fen encapsulados}_{(2)} = \frac{22,15}{\frac{24,90 + 23,56 + 24,55}{3}} \times 100$$

$$\% \text{ Comp fen encapsulados}_{(2)} = 91,01$$

- El porcentaje de compuestos fenólicos degradados a partir del día 2 se calculó a partir de la Ecuación FTVII.4:

$$\% \text{ Comp fen degradados}_{(t)} = \frac{(\bar{a} + \bar{b})_{t=0} - (a + b)_t}{(\bar{a} + \bar{b})_{t=0}} \times 100 \quad [\text{FTVII. 4}]$$

Donde:

a : compuestos fenólicos encapsulados (mg/g de extracto liofilizado)

b : compuestos fenólicos liberados (mg/g de extracto liofilizado)

t : tiempo de almacenamiento (día)

\bar{a} : promedio de compuestos fenólicos encapsulados o liberados (mg/g de extracto liofilizado)

Ejemplo de cálculo tratamiento 1 día 2, Tabla FTVII.5:

$$\% \text{ Comp fen degradados}_{(2)} = \frac{\left(\frac{24,90 + 23,56 + 24,55}{3} + \frac{0,02 + 0,02 + 0,02}{3}\right) - (22,15 + 0,01)}{\left(\frac{24,90 + 23,56 + 24,55}{3} + \frac{0,02 + 0,02 + 0,02}{3}\right)} \times 100$$

$$\% \text{ Comp fen encapsulados}_{(2)} = 9,02$$

En la Tabla FTVII.6 se muestran los porcentajes de compuestos fenólicos totales que se degradaron para cada solución tampón con polifenoles no encapsulados cada 2 días de almacenamiento durante 8 días.

Tabla FTVII.6 Porcentaje de compuestos fenólicos degradados en las soluciones tampón con polifenoles no encapsulados

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Compuestos fenólicos no encapsulados (mg/g)	Polifenoles degradados no encapsulados (%)	Promedio Polifenoles degradados no encapsulados (%)	Desviación estándar
1	0	2	28,09	0,00	0,00	0,00
2	0	2	25,39	0,00		
3	0	2	27,11	0,00		
4	0	3	25,20	0,00	0,00	0,00
5	0	3	26,89	0,00		
6	0	3	26,41	0,00		
7	0	4	25,97	0,00	0,00	0,00
8	0	4	26,99	0,00		
9	0	4	26,73	0,00		
10	0	5	28,40	0,00	0,00	0,00
11	0	5	26,82	0,00		
12	0	5	25,50	0,00		
13	0	6	25,86	0,00	0,00	0,00
14	0	6	27,54	0,00		
15	0	6	25,38	0,00		
1	2	2	26,86	0,00	6,70	7,02
2	2	2	23,10	14,00		
3	2	2	25,23	6,09		
4	2	3	22,47	14,13	11,37	2,62
5	2	3	23,84	8,91		
6	2	3	23,27	11,06		
7	2	4	22,21	16,37	11,56	4,32
8	2	4	23,83	10,27		
9	2	4	24,43	8,03		

Tabla FTVII.6 Porcentaje de compuestos fenólicos degradados en las soluciones tampón con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Compuestos fenólicos no encapsulados (mg/g)	Polifenoles degradados no encapsulados (%)	Promedio Polifenoles degradados no encapsulados (%)	Desviación estándar
10	2	5	25,76	4,26	10,37	5,77
11	2	5	23,91	11,13		
12	2	5	22,68	15,71		
13	2	6	22,17	15,57	11,91	5,32
14	2	6	24,74	5,80		
15	2	6	22,49	14,35		
1	4	2	24,17	10,05	17,35	6,44
2	4	2	20,89	22,22		
3	4	2	21,55	19,79		
4	4	3	20,38	22,12	19,66	2,46
5	4	3	21,67	17,20		
6	4	3	21,02	19,66		
7	4	4	18,04	32,10	24,93	6,31
8	4	4	21,19	20,22		
9	4	4	20,59	22,47		
10	4	5	22,77	15,38	23,02	8,44
11	4	5	21,09	21,60		
12	4	5	18,27	32,08		
13	4	6	19,53	25,65	24,12	2,14
14	4	6	20,57	21,68		
15	4	6	19,69	25,04		
1	6	2	17,87	33,49	35,92	2,60
2	6	2	16,48	38,66		
3	6	2	17,30	35,62		
4	6	3	17,49	33,18	34,41	1,23
5	6	3	17,16	34,41		
6	6	3	16,84	35,64		
7	6	4	17,61	33,71	33,92	0,67
8	6	4	17,35	34,67		
9	6	4	17,69	33,39		

Tabla FTVII.6 Porcentaje de compuestos fenólicos degradados en las soluciones tampón con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	pH	Compuestos fenólicos no encapsulados (mg/g)	Polifenoles degradados no encapsulados (%)	Promedio Polifenoles degradados no encapsulados (%)	Desviación estándar
10	6	5	12,46	53,68	53,57	0,19
11	6	5	12,46	53,68		
12	6	5	12,55	53,36		
13	6	6	11,75	55,27	54,96	0,31
14	6	6	11,91	54,66		
15	6	6	11,83	54,96		
1	8	2	13,37	50,23	47,89	2,62
2	8	2	13,86	48,40		
3	8	2	14,76	45,05		
4	8	3	13,47	48,54	48,75	0,18
5	8	3	13,39	48,85		
6	8	3	13,39	48,85		
7	8	4	11,73	55,86	56,39	1,22
8	8	4	11,21	57,78		
9	8	4	11,81	55,54		
10	8	5	7,97	70,38	69,39	1,70
11	8	5	7,97	70,38		
12	8	5	8,76	67,43		
13	8	6	7,42	71,76	70,33	1,27
14	8	6	7,90	69,92		
15	8	6	8,06	69,31		

Ejemplo de cálculo tratamiento 1 día 2, Tabla FTVII.5:

$$\% \text{ Comp fen degradados}_{(t)} = \frac{\overline{(a+b)}_{t=0} - (a+b)_t}{\overline{(a+b)}_{t=0}} \times 100 \quad [\text{FTVII. 4}]$$

$$\% \text{ Comp fen degradados}_{(2)} = \frac{\left(\frac{28,09 + 25,39 + 27,11}{3}\right) - 26,86}{\left(\frac{28,09 + 25,39 + 27,11}{3}\right)} \times 100$$

$$\% \text{ Comp fen degradados}_{(2)} = 0,00$$

FICHA TÉCNICA VIII

DETERMINACIÓN DEL TRATAMIENTO CON MAYOR ESTABILIDAD DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS ENCAPSULADOS EN LAS SOLUCIONES TAMPÓN DURANTE EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO

Muestra: Compuestos fenólicos totales

Objetivo: Seleccionar el tratamiento con mayor estabilidad de encapsulados de compuestos fenólicos dentro de las soluciones tampón, es decir, que presente un mayor porcentaje de compuestos fenólicos que se mantuvieron en las cápsulas y menor porcentaje de compuestos fenólicos degradados durante el tiempo de almacenamiento.

