



IMPACTO DE LA PREGELATINIZACIÓN DE LA PROTEÍNA DE GUISANTE EN EL PERFIL NUTRICIONAL DEL ACEITE DE CUPUAÇU (*Theobroma grandiflorum*)

IMPACT OF PREGELATINIZATION OF PEA PROTEIN ON THE NUTRITIONAL PROFILE OF CUPUAÇU (*Theobroma grandiflorum*) OIL

Tasso Ramos Tavares^{1*}, Francisca das Chagas do Amaral Souza^{2a} y Jaime Paiva Lopes Aguiar^{2b}

¹ Programa de Pós-Graduação em Agricultura do Trópico Úmido (ATU), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus-AM, Brasil

<https://orcid.org/0000-0002-5176-6511>

^{2a} Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Sociedade Coordenadora de Meio Ambiente e Saúde (COSAS) e Laboratório de Físico-Química dos Alimentos (LFQA). Manaus-AM, Brasil

<https://orcid.org/0000-0002-5731-2537>

^{2b} Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Sociedade Coordenadora de Meio Ambiente e Saúde (COSAS) e Laboratório de Físico-Química dos Alimentos (LFQA). Manaus-AM, Brasil

<https://orcid.org/0000-0003-4534-7705>

* Autor para correspondência E-mail: tassinhozootecnista@gmail.com

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivos caracterizar el desempeño emulsionante de proteína de guisante en aceite extraído de la semilla de cupuaçu, y determinar su impacto en el perfil nutricional del aceite a diferentes temperaturas. Las semillas fueron compradas a pequeños productores de la ciudad de Parintins (Brasil), después del proceso de despulpado de la fruta. En laboratorio se realizó la preparación de las emulsiones, el proceso de liofilización, y la caracterización de las microcápsulas usando un diseño completamente al azar (5x4). Se utilizó goma arábiga con proteína de chícharo como material de pared, y se evaluaron los siguientes parámetros: pH, acidez titulable, contenido de humedad, contenido de peróxidos y ácidos grasos. En lo que respecta a pH, los valores promedio obtenidos oscilaron entre 6,25 y 6,67. Los valores de acidez variaron entre 0,52 y 1,20, lo que indica que la temperatura no influyó en la acidez del aceite. Los valores de humedad variaron entre 3,6850 y 4,5425, sin diferencia significativa entre tratamientos. Los valores del índice de peróxido se mantuvieron por debajo del límite máximo permitido en la legislación (hasta 15 meq/kg). En cuanto a los ácidos grasos microencapsulados, los tratamientos no difirieron a lo largo de las semanas analizadas, siendo los resultados iniciales similares a los obtenidos en la primera y sexta semana de almacenamiento. Se concluye que es posible microencapsular el aceite de semilla de cupuaçu con proteína de guisante y goma arábiga.

Palabras clave: Microencapsulación, aceite, cupuaçu, liofilización.

ABSTRACT

This study aimed to characterize the performance of pea protein as an emulsifying agent in oil extracted from cupuaçu seed and to determine its impact on the nutritional profile of the oil at different temperatures. The seeds were purchased from small producers in the city of Parintins (Brasil), after the pulping process of the fruit. In the laboratory, emulsion preparation, lyophilization, and

characterization of the microcapsules were carried out using a completely randomized design (5x4). Gum arabic combined with pea protein was used as a wall material and the following parameters were evaluated: pH, titratable acidity, moisture content, peroxide content and fatty acid composition. Regarding pH, average values ranged between 6.25 and 6.67. Acidity values varied between 0.52 and 1.20, which indicates that temperature did not influence the acidity of the oil. Humidity varied between 3.6850 and 4.5425, without significant difference between treatments. The values of the peroxide index remained below the maximum limit allowed by the legislation (up to 15 meq/kg). Regarding the microencapsulated fatty acids, the treatments did not differ throughout the weeks analyzed, with the initial results being similar to those obtained in the first and sixth week of storage. It is concluded that cupuaçu seed oil can be microencapsulated with pea protein and gum arabic.

Keywords: Microencapsulation, oil, cupuaçu, lyophilization.

INTRODUCCIÓN

El estado de Amazonas posee una enorme biodiversidad biológica de plantas con potencial oleaginoso que pueden ser aprovechadas y entre los frutos con ese potencial, se destaca el Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), especialmente por las características de su aroma, sabor y potencial de uso agroindustrial. En Brasil, según estudios de Beltrão y Oliveira (2007), Mobarak et al. (2014) y Santos (2021), las principales aplicaciones derivadas del uso de oleaginosas son como lubricantes para uso en cadenas de motosierras, grasas, aplicaciones marinas, aceite de dos tiempos, además de ser utilizado por la industria alimenticia y farmacéutica.

