

## **Microencapsulación de compuestos bioactivos de pulpa de camu camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaugh) utilizando almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) modificado como material de pared.**

### **Microencapsulation of bioactive compounds from camu camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaugh) pulp using modified cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch as wall material.**

Carlos Alberto Torres Cueva  
c\_torres252@hotmail.com  
<https://orcid.org/0009-0007-9849-2865>  
Universidad Nacional de Ucayali (UNU)

Edgar Vicente Santa Cruz.  
edgar\_vicente@unu.edu.pe  
<https://orcid.org/0000-0002-4007-6208>  
Universidad Nacional de Ucayali (UNU)

#### **Resumen**

Se investigó al almidón de yuca modificado por dextrinización como un posible material de pared de compuestos bioactivos de pulpa de camu camu, buscando determinar su capacidad de retención de ácido ascórbico y fenoles totales al variar la concentración del almidón modificado (10-15%) y la temperatura de aire de entrada (150-190 °C) en el proceso de secado por aspersión. Se utilizaron los métodos de análisis AOAC 967.21 para ácido ascórbico y Folin-Ciocalteu para fenoles totales. La modificación del almidón arrojó un rendimiento de 59%. El ácido ascórbico de las muestras atomizadas varió entre  $13.59 \pm 0.20 - 31.10 \pm 0.41$  mg/g MS con retención de 8.50 – 19.38 % respecto a la pulpa, habiendo diferencias solamente con el factor concentración ( $p < 0.05$ ), la prueba de Tukey reveló que en el rango 10 – 15 % hay una diferencia favorable de 16.39 mg de ácido ascórbico/g MS al usar 15% de concentración. Los fenoles totales variaron entre  $11.97 \pm 0.23 - 18.53 \pm 0.32$  mg AGE/g MS con retención de 12.61 - 19.51 % respecto a la pulpa, y no existió diferencias significativas al variar los factores temperatura y concentración. El modelo de superficie de respuesta indicó que se maximiza el contenido de ácido ascórbico y se minimiza la humedad con 190 °C y 15%. Los resultados indican que el almidón de yuca modificado presenta potencial como agente microencapsulante, aunque mayores estudios son requeridos.

**Palabras claves:** Secado por aspersión, compuestos bioactivos, almidón modificado, yuca, camu camu.

#### **Abstract**

Cassava starch modified by dextrinization was investigated as a possible wall material of bioactive compounds from camu camu pulp, seeking to determine its retention capacity of ascorbic acid and total phenolics by varying the concentration of the modified starch (10-15%) and the inlet air temperature (150-190 °C) in the spray drying process. The analysis methods AOAC 967.21 for ascorbic acid and Folin-Ciocalteu for total phenolics were used. The starch modification yielded at 59%. The ascorbic acid in the spray-dried samples varied between  $13.59 \pm 0.20 - 31.10 \pm 0.41$  mg/g DM with retention of 8.50 – 19.38 % in relation to the pulp, with differences only with the concentration factor ( $p < 0.05$ ), the Tukey test revealed that in the range

10 – 15% there is a favorable difference of 16.39 mg of ascorbic acid/g DM when using 15% concentration. Total phenolic content varied between  $11.97 \pm 0.23$  –  $18.53 \pm 0.32$  mg GAE/g DM with retention of 12.61 - 19.51 % in relation to the pulp, and there were no significant differences when varying the temperature and concentration factors. The response surface model indicated that with 190 °C and 15% the ascorbic acid content is maximized and the humidity is minimized. The results indicate that modified cassava starch has potential as a microencapsulating agent, although further studies are required.

**Keywords:** Spray drying, bioactive compounds, modified starch, cassava, camu camu

## Introducción

Existe un grupo específico de alimentos que tienen cantidades muy altas de nutrientes que juegan un rol importante en la dieta y bienestar general, son los denominados ‘superalimentos’ (Fernández-Ríos et al., 2022). En el Perú uno de esos superalimentos es el fruto amazónico del camu camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaugh), abundante en compuestos bioactivos como el ácido ascórbico, carotenoides y polifenoles que tienen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antidiabéticas, inmunológicas, entre otras (Castro et al., 2018).