Desarrollo:

Para evaluar la estabilidad de los compuestos fenólicos encapsulados se calculó el porcentaje de compuestos fenólicos que se mantuvieron en las cápsulas y el porcentaje de compuestos fenólicos degradados en los preparados de soluciones tampón a 5 pH diferentes con 1 % (p/v) de microcápsulas encapsuladas bajo los parámetros del mejor método de encapsulación antes seleccionado (3% sol alginato, 2 500 μm), se almacenaron durante 8 días y se realizaron mediciones cada 2 días. Con estos datos, se utilizó un diseño experimental multifactorial 5x5 con dos réplicas y las variables de respuesta fueron el porcentaje de compuestos fenólicos encapsulados y el porcentaje de compuestos fenólicos degradados, independientemente. A partir de este diseño se realizó una optimización de múltiples respuestas en donde la combinación de niveles de factores maximiza la función de 'deseabilidad' y además muestra la combinación de factores a la cual se alcanza el punto óptimo, el cual maximiza los compuestos fenólicos encapsulados (%) y minimiza los compuestos fenólicos degradados (%). Adicionalmente, con el diseño se realizó un análisis de varianza simple como variable dependiente: %compuestos fenólicos degradados y factor: tiempo de almacenamiento y un análisis multifactorial con factores: tiempo de almacenamiento (días) y pH.

En la Tabla FTVIII.1 se presenta la optimización de múltiples respuestas del diseño factorial multinivel 5×5 realizado mediante el programa Statgraphics XVII.

Tabla FTVIII.1 Optimización de respuestas

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Tiempo de almacenamiento	0,0	8,0	0,0
pH	2,0	6,0	2,0

<i>Respuesta</i>	<i>Óptimo</i>
%Compuestos fenólicos encapsulados	0,71
%Compuestos fenólicos degradados	99,33
Deseabilidad	0,99

En la Figura FTVIII.1 se presenta el Gráfico de Contornos de la Superficie de Respuesta Estimada para la apreciación de los niveles de deseabilidad de los tratamientos de acuerdo al pH de la solución y al día de almacenamiento.

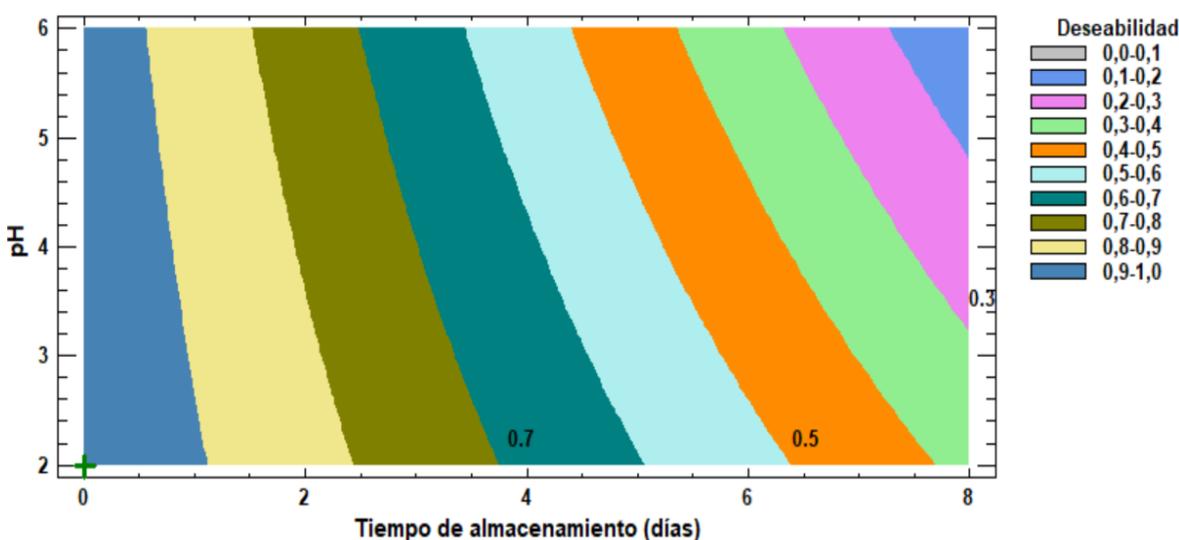


Figura FTVIII.1 Contornos de la Superficie de Respuesta Estimada

En la Tabla FTVIII.2 se muestra el análisis de varianza simple como variable dependiente: compuestos fenólicos degradados (%) y factor: tiempo de almacenamiento (días).

Tabla FTVIII.2 Análisis de Varianza para Compuestos fenólicos degradados (%) por tiempo de almacenamiento

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	9947,16	4	2486,79	91,14	0,0000
Intra grupos	1909,94	70	27,28		
Total (Corr.)	11857,10				
Error total	1498,56	19	78,87		
Total (corr.)	2247,24	23			

En la Tabla FTVIII.3 se muestra el análisis de varianza multifactorial como variable dependiente: compuestos fenólicos degradados (%) y factores: tiempo de almacenamiento (días) y pH.

Tabla FTVIII.3 Análisis de Varianza para Compuestos fenólicos degradados (%) por tiempo de almacenamiento y pH

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tiempo de almacenamiento	9947,16	4	2486,79	118,45	0,0000
B: pH	524,34	4	131,08	6,24	0,0003
RESIDUOS	1385,60	66	20,99		
TOTAL (CORREGIDO)	11857,1	74			

En la Tabla FTVIII.4 se muestran las pruebas de múltiples para determinar diferencias significativas entre estos tratamientos.

Tabla FTVIII.4 Pruebas de múltiples rangos para el tiempo de almacenamiento

<i>Tiempo de almacenamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0	15	0,00	X
2	15	10,02	X
4	15	19,86	X
6	15	24,39	X
8	15	33,25	X

En la Tabla FTVIII.5 se muestran las pruebas de múltiples para determinar diferencias significativas entre estos tratamientos.

Tabla FTVIII.5 Pruebas de múltiples rangos para el pH

<i>Tiempo de almacenamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	15	14,23	X
3	15	14,34	X
6	15	19,10	X
5	15	19,89	X
4	15	19,96	X

FICHA TÉCNICA IX

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE COMPUESTOS FENÓLICOS ENCAPSULADOS Y DEGRADADOS EN UNA BEBIDA COMERCIAL DURANTE EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO

Muestra: Compuestos fenólicos liberados y que se mantuvieron en las cápsulas

Objetivo: Determinar el porcentaje de compuestos fenólicos totales encapsulados (que se mantuvieron dentro de las cápsulas) y el porcentaje de compuestos fenólicos totales degradados durante el tiempo de almacenamiento en una bebida comercial de fruta con compuestos fenólicos encapsulados y sin encapsular (bebida de referencia).

Desarrollo:

En primer lugar, se realizó una encapsulación con el mejor método de encapsulación (concentración de alginato: 3% y diámetro de boquilla: 2 500 μm). A continuación, se prepararon frascos para cada día de muestreo (5 días: 0, 2, 4, 6 y 8) por triplicado, en cada uno se colocaron 40 mL de la bebida comercial de fruta y aproximadamente 1 % (p/v) de microcápsulas, cuyos pesos se detallan en la Tabla FTIX.2. Para la preparación del extracto de referencia se utilizó 120 mL de bebida comercial y 7,07 mg de compuestos fenólicos, valores calculados en la FTVI.