El cupuaçuzeiro es un árbol típico de la región amazónica, cultivado en los Estados de Pará, Rondônia, Acre, Maranhão, además de Amazonas, siendo uno de los más fructíferos y prometedores de la región. La parte de la fruta que suele utilizar la industria es la pulpa y las semillas, que constituyen cerca del 20% del volumen de la fruta, tienen un alto valor nutritivo, sin embargo, en gran parte del procesamiento se desechan. Según los estudios de Luccas (2001) y Marchese (2002) las semillas están compuestas por una grasa muy similar a la manteca de cacao, presentando un fino y agradable aroma similar al del chocolate después de ser fermentadas, secadas y tostadas. Las semillas de cupuaçu contienen buenas concentraciones de proteína (38,7 kDa) y pueden ser utilizadas no solo para la producción de un producto como el chocolate, sino también para originar un alimento alternativo con buenas cualidades nutricionales. De acuerdo con los hallazgos de Lopes (2000), el valor biológico de las almendras derivadas del cupuaçu es superior al que se encuentra en el cacao, lo que sugiere que se deben crear y probar nuevos productos a base de estas semillas con miras a su comercialización. Para Carlos et al. (2019) los consumidores de hoy en día son cada vez más exigentes y en este contexto buscan adoptar un estilo de vida más

saludable. Por ello, el objetivo de este estudio fue caracterizar el desempeño emulsionante de la proteína de guisante en aceite extraído de la semilla de cupuaçu, así como su impacto en el perfil nutricional a diferentes temperaturas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

Las semillas del fruto del cupuaçu se originaron a partir de colectas realizadas en la ciudad de Parintins (Brasil), Latitud: -2.62835, Longitud: - 56.7365, 2° 37' 42" Sur, 56° 44' 11" Oeste, aproximadamente a 370 km de la capital del estado entre febrero y marzo. El procesamiento de frutas y los análisis físico-químicos se realizaron en el Laboratorio de Físicoquímica de Alimentos (LFQA), Latitud: - 3.092028, Longitud: -59.993534 del Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA/MCTI), ubicado en la Av. André Araújo, 2936, Aleixo, Manaus, Amazonas, Brasil.

Extracción de aceite

El aceite de semilla de cupuaçu se obtuvo por hidrodestilación en un aparato graduado Clevenger, utilizando 500 g de muestra en 5.000 mL de agua destilada, inicialmente a una temperatura máxima de 100 °C hasta que llegue a ebullición (30 min), posteriormente reduciendo a 75 °C por un tiempo aproximado de 2 h. Al final, los aceites esenciales se transfirieron a un vaso de precipitados para facilitar su manipulación, se recolectaron con una pipeta, se centrifugaron con remoción del sobrenadante y se almacenaron en tubos (50 mL) protegidos de la luz con papel de aluminio. Todos los ensayos se realizaron por triplicado.

Preparación de emulsiones

Inicialmente se diluyeron 225 g de goma arábiga y 150 g de proteína de guisante en 1.050 mL de agua destilada. Esta mezcla permaneció en reposo durante 12 h en ambiente refrigerado (aproximadamente -10° C). Posteriormente,

se añadieron 75 g de aceite y las mezclas se homogeneizaron en un Homogenizador Digital Ultra-Turrax® durante 5 min a 10.000 rpm. Las proporciones de material de pared y aceite se utilizaron según adaptaciones de las obras de Azeredo (2008). Se utilizaron cinco tratamientos (0, 60, 70, 80 y 90 °C). Para cada tratamiento, se utilizó una cantidad equivalente a 5 g de aceite de semilla de cupuaçu, 10 g de proteína de trigo para su fácil digestibilidad, 15 g de goma arábiga, para proporcionar una buena encapsulación, y 70 mL de agua para la mezcla.

Preparación y optimización de microcápsulas

Las microcápsulas de aceite de cupuaçu se prepararon por el método de liofilización, donde se produjeron microcápsulas a partir de 20 formulaciones, definidas en un diseño experimental 5x4 completamente al azar. Las pulpas se procesaron y congelaron en charolas (acero inoxidable) en capas delgadas (0,5 cm) y se colocaron en un ultracongelador a -50 °C durante 24 horas. Las muestras se colocaron en la torre liofilizadora, modelo LS 3000 de Terroni, acoplada a una bomba de vacío durante 48 horas hasta una presión final de 35 µmHg. Una vez finalizada la liofilización, se realizaron compresiones sobre las muestras con la ayuda de un mortero hasta que adquirieron un aspecto pulverulento. Además, el rendimiento de la microencapsulación del aceite de semilla de cupuaçu se calculó mediante la relación entre el polvo total producido y la cantidad de material seco contenido en la emulsión.

Para el cálculo de la acidez del aceite encapsulado se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de Acidez} = (V \times F \times 5.610) / P$$

Donde:

V = cantidad de mL de solución de hidróxido de sodio 0,1 M utilizada en la titulación;

F = factor de solución de hidróxido de sodio;

P = número de g de muestra.

Para analizar el efecto de los tratamientos y la estabilidad sobre el índice de peróxidos, se se utilizó la siguiente ecuación:

$$IP = ((A-B) \times N \times F \times 1000) / P$$

Donde:

A = número de mL de solución de tiosulfato de sodio al 0,1 (ó 0,01 N) utilizados en la titulación de la muestra;

B = número de mL de solución de tiosulfato de sodio 0,1 (ó 0,01 N) utilizados en la titulación en blanco;

N = normalidad de la solución de tiosulfato de sodio;

F = factor de solución de tiosulfato de sodio;

P = número g de muestra.

Morfología

La morfología de la superficie externa de las microcápsulas se evaluó mediante un microscopio acoplado a una cámara fotográfica (Nikon Eclipse -200). Las muestras de cada formulación se fijaron en portaobjetos, se cubrieron con cubreobjetos y se obtuvieron fotomicrografías. Se desecharon las partículas visiblemente aglomeradas.