El fruto del camu camu y sus compuestos bioactivos son sensibles al deterioro por diversos factores fisicoquímicos (Chang, 2013), es por esto que se usan alternativas tecnológicas para protegerlo. Una de estas es la encapsulación, que consiste en atrapar una partícula, sustancia o compuesto llamado *material núcleo* dentro de un elemento protector llamado *material de pared* (Risch, 1995, citado en Díaz-Montes, 2023). La encapsulación puede ser realizada a través de procesos fríos (liofilización, enfriamiento por aspersión, etc.) o calientes (evaporación por solvente, extrusión por fusión o secado por aspersión, etc.), siendo el secado por aspersión el más usado para procesos de encapsulación (Mohammed et al., 2020, citado en Díaz-Montes, 2023).

En el secado por aspersión se alimenta una solución de la materia prima mezclada con un material de pared a un sistema cerrado de alta presión y alta temperatura que transforma al líquido en microgotas y luego en polvo (Santos et al., 2018). La maltodextrina es uno de los materiales de pared más comerciales, y presenta un costo que oscila entre \$600-650 (USD) por tonelada métrica si esta es importada desde China (que es la más barata), esto sin sumar las tarifas de importación, además su precio ha ido elevándose (costaba aproximadamente \$200 la TM en el 2015) debido a su creciente demanda, pues es un aditivo que tiene una amplia gama de usos (Procurement resource, 2022).

La utilización de almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) modificado por dextrinización como material de pared es una alternativa interesante ya que en general los almidones modificados tienen propiedades de barrera y estabilidad frente a las condiciones de procesamiento y almacenamiento (Starch Europe, 2021). También es importante mencionar que la yuca se produce en grandes cantidades en la región de Ucayali, ocupando el quinto lugar a nivel nacional, promediando poco más de 100 mil TM anuales en los últimos tres años (MIDAGRI, 2023). En esta investigación se evaluó si las dextrinas de yuca poseen capacidad microencapsuladora significativa de ácido ascórbico y polifenoles de pulpa de camu camu.

### **Materiales y métodos**

*Materias primas:* se utilizó frutos maduros de camu camu, las cuales fueron obtenidos del caserío Pucallpillo (Latitud -8.536475, Longitud -74.770541) del distrito de Manantay-Ucayali, la muestra fue pulpeada y refinada (partículas de 0.212 mm) en los laboratorios de Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, se empaquetó al vacío y se almacenó a temperatura de congelación (-18 °C) hasta su uso. En tanto, tubérculos de yuca variedad *señorita* provenientes del caserío Agua Dulce (Latitud -8.448934, Longitud -74.503260), distrito de Campo Verde-Ucayali fueron procesados en los mismos laboratorios para extraer el almidón nativo, y realizar su posterior modificación.

*Diseño experimental:* Se usó un diseño factorial 3<sup>2</sup> acoplado con la metodología de superficie de respuesta para evaluar los efectos de temperatura de aire de entrada (150 - 190 °C) y concentración de almidón modificado de yuca (10 - 15%), siendo las respuestas a medir en las muestras atomizadas los contenidos de humedad y de compuestos bioactivos, ácido ascórbico y fenoles totales – carotenoides no fueron incluidos por estar en bajas proporciones en la pulpa. Todos los análisis fueron por triplicado y expresados como media  $\pm$  desviación estándar. Para evaluar las diferencias entre medias se usó la prueba de análisis de varianza (ANVA) y si se presentaba significancia ( $p < 0.05$ ) se continuó con la prueba de Tukey para evaluar las diferencias entre rangos. Por último, se encontró los valores óptimos de secado a través de la superficie de respuesta. Los datos se analizaron con el software estadístico Design Expert v. 7.0 (Stat-Ease, Inc., MN, Estados Unidos).

*Modificación del almidón de yuca:* Se realizó esta modificación química, denominada “Dextrinización de almidón”, de acuerdo a la patente española de Petrus, J., Wilhelmus, R., & Maria, A. (España Patente n° ES2207304T3, 1999), específicamente se buscó obtener las

dextrinas amarillas, aquellas que obtienen una mejora substancial en su solubilidad como producto de la modificación. El proceso comprende en someter al almidón nativo a temperaturas entre un rango de 150-170°C, entre 6-18 horas, en un medio ácido que funcione como catalizador. Sobre específicos, se siguieron los pasos que realizaron Velasco et al. (2008), en la primera etapa, el almidón nativo de yuca fue mezclado con agua en proporción 37.8% p/v, luego se incorporó HCl al 37%, en una cantidad equivalente 0.2% del peso de la mezcla almidón-agua, hasta que el pH descienda a 3 o lo más cercano a 3. Luego se separó el agua, se secó el almidón acidificado (50 °C por 120 min) y después se sometió por 6 horas a 170 °C para obtener las dextrinas amarillas de yuca. Después se molturó y tamizó para homogeneizar las partículas (0.212 mm).