Las mediciones de las absorbancias se realizaron en los frascos correspondientes al día de medición, desde el día 0, se midieron las absorbancias de los frascos por triplicado del extracto de referencia, del blanco (únicamente bebida comercial), de la bebida comercial alrededor de las cápsulas y finalmente de la bebida comercial centrifugada con las cápsulas destruidas mediante un homogeneizador tipo ultraturrax que corresponden a los compuestos fenólicos totales que se mantuvieron dentro de las cápsulas. Para los cálculos con los valores de absorbancia se utilizó la ecuación obtenida mediante la curva de absorbancia realizada anteriormente que se observa en la Figura FTI.1. Además, se calculó el volumen de las cápsulas agregadas en cada frasco y la cantidad de compuestos fenólicos que contienen las mismas, datos requeridos para el cálculo de la concentración de compuestos fenólicos totales de cada frasco. Finalmente, con los datos obtenidos se calcularon los porcentajes de compuestos fenólicos que se mantuvieron encapsulados durante el tiempo de

almacenamiento en la bebida de fruta, y además los porcentajes de compuestos fenólicos que se degradaron tanto en la bebida comercial con las cápsulas como con los polifenoles sin encapsular (referencia).

En la Tabla FTIX.1 se detallan la cantidad de compuestos fenólicos liofilizados y solución de alginato (3 %) utilizados para la encapsulación, así como el peso de las microcápsulas obtenidas y su densidad.

Tabla FTIX.1 Parámetros de encapsulación

Nº	Extracto liofilizado (mg)	Volumen solución alginato 3% (mL)	Peso microcápsulas obtenidas (g)	Densidad microcápsulas (g/mL)
1	50,66	10	9,5239	0,95

Ejemplo de cálculo:

La densidad de las microcápsulas obtenidas se calculó con la Ecuación de la FTV:

$$Densidad\ microcápsulas_x = \frac{p_{mx}}{V_{ax}} \quad [FTV. 1]$$

$$Densidad\ microcápsulas = \frac{9,5239}{10}$$

$$Densidad\ microcápsulas = 0,95\ g/mL$$

En la Tabla FTIX.2 se muestran la cantidad de cápsulas que se pesaron y fueron agregadas en cada frasco de bebida comercial para cada día de medición por triplicado.

Tabla FTIX.2 Pesos (g) de las microcápsulas agregadas en cada frasco de bebida comercial

Repetición	Tiempo de almacenamiento (días)				
	0	2	4	6	8
1	0,41167	0,40404	0,40543	0,41384	0,42169
2	0,40534	0,40077	0,39977	0,40912	0,41632
3	0,40947	0,41008	0,40753	0,41000	0,41192

En la Tabla FTIX.3 se muestran los volúmenes de las microcápsulas agregadas en cada frasco para cada día de almacenamiento.

Tabla FTIX.3 Volúmenes (mL) de las microcápsulas agregadas en cada frasco de bebida comercial

Repetición	Tiempo de almacenamiento (días)				
	0	2	4	6	8
1	0,43	0,42	0,43	0,44	0,44
2	0,43	0,42	0,42	0,43	0,44
3	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43

Ejemplo de cálculo:

- Los volúmenes de las microcápsulas agregadas en los diferentes frascos se calcularon a partir de la ecuación del FTVII:

$$V_m = \frac{p_m}{\rho_{mx}} \quad \text{[FTVII. 1]}$$

Donde:

V_m : Volumen de las microcápsulas agregadas en un frasco (mL)

p_m : peso de las microcápsulas agregadas en un frasco(g)

ρ_{mx} : densidad de las microcápsulas obtenidas en la encapsulación x (g/mL)

Ejemplo de cálculo para las microcápsulas que fueron agregadas en el frasco del día 0, repetición 1:

$$V_m = \frac{0,41167}{0,95}$$

$$V_m = 0,43 \text{ mL}$$

En la Tabla FTIX.4 se indican los pesos de los compuestos fenólicos que contienen las microcápsulas agregadas en cada frasco para cada día de almacenamiento.

Tabla FTIX.4 Pesos (mg) de compuestos fenólicos que contienen las microcápsulas agregadas en cada frasco de bebida comercial

Repetición	Tiempo de almacenamiento (días)				
	0	2	4	6	8
1	2,19	2,15	2,16	2,20	2,24
2	2,16	2,13	2,13	2,18	2,21
3	2,18	2,18	2,17	2,18	2,19

Ejemplo de cálculo:

- La cantidad de compuestos fenólicos que contienen las microcápsulas agregadas en los diferentes frascos se calcularon a partir de la Ecuación de la FTVII de la FTVII:

$$p_{cf} = p_m \times \frac{p_{cfx}}{p_{mx}} \quad [\text{FTVII. 2}]$$

Donde:

p_{cf} : peso de los compuestos fenólicos que contienen las microcápsulas agregadas en un frasco (mg)

p_m : peso de las microcápsulas agregadas en un frasco (g)

p_{cfx} : peso de compuestos fenólicos que contienen las microcápsulas obtenidas en la encapsulación x (mg)

p_{mx} : peso de las microcápsulas obtenidas en la encapsulación (g)

Ejemplo de cálculo para las microcápsulas agregadas en el frasco día 0, repetición 1:

$$p_{cf} = 0,41167 \times \frac{50,66}{9,5239}$$

$$p_{cf} = 2,19 \text{ mg}$$

Las absorbancias medidas en la bebida comercial antes del homogeneizador tipo ultraturrax correspondiente a los compuestos fenólicos liberados, en la bebida comercial después del homogeneizador tipo ultraturrax correspondiente a los compuestos fenólicos que se mantuvieron encapsulados y en la bebida comercial con los compuestos fenólicos sin encapsular (referencia) durante el tiempo de almacenamiento se presentan en la Tabla FTIX.5.

Tabla FTIX.5 Absorbancias medidas y contenido de compuestos fenólicos totales en la bebida comercial con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados

Tratamiento	Día de Almacenamiento	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{ef} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
1	0	Antes de ultraturrax	M1.1	0,002	0,00043	0,00219	0,0100	0,01	0,01	0,00
	0		M1.2	0,001	0,00043	0,00219	0,0100	0,01		
	0		M1.3	0,002	0,00043	0,00219	0,0100	0,01		
1	0	Después de ultraturrax	M'1.1	0,105	0,04043	0,00219	0,0900	36,19	33,08	2,99
	0		M'1.2	0,082	0,04043	0,00219	0,0900	30,22		
	0		M'1.3	0,092	0,04043	0,00219	0,0900	32,82		
2	0	Antes de ultraturrax	M2.1	0,001	0,00043	0,00216	0,0100	0,01	0,01	0,00
	0		M2.2	0,002	0,00043	0,00216	0,0100	0,01		
	0		M2.3	0,001	0,00043	0,00216	0,0100	0,01		
2	0	Después de ultraturrax	M'2.1	0,102	0,04043	0,00216	0,0900	35,96	36,57	1,54
	0		M'2.2	0,111	0,04043	0,00216	0,0900	38,33		
	0		M'2.3	0,100	0,04043	0,00216	0,0900	35,43		
3	0	Antes de ultraturrax	M3.1	0,002	0,00043	0,00218	0,0100	0,01	0,01	0,00
	0		M3.2	0,001	0,00043	0,00218	0,0100	0,01		
	0		M3.3	0,001	0,00043	0,00218	0,0100	0,01		
3	0	Después de ultraturrax	M'3.1	0,101	0,04043	0,00218	0,0900	35,34	38,82	3,98
	0		M'3.2	0,111	0,04043	0,00218	0,0900	37,95		
	0		M'3.3	0,131	0,04043	0,00218	0,0900	43,16		