Ácidos grasos

Los lípidos totales fueron extraídos e identificados, según el Protocolos Soxhlet, con n-Hexano (rango de ebullición 68-70 °C), seguido de su eliminación por evaporación según Iupac (1992). Los ácidos grasos en el aceite se convirtieron en ésteres metílicos de ácidos grasos y luego se analizaron usando cromatografía de gases mediante un espectrómetro de masas/GC-2010 PLUS (Kyoto, Japón) modelo Shimadzu (GC), equipado con un detector de ionización de llama. Los compuestos se separaron en una columna capilar de sílice fundida RTX-R-5 de 30 m con un diámetro interno de 0,25 mm y un espesor de película de 0,25 µm. Las condiciones operativas fueron las siguientes: temperatura de columna programada, 80-220 °C (5 °C/min); temperatura del inyector, 230 °C; temperatura del detector, 240 °C; gas portador, hidrógeno; velocidad lineal del gas, 40 cm/s; proporción de muestra, 1:50. Los ácidos grasos se identificaron comparando los tiempos de retención con los estándares y se cuantificaron normalizando las áreas de los picos. Los patrones de ácidos grasos utilizados (Sigma Supelco) fueron ácido hexanoico (C6:0), ácido octanoico (C8:0), ácido decanoico (C10:0), ácido undecanoico (C11:0), ácido dodecanoico (C12:0), ácido tetradecanoico (C14:0), ácido cis-9-tetradecenoico (C14:1), ácido hexadecanoico (C16:0), ácido cis-9-hexadecenoico (C16:1), ácido heptadecanoico (C17:0), 8- ácido heptadecanoico (C17:1), ácido octadecanoico (C18:0), ácido trans-9-octadecenoico (C18:1), ácido cis-9-octadecenoico (C18:1), ácido cis-9,trans-11-octadecenoico (C18: 2), ácido cis-9, cis-12-octadecatrienoico (C18: 2), ácido 9,12,15-octadecatrienoico (C18: 3), ácido 6,9,12-octadecatrienoico (C18: 3) eicosanoico (C20: 0), ácido cis-9-eicosenoico (C20: 1), ácido 8,11-eicosanoide (C20: 2), ácido 5,8,11-eicosatrienoico (C20: 3), ácido docosanoico (C22: 0), ácido 5,8,11,14,17-eicosapentaenoico (C20:5), ácido cis-13 docosenoico (C22:1), ácido tetracosanoico (C24:0), cis-15- tetracosenoico (C24:1).

Diseño y análisis estadístico

El diseño experimental utilizado para el análisis estadístico de las variables fue un diseño completamente al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones. Para el análisis de medias y desviación estándar se utilizó análisis de varianza (ANOVA), y se aplicó la prueba de Tukey ($p < 0,05$) entre medias, utilizando el Software Sisvar versión 5.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Morfología de microcápsulas

En las Figs. 1 y 2, de microscopía electrónica de barrido (diferentes tamaños de fuente), se muestra la formación de una película en la que las partículas no tienen una estructura definida con un tamaño bastante variable.

La característica esponjosa común en los procesos de liofilización se observó con mayor expresión en los tratamientos T1, T3, T4 y T5. Las microcápsulas obtenidas en el proceso de microencapsulación, como se muestra en las imágenes, presentan variaciones en sus morfologías superficiales, corroborando con algunos estudios de Anandharamakrishnan et al. (2010) y Ezhilarasi et al. (2013) para microcápsulas liofilizadas. En sus estudios, Kalab (1979) sugirió que las depresiones se forman por la contracción de las partículas durante el secado y el enfriamiento.

Según estudios de Righetto (2003), lo que

lleva a la formación de superficies porosas, rugosas o con partes rugosas son materiales con baja capacidad de encapsulación, resultando en productos inestables.

Caracterización físico-química del aceite y estabilidad de las emulsiones

Según los valores encontrados para el efecto de los tratamientos y la estabilidad sobre el pH y la acidez, los promedios variaron entre 6,25 y 6,67, no existiendo diferencia significativa entre los tratamientos a lo largo de las semanas, es decir, las diferentes temperaturas no influyeron en el pH de las microcápsulas.

Según Wang et al. (2014), a un pH inferior a 4 puede existir una influencia en el rendimiento de microcápsulas diferente a las encontradas en este estudio. Para Nakagawa y Nagao (2012); Lv et al. (2013) la reducción del pH provoca una intensa interacción electrostática entre proteínas y polisacáridos, que puede influir en varios parámetros. En la microencapsulación de leche de tigrina por liofilización (Costa et al., 2020), se adoptó el pH como parámetro para representar la vida útil, ya que según Corrales et al. (2012) el pH por debajo de 6 arroja como resultado la formación de gomas que pueden afectar las características sensoriales.

Los valores obtenidos para la acidez del aceite encapsulado obtenidos, y analizados a través de la prueba de Tukey, no arrojaron diferencias significativas entre tratamientos a las 6 semanas.