**Figura 01:** Dextrinas amarillas obtenidas del proceso de modificación del almidón nativo de yuca (izquierda). Camu camu atomizado utilizando dextrinas amarillas de yuca como material de pared (derecha).

*Ensayos de atomización:* Los nueve ensayos se realizaron en el secador por aspersión de escala laboratorio Lonza Hento 1500 de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali. Para homogeneizar la solución a secar fue imprescindible el uso de un agitador magnético a 650 RPM y 42 °C por 20 minutos. Los parámetros que se mantuvieron constantes fueron los siguientes: 3 mm de diámetro de aguja inyectora, 80 °C de temperatura de aire de salida, 37 mL/min de flujo de carga. Las muestras fueron recogidas en botellas ámbar de vidrio y estas a su vez almacenadas en desecadores hasta realizar los análisis correspondientes.

*Análisis de las muestras atomizadas.*

**Contenido de humedad:** La humedad promedio de las muestras más el control fueron evaluadas utilizando una estufa con recirculación de aire a 110 °C hasta encontrar peso constante, Método AOAC 964.22. Los resultados quedaron expresados en porcentaje.

Contenido de ácido ascórbico: Se usó el método oficial de análisis para ácido ascórbico por titulación con 2,6-diclorofenolindofenol, Método AOAC 967.21. Los resultados quedaron expresados como mg de ácido ascórbico por gramo de materia seca.

Contenido de fenoles totales: Se utilizó el método reductor de Folin-Ciocalteu. Se usó una alícuota de 0.25 mL de la muestra y esta se mezcló con 0.25 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu 2N y 2 mL de agua destilada. Después de 3 minutos a temperatura ambiente, 0.25 mL de una solución saturada de carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) se añadió en baño maría a 37°C por 30 min. La absorbancia se midió a 765 nm usando un espectrofotómetro UV. Los polifenoles totales se calcularon sustrayendo el valor de la capacidad reductora de Folin-Ciocalteu debido al ácido ascórbico, usando una curva analítica con ácido gálico como estándar de referencia y los resultados quedaron expresados como mg de ácido gálico equivalente por gramo de materia seca (Singleton, Orthofer, & Lamuela-Raventós, 1999, citado en Fujita et al., 2017).

## Resultados y discusiones.

### *Rendimiento de modificación del almidón de yuca y evaluación cualitativa.*

El proceso de modificación del almidón de yuca arrojó un rendimiento de 59% respecto al almidón nativo. Se observó cualitativamente que existía solubilidad parcial en agua a temperatura ambiente (25 °C) y solubilidad total por encima de 40 °C, además se notó mayor viscosidad que la maltodextrina en las mismas condiciones de solubilidad. Estas características dificultan su mezcla homogénea con la materia prima.

La razón del por qué estas dextrinas de yuca tienen estas características se deba a que la modificación usada no tiene el suficiente nivel de polimerización (hidrólisis) y transglicosilación (reordenamiento molecular) para que en solución forme aglomerados homogéneos con el núcleo que va a proteger (BeMiller, 2003).