Tabla FTIX.5 Absorbancias medidas y contenido de compuestos fenólicos totales en la bebida comercial con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{ef} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
1	0	Referencia	E1.1	1,634	0,00040	0,00236	0,0100	43,34	42,47	1,08
	0		E1.2	1,614	0,00040	0,00236	0,0100	42,82		
	0		E1.3	1,554	0,00040	0,00236	0,0100	41,26		
2	0	Referencia	E2.1	1,673	0,04000	0,00236	0,0100	44,35	44,28	3,17
	0		E2.2	1,791	0,04000	0,00236	0,0100	47,42		
	0		E2.3	1,547	0,04000	0,00236	0,0100	41,08		
3	0	Referencia	E3.1	1,600	0,04000	0,00236	0,0100	42,45	42,85	1,95
	0		E3.2	1,697	0,04000	0,00236	0,0100	44,97		
	0		E3.3	1,549	0,04000	0,00236	0,0100	41,13		
1	2	Antes de ultraturrax	M1.1	0,054	0,00042	0,00219	0,0100	0,03	0,04	0,01
	2		M1.2	0,089	0,00042	0,00219	0,0100	0,04		
	2		M1.3	0,148	0,00042	0,00219	0,0100	0,06		
1	2	Después de ultraturrax	M'1.1	0,091	0,04042	0,00219	0,0900	32,55	29,09	3,50
	2		M'1.2	0,064	0,04042	0,00219	0,0900	25,55		
	2		M'1.3	0,078	0,04042	0,00219	0,0900	29,18		
2	2	Antes de ultraturrax	M2.1	0,088	0,00042	0,00216	0,0100	0,04	0,05	0,01
	2		M2.2	0,115	0,00042	0,00216	0,0100	0,05		
	2		M2.3	0,153	0,00042	0,00216	0,0100	0,06		

Tabla FTIX.5 Absorbancias medidas y contenido de compuestos fenólicos totales en la bebida comercial con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{ef} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
2	2	Después de ultraturrax	M'2.1	0,079	0,04042	0,00216	0,0900	29,90	31,04	1,06
	2		M'2.2	0,087	0,04042	0,00216	0,0900	32,00		
	2		M'2.3	0,084	0,04042	0,00216	0,0900	31,21		
3	2	Antes de ultraturrax	M3.1	0,058	0,00043	0,00218	0,0100	0,03	0,03	0,01
	2		M3.2	0,041	0,00043	0,00218	0,0100	0,02		
	2		M3.3	0,119	0,00043	0,00218	0,0100	0,05		
3	2	Después de ultraturrax	M'3.1	0,077	0,04043	0,00218	0,0900	29,08	30,99	3,31
	2		M'3.2	0,077	0,04043	0,00218	0,0900	29,08		
	2		M'3.3	0,099	0,04043	0,00218	0,0900	34,82		
1	2	Referencia	E1.1	1,534	0,04000	0,00236	0,0100	40,74	41,02	3,13
	2		E1.2	1,430	0,04000	0,00236	0,0100	38,04		
	2		E1.3	1,670	0,04000	0,00236	0,0100	44,27		
2	2	Referencia	E2.1	1,617	0,04000	0,00236	0,0100	42,90	42,60	1,10
	2		E2.2	1,559	0,04000	0,00236	0,0100	41,39		
	2		E2.3	1,641	0,04000	0,00236	0,0100	43,52		
3	2	Referencia	E3.1	1,672	0,04000	0,00236	0,0100	44,32	40,95	5,47
	2		E3.2	1,655	0,04000	0,00236	0,0100	43,88		
	2		E3.3	1,299	0,04000	0,00236	0,0100	34,64		

Tabla FTIX.5 Absorbancias medidas y contenido de compuestos fenólicos totales en la bebida comercial con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{ef} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
1	4	Antes de ultraturrax	M1.1	0,011	0,00043	0,00219	0,0100	0,01	0,02	0,00
	4		M1.2	0,027	0,00043	0,00219	0,0100	0,02		
	4		M1.3	0,015	0,00043	0,00219	0,0100	0,02		
1	4	Después de ultraturrax	M'1.1	0,054	0,04043	0,00219	0,0900	22,96	23,30	1,08
	4		M'1.2	0,060	0,04043	0,00219	0,0900	24,51		
	4		M'1.3	0,052	0,04043	0,00219	0,0900	22,44		
2	4	Antes de ultraturrax	M2.1	0,023	0,00042	0,00216	0,0100	0,02	0,02	0,00
	4		M2.2	0,026	0,00042	0,00216	0,0100	0,02		
	4		M2.3	0,015	0,00042	0,00216	0,0100	0,02		
2	4	Después de ultraturrax	M'2.1	0,063	0,04042	0,00216	0,0900	25,68	26,47	2,34
	4		M'2.2	0,076	0,04042	0,00216	0,0900	29,11		
	4		M'2.3	0,059	0,04042	0,00216	0,0900	24,63		
3	4	Antes de ultraturrax	M3.1	0,016	0,00043	0,00218	0,0100	0,02	0,01	0,00
	4		M3.2	0,009	0,00043	0,00218	0,0100	0,01		
	4		M3.3	0,009	0,00043	0,00218	0,0100	0,01		
3	4	Después de ultraturrax	M'3.1	0,041	0,04043	0,00218	0,0900	19,69	24,13	4,31
	4		M'3.2	0,059	0,04043	0,00218	0,0900	24,39		
	4		M'3.3	0,074	0,04043	0,00218	0,0900	28,30		

Tabla FTIX.5 Absorbancias medidas y contenido de compuestos fenólicos totales en la bebida comercial con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{ef} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
1	4	Referencia	E1.1	1,253	0,04000	0,00236	0,0099	33,44	34,12	0,87
	4		E1.2	1,317	0,04000	0,00236	0,0099	35,10		
	4		E1.3	1,267	0,04000	0,00236	0,0099	33,80		
2	4	Referencia	E2.1	1,306	0,04000	0,00236	0,0099	34,82	37,02	2,09
	4		E2.2	1,466	0,04000	0,00236	0,0099	38,97		
	4		E2.3	1,400	0,04000	0,00236	0,0099	37,26		
3	4	Referencia	E3.1	1,431	0,04000	0,00236	0,0099	38,06	36,90	2,15
	4		E3.2	1,437	0,04000	0,00236	0,0099	38,22		
	4		E3.3	1,291	0,04000	0,00236	0,0099	34,43		
1	6	Antes de ultraturrax	M1.1	0,216	0,00043	0,00219	0,0110	0,08	0,08	0,00
	6		M1.2	0,220	0,00043	0,00219	0,0110	0,08		
	6		M1.3	0,219	0,00043	0,00219	0,0110	0,08		
1	6	Después de ultraturrax	M'1.1	0,065	0,04043	0,00219	0,0900	25,82	22,53	3,52
	6		M'1.2	0,038	0,04043	0,00219	0,0900	18,81		
	6		M'1.3	0,054	0,04043	0,00219	0,0900	22,96		
2	6	Antes de ultraturrax	M2.1	0,220	0,00043	0,00216	0,0110	0,08	0,08	0,00
	6		M2.2	0,217	0,00043	0,00216	0,0110	0,08		
	6		M2.3	0,220	0,00043	0,00216	0,0110	0,08		