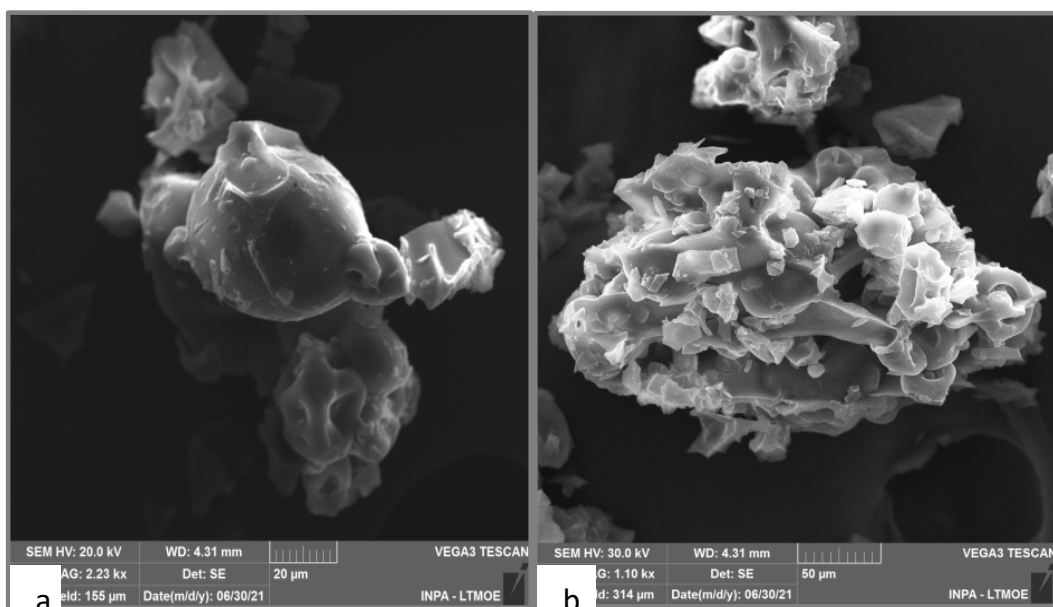


Fig 1. Morfología de microcápsulas em diferentes dimensões a) T1 b) T3. Fuente: INPA-LTMOE.
Fig 1. Morphology of microcapsules in different dimensions a) T1 b) T3. Source: INPA-LTMOE.

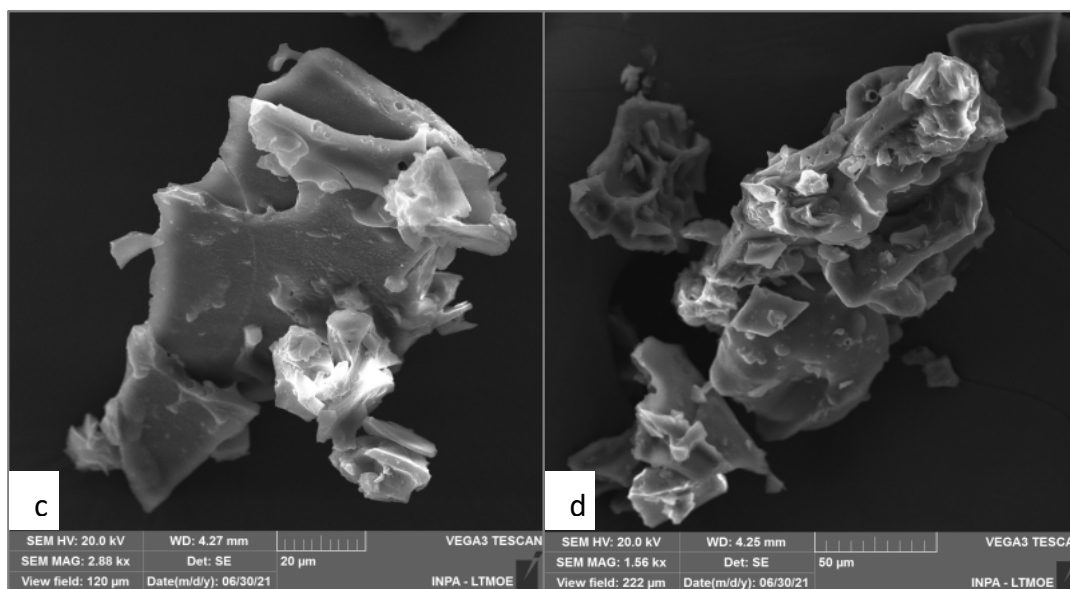


Fig 2. Morfología de microcápsulas em diferentes dimensões c) T4 d) T5. Fuente: INPA-LTMOE.
Fig 2. Morphology of microcapsules in different dimensions c) T4 d) T5. Source: INPA-LTMOE.

Los valores variarán entre 0,52 y 1,20 mgKOH/g indicando que la temperatura no influye en la acidez del aceite, además de estar dentro de dos estándares de la legislación (a 4 mgKOH/g).

Oliveira (2019) utilizando proteína de guisante, encontró valores de acidez superiores a 2 mgKOH/g en la primera semana de análisis, superiores a los encontrados en este estudio. Oliveira (2018), al analizar el efecto de los métodos de conservación sobre las características fisicoquímicas de los frutos de camapu (*Physalis angulata* L.), encontró una acidez para los productos liofilizados que varió entre 4,48 y 5,00 mgKOH/g.