### *Caracterización fisicoquímica de la pulpa de camu camu.*

#### **Tabla 01**

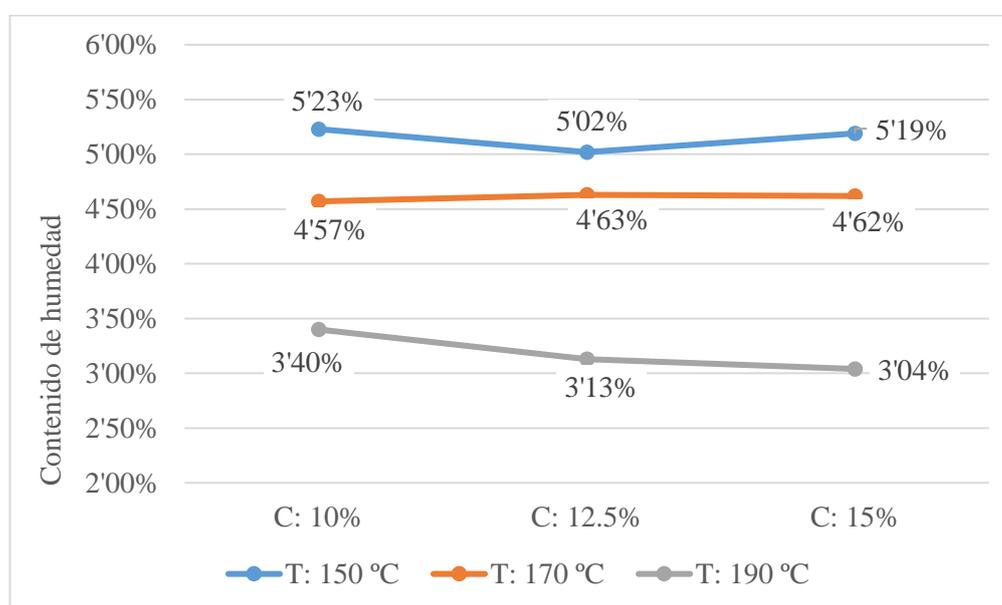
*Caracterización fisicoquímica de pulpa de camu camu obtenida del caserío Pucallpillo, Distrito de Manantay, Ucayali.*

Parámetros	Media $\pm$ desviación estándar
Humedad (%)	93.1 $\pm$ 0.25
pH	2.9 $\pm$ 0.05
Sólidos solubles (°Brix)	6.9 $\pm$ 0.15

Los resultados mostrados en la Tabla 1 indican que la muestra de pulpa de camu camu usada se encuentra en rangos normales de los parámetros humedad, pH y sólidos solubles, ya que se conoce que la humedad puede variar entre  $93.83 \pm 0.51\%$ , el pH puede variar  $2.84 \pm 0.31$  y los sólidos solubles pueden variar de  $6.18 \pm 0.99$  °Brix (Castro et al., 2018).

*Contenido de humedad, ácido ascórbico y fenoles totales de las muestras atomizadas.*

Después de realizar los ensayos de atomización, se hizo los cálculos de rendimiento de proceso de secado, este varió entre 14.54 – 20.56%, estos datos son cercanos a los obtenidos por otros investigadores que obtuvieron alrededor de 26% de rendimiento (Dib Taxi et al., 2003; Fujita et al., 2017).



**Figura 02:** Contenido de humedad de muestras atomizadas de pulpa de camu camu utilizando dextrinas amarillas de yuca como material de pared.

La Figura 2 contiene los resultados del análisis de humedad de las muestras atomizadas cuyo rango varió entre 3.04 y 5.23 %, esto está dentro de los rangos apropiados de humedad máxima para polvos alimenticios, que se considera entre 4-6% (Li et al., 2020). Además, el análisis de varianza indicó que solo hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) al variar el factor temperatura. La prueba de Tukey indicó que en el rango 150-190 °C está la reducción promedio más grande de humedad, 1.96%, a favor de 190 °C.

En la Tabla 02 se incluye los resultados de los análisis de contenido de ácido ascórbico y fenoles totales, y con esta data se hizo los cálculos la eficiencia de retención de estos compuestos en las

muestras atomizadas. Diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) fueron encontradas en el contenido de ácido ascórbico al variar el factor concentración, más no al variar el factor temperatura (ver Tabla 03). Indican Fujita et al. (2017) que esto es esperable dado que existe un corto tiempo de exposición al calor (aprox. 10 s) en el proceso de atomización. La prueba de Tukey indicó diferencias significativas en todos los rangos, y en el rango 10-15% existe la diferencia más alta, 16.39 mg/g MS a favor de 15%. Además, el coeficiente de determinación  $R^2$  (ajustado) = 0.9974 indica que la variabilidad de esta respuesta es explicada por efecto de los factores casi en su totalidad.

**Tabla 02**

*Contenido y eficiencia de retención de ácido ascórbico y fenoles totales de muestras de pulpa de camu camu atomizadas utilizando dextrinas amarillas de yuca como material de pared.*