Tabla FTIX.5 Absorbancias medidas y contenido de compuestos fenólicos totales en la bebida comercial con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{ef} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
2	6	Después de ultraturrax	M'2.1	0,065	0,04043	0,00216	0,0900	26,22	24,81	1,99
	6		M'2.2	0,063	0,04043	0,00216	0,0900	25,69		
	6		M'2.3	0,051	0,04043	0,00216	0,0900	22,53		
3	6	Antes de ultraturrax	M3.1	0,217	0,00043	0,00218	0,0110	0,08	0,08	0,00
	6		M3.2	0,220	0,00043	0,00218	0,0110	0,08		
	6		M3.3	0,222	0,00043	0,00218	0,0110	0,08		
3	6	Después de ultraturrax	M'3.1	0,048	0,04043	0,00218	0,0900	21,52	23,86	3,01
	6		M'3.2	0,053	0,04043	0,00218	0,0900	22,82		
	6		M'3.3	0,070	0,04043	0,00218	0,0900	27,26		
1	6	Referencia	E1.1	1,106	0,04000	0,00236	0,0099	29,62	31,69	3,08
	6		E1.2	1,322	0,04000	0,00236	0,0099	35,23		
	6		E1.3	1,129	0,04000	0,00236	0,0099	30,22		
2	6	Referencia	E2.1	1,140	0,04000	0,00236	0,0099	30,51	32,50	3,12
	6		E2.2	1,355	0,04000	0,00236	0,0099	36,09		
	6		E2.3	1,155	0,04000	0,00236	0,0099	30,90		
3	6	Referencia	E3.1	1,132	0,04000	0,00236	0,0099	30,30	32,35	3,18
	6		E3.2	1,352	0,04000	0,00236	0,0099	36,01		
	6		E3.3	1,149	0,04000	0,00236	0,0099	30,74		

Tabla FTIX.5 Absorbancias medidas y contenido de compuestos fenólicos totales en la bebida comercial con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{ef} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
1	8	Antes de ultraturrax	M1.1	0,325	0,00044	0,00219	0,0110	0,12	0,12	0,00
	8		M1.2	0,335	0,00044	0,00219	0,0110	0,13		
	8		M1.3	0,328	0,00044	0,00219	0,0110	0,12		
1	8	Después de ultraturrax	M'1.1	0,058	0,04044	0,00219	0,0910	24,00	20,54	3,65
	8		M'1.2	0,030	0,04044	0,00219	0,0910	16,74		
	8		M'1.3	0,046	0,04044	0,00219	0,0910	20,89		
2	8	Antes de ultraturrax	M2.1	0,327	0,00044	0,00216	0,0110	0,12	0,12	0,00
	8		M2.2	0,327	0,00044	0,00216	0,0110	0,12		
	8		M2.3	0,334	0,00044	0,00216	0,0110	0,12		
2	8	Después de ultraturrax	M'2.1	0,054	0,04044	0,00216	0,0910	23,32	22,79	1,65
	8		M'2.2	0,057	0,04044	0,00216	0,0910	24,11		
	8		M'2.3	0,045	0,04044	0,00216	0,0910	20,95		
3	8	Antes de ultraturrax	M3.1	0,324	0,00043	0,00218	0,0110	0,12	0,12	0,00
	8		M3.2	0,326	0,00043	0,00218	0,0110	0,12		
	8		M3.3	0,331	0,00043	0,00218	0,0110	0,12		
3	8	Después de ultraturrax	M'3.1	0,037	0,04043	0,00218	0,0910	18,65	20,39	2,17
	8		M'3.2	0,041	0,04043	0,00218	0,0910	19,69		
	8		M'3.3	0,053	0,04043	0,00218	0,0910	22,82		

Tabla FTIX.5 Absorbancias medidas y contenido de compuestos fenólicos totales en la bebida comercial con las cápsulas y con polifenoles no encapsulados (**continuación...**)

Tratamiento	Día de Almacenamiento	Muestra	Repetición	Absorbancia	V _m (L)	p _{ef} (g)	fd	Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Promedio Concentración compuestos fenólicos (mg/g)	Desviación estándar
1	8	Referencia	E1.1	0,689	0,04000	0,00236	0,0099	18,79	20,18	1,47
	8		E1.2	0,736	0,04000	0,00236	0,0099	20,01		
	8		E1.3	0,802	0,04000	0,00236	0,0099	21,73		
2	8	Referencia	E2.1	0,784	0,04000	0,00236	0,0099	21,26	22,40	1,12
	8		E2.2	0,830	0,04000	0,00236	0,0099	22,45		
	8		E2.3	0,870	0,04000	0,00236	0,0099	23,49		
3	8	Referencia	E3.1	0,837	0,04000	0,00236	0,0099	22,64	18,64	3,46
	8		E3.2	0,599	0,04000	0,00236	0,0099	16,45		
	8		E3.3	0,614	0,04000	0,00236	0,0099	16,84		

Las medidas de absorbancia de cada blanco correspondiente a la bebida comercial utilizada en las diferentes repeticiones durante el tiempo de almacenamiento se presentan en la Tabla FTIX.6.

Tabla FTIX.6 Absorbancias medidas de los blancos de la bebida comercial utilizada durante el tiempo de almacenamiento

Repetición	Día de Almacenamiento	Absorción
1	0	0,0590
2	0	0,0594
3	0	0,6010
1	2	0,5050
2	2	0,4790
3	2	0,4860
1	4	0,5050
2	4	0,4790
3	4	0,4860
1	6	0,5050
2	6	0,4790
3	6	0,4860
1	8	0,5050
2	8	0,4790
3	8	0,4860

Ejemplo de cálculo:

- Las concentraciones de compuestos fenólicos totales en las diferentes muestras se calcularon a partir de la Ecuación FTI.1 de la FTI:

$$x = \frac{\left(\frac{y + 0,0345}{0,00647} \right) \times fd \times V}{p_{e.l.}} \quad [\text{FTI. 1}]$$

Donde:

x : concentración de compuestos fenólicos totales en la muestra (mg de compuestos fenólicos/g de extracto liofilizado)

y : absorbancia de la muestra= abs medida de la muestra-abs de su blanco correspondiente

fd : factor de dilución

V : volumen de alginato (L)

$p_{e.l.}$: peso de extracto de compuestos fenólicos liofilizado (g)

Ejemplo de cálculo para la muestra antes de ultraturrax, repetición M1.1, Tabla FTIX.5:

$$x = \frac{\left(\frac{0,002 + 0,0345}{0,00647}\right) \times 0,01 \times 0,00043}{0,00219}$$

$x = 0,01$ mg de compuestos fenólicos/g de extracto liofilizado

Ejemplo de cálculo para la muestra después de ultraturrax, repetición M'1.1, Tabla FTIX.5:

$$x = \frac{\left(\frac{0,105 + 0,0345}{0,00647}\right) \times 0,09 \times 0,04043}{0,00219}$$

$x = 36,19$ mg de compuestos fenólicos/g de extracto liofilizado

En la Tabla FTIX.7 se detallan los porcentajes de compuestos fenólicos totales que se mantuvieron dentro de las cápsulas y que se degradaron en cada frasco de bebida comercial cada 2 días de almacenamiento durante 8 días.