Según los datos analizados para el efecto de los tratamientos y la estabilidad sobre la actividad del agua y la humedad, tampoco hubo diferencias significativas entre los tratamientos. En este estudio, los tratamientos mostraron valores de actividad de agua entre 0,01 y 0,1, por debajo de los límites recomendados para alimentos en polvo (0,3), similares a los encontrados por Fernandes (2020) al evaluar microencapsuladas de aceite de oliva aguacate.

Al estudiar micropartículas de aceite de carpa utilizando goma arábiga, almidón modificado, maltodextrina e inulina como materiales de pared, Nawas et al. (2019) encontraron valores de actividad de agua entre 0,16 y 0,21, similares a los hallazgos de Oliveira (2019) para concentrados de proteína de guisante que no superaron 0,21, valores diferentes a los encontrados en este estudio. Para Souza (2015) y Luz (2016) la

actividad del agua con valores cercanos a cero o menores a 0,2 puede conducir a un aumento de las reacciones de oxidación. Siempre según el citado autor, el aumento de la oxidación puede explicarse por la formación de poros en la matriz como consecuencia de la pérdida de agua. En este contexto, los bajos valores encontrados pueden explicarse por la morfología percibida en las imágenes de microscopía presentadas en este trabajo.

Los valores promedio de humedad variaron entre 3,6850 y 4,5425, sin diferencia significativa entre tratamientos, según la prueba de Tukey, equivalente al estudio de Pellicer et al. (2019), quienes encontraron humedad entre 3,9 a 4,1% en productos encapsulados por liofilización. Klinkesorn et al. (2006) informan que la especificación de humedad máxima para la mayoría de los polvos secos en la industria alimentaria está entre el 3 y el 4%. Para el aceite de semilla de nuez de Brasil encapsulado que contiene proteína de guisante, Oliveira (2019) también encontró valores promedio de 3,5% de humedad durante todo el período de almacenamiento.

Por otra parte, las muestras encapsuladas no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, según el análisis de varianza realizado. Os valores encontrados se mantuvieron por debajo de lo que determina la legislación (hasta 15 meq/kg) durante las semanas analizadas, indicando que los tratamientos se mantuvieron estables independientemente del

grado de temperatura.

Así, se puede inferir que la matriz polimérica fue eficiente en la migración del aceite interno hacia la superficie donde es más vulnerable a la oxidación. Al encapsular aceite de pescado y almacenarlo a 25 °C, Botrel et al. (2017) observaron que en los primeros 30 días los aceites encapsulados tenían un IP superior al aceite a granel y que después la situación se invirtió, con motivo de la matriz polimérica provocando un retraso en el proceso de oxidación del aceite.

Los estudios de Kagami et al. (2003) y Karaca et al. (2013), que involucran diferentes condiciones de almacenamiento de aceites microencapsulados, apuntan a una mayor conservación del aceite en condiciones superiores a las recomendadas por la legislación. Al analizar el efecto de los tratamientos y la estabilidad sobre los ácidos grasos se encontraron 4 tipos de ácidos grasos: ácido palmítico (7,09%), ácido oleico (38,60%), ácido esteárico (51,74%) y ácido eicosanoico (2,57%).

Para Nelson y Cox (2018) entre las principales funciones de los ácidos grasos se encuentran el depósito de energía y la conformación de las membranas celulares, transportadores de electrones, además de ser precursores de sustancias como prostaglandinas, tromboxanos y leucotrienos. Ferreira (2015) en sus estudios informa que los ácidos grasos insaturados pueden contribuir a la lucha contra la dislipidemia (grasa en la sangre), ayudando así a reducir el riesgo

de infarto y accidente cerebrovascular, similares a los encontrados en el aceite in natura en este estudio.

Los resultados de esta investigación también corroboran los estudios de Luccas (2001) donde informa que la manteca de cupuaçu, en comparación con la manteca de cacao, se vuelve más apreciada por los consumidores porque es más sabrosa y tiene un alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados, principalmente o ácido oleico por encima del 40% versus 33 a 37%. Los valores encontrados en el aceite de semilla *in natura* de ácido oleico fueron superiores al 35%, mientras que el ácido palmítico fue del 7,09%.

Por otro lado, Rogez et al. (2004), demuestran que el perfil de ácidos grasos de la pulpa de cupuaçu difiere ligeramente del encontrado en la semilla, estando compuesta por 55% de ácido palmítico en la pulpa y 18,8% de ácido oleico en la semilla. El contenido de ácido esteárico fue equivalente a 51,74 y 2,57% para ácido eicosanoico, a diferencia de lo encontrado por Pugliese (2010) que fue de 32 y 10%, respectivamente.

Para Cooper et al. (2008) el ácido oleico y el ácido esteárico tienen un efecto neutro sobre los niveles de lípidos en sangre, es decir, no aumentan el colesterol en sangre y se consideran ácidos grasos importantes para la salud humana. al analizar el perfil de ácidos grasos de los tratamientos a través del cromatograma, se observó que sus características presentaban similitudes, similares a las mostradas en la Fig 3.