Ensayos	C (%)	T (° C)	Ácido ascórbico (mg/g MS)	Fenoles totales (mg AGE/g MS)	Retención AA (%)	Retención FT (%)
1	10	150	13.59 ± 0.20	11.97 ± 0.23	8.50	12.61
2	10	170	14.00 ± 0.20	13.30 ± 0.27	8.72	14.00
3	10	190	14.52 ± 0.20	12.89 ± 0.15	9.05	13.57
4	12.5	150	19.60 ± 0.23	14.99 ± 0.21	12.21	15.79
5	12.5	170	20.60 ± 0.31	15.08 ± 0.16	12.84	15.88
6	12.5	190	20.54 ± 0.23	18.53 ± 0.32	12.79	19.51
7	15	150	29.80 ± 0.41	17.24 ± 0.35	18.57	18.15
8	15	170	31.10 ± 0.41	18.43 ± 0.25	19.38	19.40
9	15	190	30.43 ± 0.14	17.56 ± 0.14	18.96	18.49
Control	Pulpa de camu camu		160.52 ± 2.73	94.99 ± 0.82	-	-

*Nota: Para cada ensayo y control se utilizó 200 g de pulpa de camu camu.*

El contenido de ácido ascórbico de las muestras es similar a la investigación de Fracassetti et al. (2013), quienes reportaron 35.1 mg/g MS, pero es menor a lo reportado por García et al. (2020), 66.90 mg/g MS, ambos grupos de investigadores usaron maltodextrina como material de pared. Las eficiencias de retención fueron menores a lo reportado por Fujita et al. (2017), que obtuvieron 26 – 47% de retención usando maltodextrina y 26 – 57% de retención usando goma arábica como materiales de pared.

No se encontraron diferencias al variar los factores concentración y temperatura en el caso del contenido de fenoles totales de las muestras atomizadas (ver Tabla 3). La cantidad de fenoles totales hallada en las muestras es mayor a la investigación de Fracassetti et al. (2013) que reportaron 48.54 mg/100 g polvo atomizado. Las eficiencias de retención fueron menores a lo

reportado por Fujita et al. (2017), que obtuvieron 25 – 44 % de retención usando maltodextrina y 35 – 62 % usando goma arábica como materiales de pared. El coeficiente de determinación  $R^2$  (ajustado) = 0.6460 indica que hay un gran porcentaje de variabilidad de la respuesta que no es explicado por efecto de los factores.

El valor de fenoles totales de la pulpa de camu camu, es decir 94.99 mg AGE/g MS para poder ser comparado con otras investigaciones nos sirve mejor tenerlo en unidades de materia fresca, *fresh weight (FW)* por su denominación en inglés, es decir, 664.91 mg AGE/100 g FW. Esta cantidad es menor a lo encontrado por otros investigadores: 1176 mg AGE/100 g FW (Rufino et al., 2010), 1797 mg AGE/100 g FW (Genovese et al., 2008) y 1320 mg AGE/100 g FW (Chirinos et al., 2010). Los motivos de esta menor cantidad de fenoles pueden ser varios, factores nutricionales de la planta, estrés ambiental, genotipo, entre otros.