Tabla FTIX.7 Porcentaje de compuestos fenólicos encapsulados y degradados en los frascos de bebida comercial con las cápsulas

Repetición	Día de Almacenamiento	Compuestos fenólicos libres (mg/g)	Compuestos fenólicos encapsulados (mg/g)	Compuestos fenólicos encapsulados (%)	Promedio Compuestos fenólicos encapsulados (%)	Desviación estándar	Compuestos fenólicos degradados (%)	Promedio Compuestos fenólicos degradados (%)	Desviación estándar
1	0	0,01	33,07	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0	0,01	36,56	100,00			0,00		
3	0	0,01	38,81	100,00			0,00		
1	2	0,04	29,05	80,38	83,92	3,07	19,53	15,99	3,07
2	2	0,05	30,99	85,74			14,16		
3	2	0,03	30,96	85,65			14,28		
1	4	0,02	23,29	64,42	68,11	4,55	35,55	31,87	4,55
2	4	0,02	26,46	73,19			26,78		
3	4	0,01	24,11	66,71			33,27		
1	6	0,08	22,45	62,10	65,43	3,17	37,69	34,36	3,17
2	6	0,08	24,73	68,41			31,38		
3	6	0,08	23,78	65,80			34,00		
1	8	0,12	20,42	56,49	58,43	3,72	43,18	41,25	3,72
2	8	0,12	22,67	62,72			36,96		
3	8	0,12	20,27	56,08			43,61		

Ejemplo de cálculo:

- El porcentaje de compuestos fenólicos encapsulados a partir del día 2 se calculó a partir de la Ecuación FTVII.3 de la FTVII:

$$\% \text{ Comp fen encapsulados}_{(t)} = \frac{a_{(t)}}{a_{t=0}} \times 100 \quad [\text{FTVII. 3}]$$

Donde:

a : compuestos fenólicos encapsulados (mg/g de extracto liofilizado)

t : tiempo de almacenamiento (día)

\bar{a} : promedio de compuestos fenólicos encapsulados al tiempo 0 (mg/g de extracto liofilizado)

Ejemplo de cálculo repetición 1 día 2, Tabla FTIX.6:

$$\% \text{ Comp fen encapsulados}_{(2)} = \frac{29,05}{\frac{33,07 + 36,56 + 38,81}{3}} \times 100$$

$$\% \text{ Comp fen encapsulados}_{(2)} = 80,38$$

- El porcentaje de compuestos fenólicos degradados a partir del día 2 se calculó a partir de la Ecuación FTVII.4 de la FTVII:

$$\% \text{ Comp fen degradados}_{(t)} = \frac{(\bar{a} + \bar{b})_{t=0} - (a + b)_t}{(\bar{a} + \bar{b})_{t=0}} \times 100 \quad [\text{FTVII. 4}]$$

Donde:

a : compuestos fenólicos encapsulados (mg/g de extracto liofilizado)

b : compuestos fenólicos liberados (mg/g de extracto liofilizado)

t : tiempo de almacenamiento (día)

\bar{a} : promedio de compuestos fenólicos encapsulados y liberados al tiempo 0 (mg/g de extracto liofilizado)

Ejemplo de cálculo repetición 1 día 2, Tabla FTIX.7:

$$\% \text{ Comp fen degradados}_{(2)} = \frac{\left(\frac{33,07 + 36,56 + 38,81}{3} + \frac{0,01 + 0,01 + 0,01}{3} \right) - (29,05 + 0,04)}{\left(\frac{33,07 + 36,56 + 38,81}{3} + \frac{0,01 + 0,01 + 0,01}{3} \right)} \times 100$$

$$\% \text{ Comp fen encapsulados}_{(2)} = 19,53$$

En la Tabla FTIX.8 se detallan los porcentajes de compuestos fenólicos totales no encapsulados que se degradaron en cada frasco de bebida comercial de referencia cada 2 días de almacenamiento durante 8 días.

Tabla FTIX8. Porcentaje de compuestos fenólicos degradados en los frascos de bebida comercial con polifenoles no encapsulados

Repetición	Día de almacenamiento	Compuestos fenólicos no encapsulados (mg/g)	Polifenoles degradados no encapsulados (%)	Promedio Polifenoles degradados no encapsulados (%)	Desviación estándar
1	0	42,47	0,00	0,00	0,00
2	0	44,28	0,00		
3	0	42,85	0,00		
1	2	41,02	5,06	3,89	2,17
2	2	42,60	1,39		
3	2	40,95	5,22		
1	4	34,12	21,03	16,64	3,80
2	4	37,02	14,32		
3	4	36,90	14,58		
1	6	31,69	26,64	25,51	0,99
2	6	32,50	24,78		
3	6	32,35	25,12		
1	8	20,18	53,30	52,76	4,37
2	8	22,40	48,14		
3	8	18,64	56,84		

Ejemplo de cálculo repetición 1 día 2, Tabla FTIX.8:

$$\% \text{ Comp fen degradados}_{(2)} = \frac{\left(\frac{42,47 + 44,28 + 42,85}{3}\right) - 41,02}{\left(\frac{42,47 + 44,28 + 42,85}{3}\right)} \times 100$$

$$\% \text{ Comp fen encapsulados}_{(2)} = 5,06$$

FICHA TÉCNICA X

DETERMINACIÓN DE DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LOS PORCENTAJES DE DEGRADACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS EN LA BEBIDA COMERCIAL

Muestra: Compuestos fenólicos totales degradados

Objetivo: Determinar diferencias significativas entre los porcentajes de compuestos fenólicos degradados en las muestras con cápsulas y sin cápsulas durante el tiempo de almacenamiento en la bebida comercial.

Desarrollo:

Para comparar los porcentajes de compuestos fenólicos degradados entre la bebida comercial con cápsulas y sin cápsulas (referencia) durante el tiempo de almacenamiento, se realizaron análisis estadísticos ANOVA y prueba de múltiples rangos para cada día de almacenamiento (2, 4, 6 y 8).

En la Tabla FTX.1 se muestra el análisis de varianza simple entre los porcentajes de compuestos fenólicos degradados encapsulados y no encapsulados (referencia) en la bebida comercial en el día 2 de almacenamiento.

Tabla FTX.1 Análisis de Varianza para compuestos fenólicos degradados (%) día 2

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	219,62	1	219,62	31,16	0,0051
Intra grupos	28,19	4	7,05		
Total (Corr.)	247,81	5			

En la Tabla FTX.2 se muestra la prueba de múltiples rangos para determinar diferencias significativas entre los porcentajes de compuestos fenólicos degradados encapsulados y no encapsulados (referencia) en la bebida comercial en el día 2 de almacenamiento.

Tabla FTX.2 Prueba de múltiples rangos para Compuestos fenólicos degradados (%) día 2

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
%C. F degradados (Referencia)	3	3,89	X
%C. F degradados	3	15,99	X

En la Tabla FTX.3 se muestra el análisis de varianza simple entre los porcentajes de compuestos fenólicos degradados encapsulados y no encapsulados (referencia) en la bebida comercial en el día 4 de almacenamiento.

Tabla FTX.3 Análisis de Varianza para Compuestos fenólicos degradados (%) día 4

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	347,63	1	347,63	19,78	0,0113
Intra grupos	70,31	4	17,58		
Total (Corr.)	417,93	5			

En la Tabla FTX.4 se muestra la prueba de múltiples rangos para determinar diferencias significativas entre los porcentajes de compuestos fenólicos degradados encapsulados y no encapsulados (referencia) en la bebida comercial en el día 4 de almacenamiento.