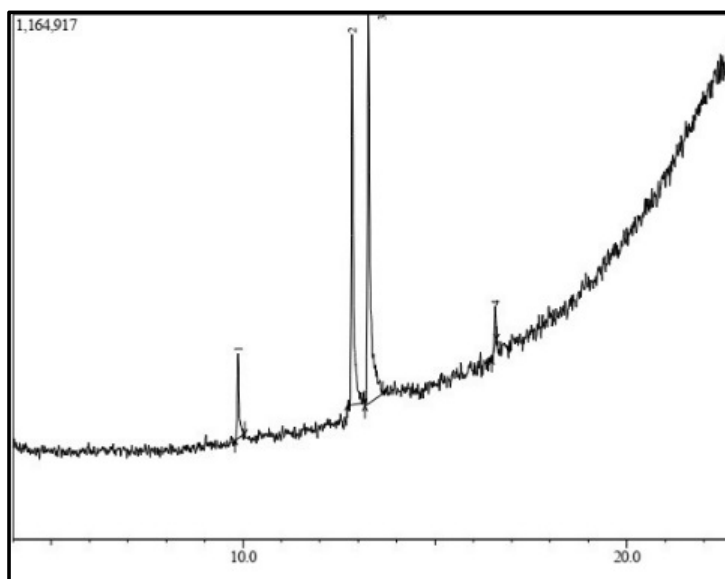


Fig 3. Cromatograma de aceite de semilla de cupuaçu in natura. Fuente: Inpa, 2021.

Fig 3. Chromatogram of *in natura* cupuaçu seed oil. Source: Inpa, 2021.

En relación a los ácidos grasos microencapsulados, los tratamientos no mostraron diferencias a lo largo de las semanas analizadas (excepto en % de área), con resultados iniciales similares a los obtenidos en la primera y sexta semana de almacenamiento como se muestra en la Tabla 1. Así, podemos inferir que las diferentes temperaturas no influyeron en las características del aceite in natura, así como en las características de las microcápsulas.

CONCLUSIONES

Con base en los parámetros fisicoquímicos, se concluyó que la técnica de microencapsulación del aceite de semilla de cupuassu con proteína

de chícharo y goma arábiga es factible, lo que permite afirmar que la proteína de chícharo junto con la goma arábiga proporcionaron buena protección y estabilidad al producto. Sin embargo, al compararlo con el aceite in natura, no presentó diferencias significativas a lo largo de las semanas, ya que los tratamientos sometidos a diferentes temperaturas (0, 60, 70, 80 y 90 °C) no causaron daño al producto original, infiriéndose que son ingredientes de excelente calidad con el potencial de convertirse en alternativas para su uso en diversas formulaciones de alimentos, incluidas aquellas que atienden a consumidores con dietas restrictivas. Además, podrá colaborar con la sostenibilidad al reducir los residuos y colaborar con el procesamiento de residuos, ya

Tabla 1. Ácidos grasos del aceite de semilla de cupuasú *in natura* y ácidos grasos encontrados en la 1ª y 6ª semana.

Table 1. Fatty acids of *in natura* cupuassu seed oil and fatty acids found in the 1st and 6th week.

Aceite <i>in natura</i>							
Peak	R. tiempo	% Área	Nombre	Peak	R. tiempo	% Area	Nombre
1	9,873	7,09c	Ácido palmítico	1	9,860	11,17c	Ácido palmítico
2	12,839	38,60b	Ácido oleico	2	12,832	39,37b	Ácido oleico
3	13,266	51,74a	Ácido esteárico	3	13,258	49,45a	Ácido esteárico
4	16,572	2,57d	Ácido eicosanoico	4	16,570	4,32d	Ácido eicosanoico
Peak	R. tiempo	% Área	Semana 1- T1	Peak	R. tiempo	% Area	Semana 6- T1
1	9,866	9,30c	Ácido palmítico	1	9,860	11,17c	Ácido palmítico
2	12,836	41,87a	Ácido oleico	2	12,832	39,37b	Ácido oleico
3	13,260	40,64b	Ácido esteárico	3	13,258	49,45a	Ácido esteárico
4	16,575	8,19d	Ácido eicosanoico	4	16,570	4,32d	Ácido eicosanoico
			Semana 1- T2				Semana 6-T2
1	9,865	7,85c	Ácido palmítico	1	9,869	6,65c	Ácido palmítico
2	12,834	47,68a	Ácido oleico	2	12,838	44,19b	Ácido oleico
3	13,259	38,50b	Ácido esteárico	3	13,262	44,84a	Ácido esteárico
4	16,570	5,98d	Ácido eicosanoico	4	16,570	4,32d	Ácido eicosanoico
			Semana 1- T3				Semana 6-T3
1	9,865	8,49c	Ácido palmítico	1	9,868	6,91c	Ácido palmítico
2	12,834	43,85a	Ácido oleico	2	12,839	41,84b	Ácido oleico
3	13,259	42,84b	Ácido esteárico	3	13,264	46,72a	Ácido esteárico
4	16,568	4,82d	Ácido eicosanoico	4	16,573	4,54d	Ácido eicosanoico
			Semana 1- T4				Semana 6-T4
1	9,866	6,59c	Ácido palmítico	1	9,873	6,94c	Ácido palmítico
2	12,834	43,71b	Ácido oleico	2	12,839	43,99b	Ácido oleico
3	13,260	45,25a	Ácido esteárico	3	13,264	45,92a	Ácido esteárico
4	16,567	4,45d	Ácido eicosanoico	4	16,573	3,16d	Ácido eicosanoico
			Semana 1- T5				Semana 6- T5
1	9,865	6,81c	Ácido palmítico	3	12,838	41,40a	Ácido oleico
2	12,834	44,86a	Ácido oleico	4	13,266	38,59b	Ácido palmítico
3	13,260	44,40b	Ácido esteárico	5	16,573	2,91c	Ácido eicosanoico
4	16,569	3,93d	Ácido eicosanoico				

Medias seguidas de la misma letra en la columna no difieren por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

que la semilla es un subproducto del cupuaçu que contiene aceite residuos y colaborar con el procesamiento de residuos, ya que la semilla es un subproducto del cupuaçu, que contiene aceite.