Tabla FTX.4 Prueba de múltiples rangos para Compuestos fenólicos degradados (%) día 4

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
%C. F degradados (Referencia)	3	16,64	X
%C. F degradados	3	31,87	X

En la Tabla FTX.5 se muestra el análisis de varianza simple entre los porcentajes de compuestos fenólicos degradados encapsulados y no encapsulados (referencia) en la bebida comercial en el día 6 de almacenamiento.

Tabla FTX.5 Análisis de Varianza para Compuestos fenólicos degradados (%) día 6

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	117,31	1	117,31	21,27	0,0099
Intra grupos	22,06	4	5,52		
Total (Corr.)	139,37	5			

En la Tabla FTX.6 se muestra la prueba de múltiples rangos para determinar diferencias significativas entre los porcentajes de compuestos fenólicos degradados encapsulados y no encapsulados (referencia) en la bebida comercial en el día 6 de almacenamiento.

Tabla FTX.6 Prueba de múltiples rangos para Compuestos fenólicos degradados (%) día 6

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
%C. F degradados (Referencia)	3	25,51	X
%C. F degradados	3	34,36	X

En la Tabla FTX.7 se muestra el análisis de varianza simple entre los porcentajes de compuestos fenólicos degradados encapsulados y no encapsulados (referencia) en la bebida comercial en el día 8 de almacenamiento.

Tabla FTX.7 Análisis de Varianza para Compuestos fenólicos degradados (%) día 8

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	198,72	1	198,72	12,05	0,0256
Intra grupos	65,98	4	16,50		
Total (Corr.)	264,70	5			

En la Tabla FTX.8 se muestra la prueba de múltiples rangos para determinar diferencias significativas entre los porcentajes de compuestos fenólicos degradados encapsulados y no encapsulados (referencia) en la bebida comercial en el día 8 de almacenamiento.

Tabla FTX.8 Prueba de múltiples rangos para Compuestos fenólicos degradados (%) día 8

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
%C. F degradados (Referencia)	3	41,25	X
%C. F degradados	3	52,76	X

FICHA TÉCNICA XI

COMPARACIÓN DEL PORCENTAJE DE COMPUESTOS FENÓLICOS ENTRE LA BEBIDA COMERCIAL Y LA SOLUCIÓN TAMPÓN DE PH SIMILAR

Muestra: Compuestos fenólicos totales

Objetivo: Comparar el porcentaje de compuestos fenólicos que se mantuvieron en las cápsulas y el porcentaje de compuestos fenólicos degradados durante el tiempo de almacenamiento en la bebida comercial y en la solución tampón de pH similar.

Desarrollo:

En primer lugar, se midió el pH de la bebida comercial por triplicado mediante un pH-metro. Además, se midieron ciertas características de la bebida comercial por triplicado como: grados Brix mediante un brixómetro, conductividad mediante un conductímetro y la acidez titulable mediante titulación con hidróxido de sodio (0,1 N) y fenoftaleína (NTE INEN-ISO 750). Para comparar los porcentajes de compuestos fenólicos encapsulados y degradados entre la bebida comercial y la solución tampón durante el tiempo de almacenamiento, se realizaron análisis estadísticos ANOVA y prueba de múltiples rangos para cada día de almacenamiento (2, 4, 6 y 8) entre los porcentajes calculados anteriormente de compuestos fenólicos encapsulados tanto en la solución tampón como en la bebida comercial, de compuestos fenólicos degradados tanto en la solución tampón como en la bebida comercial con cápsulas y con polifenoles sin encapsular (referencia).

En la Tabla FTXI.1 se muestra algunas características medidas de la bebida comercial clarificada de manzana empleada en la experimentación.

Tabla FTXI.1 Caracterización de la bebida clarificada de manzana marca ‘Refresh’

Característica	Repetición	Medición	Promedio	Desviación estándar
pH a 20°C	1	2,72	2,73	0,04
	2	2,77		
	3	2,70		
Grados Brix (°Brix) a 20°C	1	7,00	7,00	0,00
	2	7,00		
	3	7,00		
Conductividad (mV)	1	23,00	22,67	0,58
	2	23,00		
	3	22,00		
Acidez titulable (g/100 mL)	1	0,38	0,40	0,01
	2	0,41		
	3	0,40		

En la Tabla FTXI.2 se muestra el Análisis de Varianza simple como variable dependiente: compuestos fenólicos encapsulados (%) y factor: muestra (bebida comercial y solución tampón pH 3), muestras correspondientes al día 2 de almacenamiento.

Tabla FTXI.2 Análisis de Varianza para Compuestos fenólicos encapsulados (%) día 2 por muestra

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	70,80	1	70,80	1,80	0,2503
Intra grupos	156,92	4	39,23		
Total (Corr.)	227,72	5			

En la Tabla FTXI.3 se muestra la prueba de múltiples rangos para determinar diferencias significativas entre estas muestras en el día 2 de almacenamiento.

Tabla FTXI.3 Prueba de múltiples rangos para Compuestos fenólicos encapsulados (%) día 2 por muestra

<i>Muestra</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
BC (Bebida comercial)	3	83,92	X
ST (Solución tampón pH 3)	3	90,79	X

En la Tabla FTXI.4 se muestra el análisis de varianza simple como variable dependiente: compuestos fenólicos degradados (%) y factor: muestra (bebida comercial y solución tampón pH 3).

Tabla FTXI.4 Análisis de Varianza para Compuestos fenólicos degradados (%) día 2 por muestra

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	69,56	1	69,56	1,76	0,2547
Intra grupos	157,66	4	39,42		
Total (Corr.)	227,23	5			

En la Tabla FTXI.5 se muestra la prueba de múltiples rangos para determinar diferencias significativas entre estas muestras en el día de almacenamiento 2.

Tabla FTXI.5 Prueba de múltiples rangos para Compuestos fenólicos degradados (%) por muestra

<i>Muestra</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
BC (Bebida comercial)	3	9,18	X
ST (Solución tampón pH 3)	3	15,99	X

En la Tabla FTXI.6 se muestra el análisis de varianza simple como variable dependiente: compuestos fenólicos degradados sin encapsular (%) y factor: muestra (bebida comercial y solución tampón pH 3 de referencia).

Tabla FTXI.6 Análisis de Varianza para Compuestos fenólicos degradados (%) sin encapsular, día 2 por muestra

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	83,85	1	83,85	14,49	0,0190
Intra grupos	23,15	4	5,79		
Total (Corr.)	107,00	5			

En la Tabla FTXI.7 se muestra la prueba de múltiples rangos para determinar diferencias significativas entre estas muestras en el día de almacenamiento 2.

Tabla FTXI.7 Prueba de múltiples rangos para Compuestos fenólicos degradados (%) sin encapsular (referencia), día 2 por muestra

<i>Muestra</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
BC (Bebida comercial)	3	3,89	X
ST (Solución tampón pH 3)	3	11,37	X

En la Tabla FTXI.8 se muestra el análisis de varianza simple como variable dependiente: compuestos fenólicos encapsulados (%) y factor: muestra (bebida comercial y solución tampón pH 3), muestras correspondientes al día 4 de almacenamiento.

Tabla FTXI.8 Análisis de Varianza para Compuestos fenólicos encapsulados (%) día 4 por muestra

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	393,01	1	393,01	7,10	0,0561
Intra grupos	221,35	4	55,34		
Total (Corr.)	614,36	5			

En la Tabla FTXI.9 se muestra la prueba de múltiples para determinar diferencias significativas entre estas muestras en el día 4 de almacenamiento.

Tabla FTXI.9 Prueba de múltiples rangos para Compuestos fenólicos encapsulados (%) día 4 por muestra

<i>Muestra</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
BC (Bebida comercial)	3	68,11	X
ST (Solución tampón pH 3)	3	84,29	X

En la Tabla FTXI.10 se muestra el análisis de varianza simple como variable dependiente: compuestos fenólicos degradados (%) y factor: muestra (bebida comercial y solución tampón pH 3).

Tabla FTXI.10 Análisis de Varianza para Compuestos fenólicos degradados (%) día 4 por muestra

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	393,82	1	393,82	7,13	0,0558
Intra grupos	221,03	4	55,26		
Total (Corr.)	614,85	5			

En la Tabla FTXI.11 se muestra la prueba de múltiples para determinar diferencias significativas entre estas muestras en el día de almacenamiento 4.

Tabla FTXI.11 Pruebas de múltiples rangos para Compuestos fenólicos degradados (%) por muestra

<i>Muestra</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
BC (Bebida comercial)	3	31,87	X
ST (Solución tampón pH 3)	3	15,66	X

En la Tabla FTXI.12 se muestra el análisis de varianza simple como variable dependiente: compuestos fenólicos degradados sin encapsular (%) y factor: muestra (bebida comercial y solución tampón pH 3 de referencia).

Tabla FTXI.12 Análisis de Varianza para Compuestos fenólicos degradados (%) sin encapsular, día 4 por muestra

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	13,65	1	13,65	1,33	0,3128
Intra grupos	41,00	4	10,25		
Total (Corr.)	54,65	5			

En la Tabla FTXI.13 se muestra la prueba de múltiples para determinar diferencias significativas entre estas muestras en el día de almacenamiento 2.

Tabla FTXI.13 Prueba de múltiples rangos para Compuestos fenólicos degradados (%) sin encapsular, día 4 por muestra

<i>Muestra</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
BC (Bebida comercial)	3	16,64	X
ST (Solución tampón pH 3)	3	19,66	X

En la Tabla FTXI.14 se muestra el análisis de varianza simple como variable dependiente: compuestos fenólicos encapsulados (%) y factor: muestra (bebida comercial y solución tampón pH 3), muestras correspondientes al día 6 de almacenamiento.

Tabla FTXI.14 Análisis de Varianza para Compuestos fenólicos encapsulados (%) día 6 por muestra

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	324,87	1	324,87	6,85	0,0590
Intra grupos	189,74	4	47,43		
Total (Corr.)	227,719	5			

En la Tabla FTXI.15 se muestra la prueba de múltiples rangos para determinar diferencias significativas entre estas muestras en el día 6 de almacenamiento.

Tabla FTXI.15 Prueba de múltiples rangos para Compuestos fenólicos encapsulados (%) día 6 por muestra

<i>Muestra</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
BC (Bebida comercial)	3	65,44	X
ST (Solución tampón pH 3)	3	80,15	X

En la Tabla FTXI.16 se muestra el análisis de varianza simple como variable dependiente: compuestos fenólicos degradados (%) y factor: muestra (bebida comercial y solución tampón pH 3).

Tabla FTXI.16 Análisis de Varianza para Compuestos fenólicos degradados (%) día 6 por muestra

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	350,07	1	350,07	7,41	0,0529
Intra grupos	188,95	4	47,24		
Total (Corr.)	539,01	5			

En la Tabla FTXI.17 se muestra la prueba de múltiples rangos para determinar diferencias significativas entre estas muestras en el día de almacenamiento 6.

Tabla FTXI.17 Prueba de múltiples rangos para Compuestos fenólicos degradados (%) día 6 por muestra

<i>Muestra</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
BC (Bebida comercial)	3	34,36	X
ST (Solución tampón pH 3)	3	19,08	X

En la Tabla FTXI.18 se muestra el análisis de varianza simple como variable dependiente: compuestos fenólicos degradados sin encapsular (%) y factor: muestra (bebida comercial y solución tampón pH 3 de referencia).

Tabla FTXI.18 Análisis de Varianza para Compuestos fenólicos degradados (%) sin encapsular, día 6 por muestra

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	118,73	1	118,73	95,22	0,0006
Intra grupos	4,99	4	1,25		
Total (Corr.)	123,71	5			

En la Tabla FTXI.19 se muestra la prueba de múltiples rangos para determinar diferencias significativas entre estas muestras en el día de almacenamiento 6.

Tabla FTXI.19 Prueba de múltiples rangos para Compuestos fenólicos degradados (%) sin encapsular, día 6 por muestra

<i>Muestra</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
BC (Bebida comercial)	3	25,51	X
ST (Solución tampón pH 3)	3	34,41	X

En la Tabla FTXI.20 se muestra el análisis de varianza simple como variable dependiente: compuestos fenólicos encapsulados (%) y factor: muestra (bebida comercial y solución tampón pH 3), muestras correspondientes al día 8 de almacenamiento.

Tabla FTXI.20 Análisis de Varianza para Compuestos fenólicos encapsulados (%) día 8 por muestra

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	249,49	1	249,49	14,08	0,0199
Intra grupos	70,88	4	17,72		
Total (Corr.)	320,37	5			

En la Tabla FTXI.21 se muestra la prueba de múltiples rangos para determinar diferencias significativas entre estas muestras en el día 8 de almacenamiento.

Tabla FTXI.21 Prueba de múltiples rangos para Compuestos fenólicos encapsulados (%) día 8 por muestra

<i>Muestra</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
BC (Bebida comercial)	3	58,43	X
ST (Solución tampón pH 3)	3	71,33	X

En la Tabla FTXI.22 se muestra el análisis de varianza simple como variable dependiente: compuestos fenólicos degradados (%) y factor: muestra (bebida comercial y solución tampón pH 3).

Tabla FTXI.22 Análisis de Varianza para Compuestos fenólicos degradados (%) día 8 por muestra

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	272,30	1	272,30	15,42	0,0172
Intra grupos	70,64	4	17,66		
Total (Corr.)	342,94	5			

En la Tabla FTXI.23 se muestra la prueba de múltiples rangos para determinar diferencias significativas entre estas muestras en el día de almacenamiento 8.

Tabla FTXI.23 Prueba de múltiples rangos para Compuestos fenólicos degradados (%) día 8 por muestra

<i>Muestra</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
BC (Bebida comercial)	3	27,78	X
ST (Solución tampón pH 3)	3	41,25	X

En la Tabla FTXI.24 se muestra el análisis de varianza simple como variable dependiente: compuestos fenólicos degradados sin encapsular (%) y factor: muestra (bebida comercial y solución tampón pH 3 de referencia).

Tabla FTXI.24 Análisis de Varianza para Compuestos fenólicos degradados (%) sin encapsular, día 8 por muestra

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	24,16	1	24,16	2,52	0,1876
Intra grupos	38,35	4	9,59		
Total (Corr.)	62,51	5			

En la Tabla FTXI.25 se muestra la prueba de múltiples rangos para determinar diferencias significativas entre estas muestras en el día de almacenamiento 8.

Tabla FTXI.25 Prueba de múltiples rangos para Compuestos fenólicos degradados (%) sin encapsular, día 8 por muestra

<i>Muestra</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
BC (Bebida comercial)	3	48,75	X
ST (Solución tampón pH 3)	3	52,76	X