RECONOCIMIENTOS

A la Fundación de Apoyo a la Investigación del Estado de Amazonas - FAPEAM, al Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico - CNPQ y al Instituto Nacional de Investigaciones de la Amazonía - INPA (Brasil). A los colegas que contribuyeron directamente a lo largo del desarrollo de esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Anandharamkrishnan, C., C.D. Rielly, and A.G. Stapley. 2010. Spray-freeze-drying of whey proteins at sub-atmospheric pressures. *Dairy Science & Technology* 90(2): 321-334. ISSN 1958-5594.
- Azeredo, H. D. 2008. Encapsulação: aplicação à tecnologia de alimentos. *Alimentos e Nutrição Araraquara* 16 (1): 89-97. ISSN 0103-4235.
- Beltrão, N. D. M and M. Oliveira. 2007. Oleaginosas potenciais do Nordeste para a produção de biodiesel. *Embrapa Algodão- Documentos (INFOTECA-E)*. ISSN 0103-0205.
- Botrel, D. A., S. V. Borges, R. V. B. Fernandes, R. Antoniassi, A. F. F. Machado, J. P. A. Feitosa, et al. 2017. Application of cashew tree gum on the production and stability of spray-dried fish oil. *Food Chemistry* (221):1522-1529. ISSN 0308-8146.
- Carlos, S. A. V., L. A. do Amaral, S. M. M. Romeiro, S. C. Monteiro, Z. D. Fernanda, S. W. R. Gonçalves, et al. 2019. Elaboração de sorvete de cupuaçu utilizando fibra de casca de maracujá como substituto de gordura. *Evidência* 19 (1):23-44. ISSN 2236-6059.
- Cooper, K., A. J. L. Donovan, A. L. Waterhouse and G. Williamson. 2008. Cocoa and health: a decade of research. *British Journal of Nutrition* 99 (1): 1-11, . ISSN 1475-2662.
- Corrales, M., P. M. de Souza, M. R. Stahl and Avelina Fernández. 2012. Effects of the decontamination of a fresh tiger nuts' milk beverage (horchata) with short wave ultraviolet treatments (UV-C) on quality attributes. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 13:163-168. ISSN 1466-8564.
- Costa, J. D. P. D., L. G. M. Neto, S. Rodrigues and J. M. C. Costa. 2020. Assessing the use of arabic gum as a drying adjuvant for powdered shrimp obtained using a spray dryer. *Ciência Animal Brasileira* 21. ISSN 1809-6891. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v21e-56666>
- Ezhilarasi, P. N., D. Indrani, B.S. Jena and C. Anandharamkrishnan. 2013. Freeze drying technique for microencapsulation of Garcinia fruit extract and its effect on bread quality. *Journal of Food Engineering* 117 (4): 513-520. ISSN 0260-8774.
- Fernandes, J. G. 2020. Produção, caracterização e estabilidade de óleo de abacate microencapsulado usando goma arábica e inulina. *Dissertação (Mestrado em Engenharia de Biomateriais) Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais*. Available at: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/41428/2/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Produ%C3%A7%C3%A3o%20e%20estabilidade%20de%20C3%B3leo%20de%20abacate%20microencapsulado%20usando%20goma%20ar%C3%A1bica%20e%20inulina.pdf
- Ferreira, J. D. P. S. 2015. Bioimperialismo e direito de propriedade intelectual: disputas pelo acesso ao cupuaçu e ao conhecimento tradicional. *Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Filosofia e Ciências. Marília - SP*. Available at: <https://repositorio.unesp.br/items/ec022625-5288-43d0-8597-9b3e1acd511f>
- Gichau, A. W., J. K. Okoth and A. Makokha. 2020. Moisture sorption isotherm and shelf life prediction of complementary food based on amaranth-sorghum grains. *Journal of food science and technology* 57 (3): 962-970. ISSN 0975-8402.
- Iqbal, S., and M. Bhangar. 2007. Stabilization of sunflower oil by garlic extract during accelerated storage. *Food Chemistry* 100(1): 246-254. ISSN 0308-8146.
- Kagami, Y., S. Sugimura, N. Fujishima, K. Matsuda, T. Kometani and Y. Matsumura. 2003. Oxidative stability, structure, and physical characteristics of microcapsules formed by spray drying of fish oil with protein and dextrin wall materials. *Journal of Food Science* 68(7): 2248-2255. ISSN 0022-1147.
- Kalab, M. 1979. Microstructure of dairy foods. 1. Milk products based on protein. *Journal of Dairy Science* 62 (8): 1352-1364. ISSN 0022-0302.

- Karaca, A. C., N. Low and M. Nickerson. 2013. Encapsulation of flaxseed oil using a benchtop spray dryer for legume protein-maltodextrin microcapsule preparation. *Journal of agricultural and food chemistry* 61(21): 5148-5155. ISSN 0021-8561.
- Klinkesorn, U. P. Sophanodora, P.Chinachoti, E. A. Decker and D.J. McClements. 2006. Characterization of spray-dried tuna oil emulsified in two-layered interfacial membranes prepared using electrostatic layer-by-layer deposition. *Food Research International* 39 (4): 449-457. ISSN 0963-9969.
- Lopes, A. S. 2000. Estudo químico e nutricional de amêndoas de cacau (*Theobroma cacao* L.) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) em função do processamento. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas- SP. <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2000.201679>
- Luccas, V. 2001. Fracionamento térmico e obtenção de gorduras de cupuaçu alternativas à manteiga de cacau para uso na fabricação de chocolate. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Faculdade de Engenharia Química, UNICAMP, Campinas- SP. <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2001.222077>
- Luz, L. 2016. Eficiência da encapsulação e estabilidade oxidativa do óleo de chia microencapsulado por spray drying. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira. <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/12646>
- Lv, Y., X. Zhang, H. Zhang, S. Abbas and E. Karangwa. 2013. The study of pH-dependent complexation between gelatin and gum arabic by morphology evolution and conformational transition. *Food Hydrocolloids* 30 (1): 323-332. ISSN 0268-005X.
- Marchese, D. A. 2002. Estudo do processo de obtenção do pó de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) alcalinizado. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas- SP. <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2002.239845>
- Mobarak, H.M., E. N.Mohamad, H.H. Masjuki, M.A. Kalam, K.A. Mahmud, M. Habibullah, et al. 2014. The prospects of biolubricants as alternatives in automotive applications. *Renewable and sustainable energy reviews* 33: 34-43. ISSN 1364-0321.
- Nakagawa, K., and H. Nagao. 2012. Microencapsulation of oil droplets using freezing-induced gelatin-acacia complex coacervation. *Colloids and surfaces A: physicochemical and engineering aspects* 411: 129-139. ISSN 0927-7757.
- Nawas, T., MD. S.Azamuma, A. H. Ramadhanum, Y. Xuun and W. Xia. 2019. Impact of wall material on the physiochemical properties and oxidative stability of microencapsulated spray dried silver carp oil. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 28 (1): 49-63. ISSN 1049-8850. <https://doi.org/10.1080/10498850.2018.1560380>
- Nelson, D. L., and M. M. Cox. 2018. *Princípios de Bioquímica de Lehninger-7*. Artmed Editora. ISBN 858271534X.
- Oliveira, A. A. L. A. 2018. Caracterização agrônômica do camapu (*Physalis angulata* L.), qualidade pós colheita e aproveitamento tecnológico dos frutos. Dissertação (Mestrado em Agricultura no Trópico Úmido) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus - AM. Available at: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/5339>
- Oliveira, T. S. D. 2019. Microencapsulação e estabilidade oxidativa do óleo de castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) com concentrados proteicos vegetais. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal do Amazonas, Amazonas, Manaus-AM. Available at: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/7523>
- Pellicer, J. A., M. I. Fortea, J.Trabal, M. I. R. López, J. A. Gabaldón and E. N. Delicado. 2019. Stability of microencapsulated strawberry flavour by spray drying, freeze drying and fluid bed. *Powder Technology* 347: 179-185. ISSN 0032-5910. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.03.010>
- Pugliese, A. G. 2010. Compostos fenólicos do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e do cupulate: Composição e possíveis benefícios. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Ciências Farmaceuticas Universidade de São Paulo, São Paulo. Available at: <https://pdfs.semanticscholar.org/3178/9a9a7bff4cbe5b4d-621857d1f4f89b177035.pdf>
- Righetto, A. M. 2003. Caracterização físico-química e estabilidade de suco de acerola verde microencapsulado por atomização e liofilização. Tese (Doutorado em Ciência da Nutrição) 200p. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Available at: <https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=463262>

- Rogez, H., R. Buxant, É. Mignolet, J. N. S. Souza, E. M. Silva and Y. Larondelle. 2004. Chemical composition of the pulp of three typical Amazonian fruits: araçá-boi (*Eugenia stipitata*), bacuri (*Platonia insignis*) and cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). *European Food Research and Technology* 218 (4): 380-384. ISSN 1438-2385.
- Santos, T. A. D. 2021. Agroecologia e comunidades da Amazônia: um estudo da inserção das comunidades de Bragança (PA) na produção agroecológica. *Acta Geográfica* 15 (37): 94-123, 2021. ISSN 2177-4307.
- Serfert, Y., S. Drusch and K. Schwarz. 2009. Chemical stabilisation of oils rich in long-chain polyunsaturated fatty acids during homogenisation, microencapsulation and storage. *Food Chemistry* 113 (4): 1106-1112. ISSN 0308-8146.
- Souza, S. J. F. D. 2015. Estudo da atividade de água em co-produtos da indústria de sucos: sementes de maracujá, casca de laranja e cascas de manga. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos). Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto. Available at: <http://hdl.handle.net/11449/127879>
- Wang, T., J. Lin, Z. Chen, M. Megharaj and R. Naidu. 2014. Green synthesized iron nanoparticles by green tea and eucalyptus leaves extracts used for removal of nitrate in aqueous solution. *Journal of cleaner production* 83: 413-419. ISSN 0959-6526. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.006>