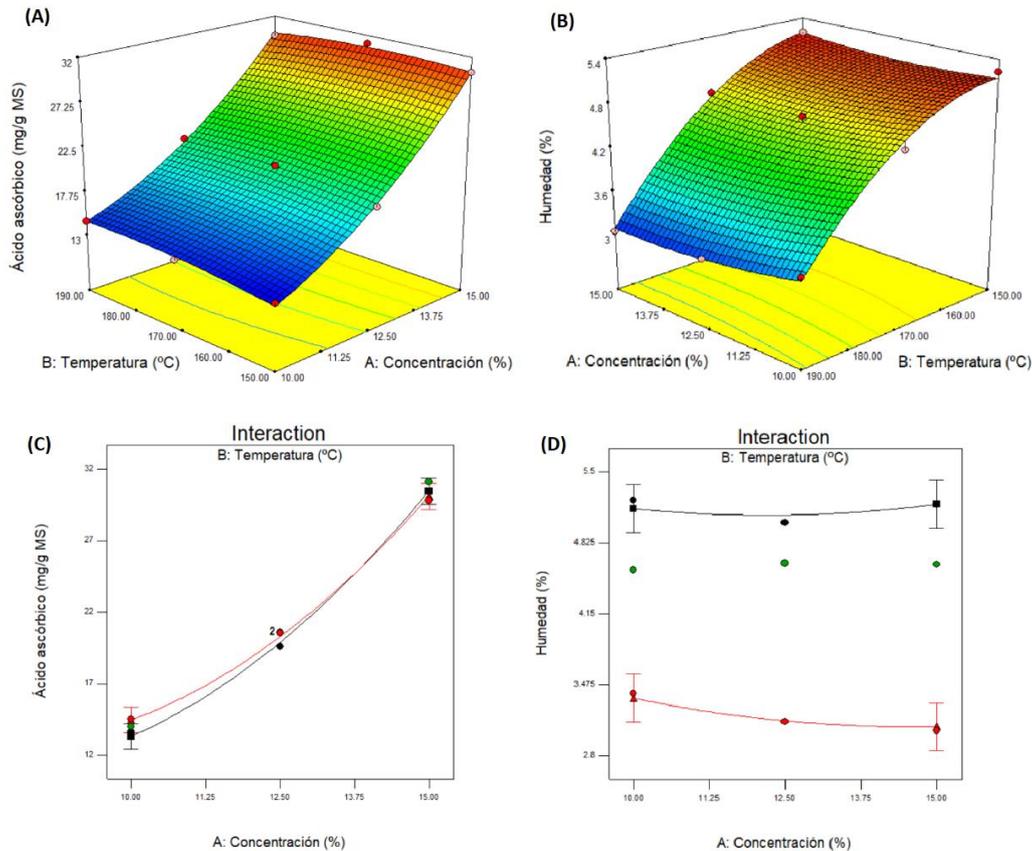
**Tabla 03**

*Coefficientes (codificados) de regresión, coeficientes de determinación y valor-p de contenido de ácido ascórbico, fenoles totales y contenido de humedad de muestras de pulpa de camu camu atomizadas utilizando dextrinas de yuca como material de pared.*

Parámetros	Ácido ascórbico	Valor-p AA	Fenoles totales	Valor-p FT	Humedad	Valor-p H
<i>Intercepto</i>	20.56	-	16.25	-	4.55	-
<i>C</i>	8.19	<0.0001	2.51	0.3294	-0.057	0.3026
<i>T</i>	0.20	0.3648	0.69	0.8850	-0.98	0.0002
<i>C<sup>2</sup></i>	2.01	0.0081	-0.97	0.4006	0.080	0.3885
<i>T<sup>2</sup></i>	-0.48	0.2308	-0.069	0.9489	-0.44	0.0116
<i>CxT</i>	-0.38	0.1941	-0.31	0.8459	-0.078	0.2619
<i>R<sup>2</sup></i>	0.9990	-	0.8673	-	0.9939	-
<i>R<sup>2</sup> ajust.</i>	0.9974	-	0.6460	-	0.9838	-
<i>R<sup>2</sup> predic.</i>	0.9820	-	-0.3238	-	0.9362	-
<i>C.V.%</i>	2.09	-	9.52	-	2.61	-

*Valores óptimos de los factores que maximizan el contenido de compuestos bioactivos y minimizan el contenido de humedad.*

En la Tabla 03 están indicados los valores  $R^2$  predictivos de las tres respuestas que son válidas para realizar análisis en base a superficie de respuesta. El valor  $R^2$  predictivo de fenoles totales es -0.3238, es decir que su modelo matemático no es apropiado para realizar predicciones en base a superficie de respuesta, a diferencia del ácido ascórbico (0.9820) y humedad (0.9362) que tienen valores idóneos.



**Figura 03:** Superficie de respuesta para el contenido de ácido ascórbico y humedad e interacciones de los factores temperatura y concentración para cada respuesta.

La Figura 3 refiere a las gráficas de superficie de las variables respuesta. Respecto del contenido de ácido ascórbico, se muestra claramente la poca influencia de la temperatura sobre la variable respuesta (Figura 3A), esta se ve influenciada por la concentración de forma directamente proporcional, mientras que la gráfica de interacción de factores muestra una acción conjunta muy leve (Figura 3C) sobre la misma.

Arteaga (2020) maximizó la cantidad de ácido ascórbico en muestras de camu camu al variar los factores de concentración de goma arábiga, temperatura de aire de entrada, y velocidad de giro. Obtuvo que con los valores de 190° C y 15000 RPM (concentración no fue un factor significativo) se obtendría 26175 mg/100 g muestra seca. Este valor es más alto de lo obtenido en esta investigación y otras aquí citadas por un factor de más del doble.

La superficie de respuesta del contenido de humedad indica la poca influencia del factor concentración sobre la humedad de las muestras (Figura 3B) y la gráfica de interacción de

factores muestra que no existe acción conjunta sobre la variable de respuesta, podemos confirmar que solo depende exclusivamente de la temperatura de secado.

Por último, la optimización numérica indica que los factores de 190 °C de temperatura de aire de entrada y 15% de concentración de dextrinas amarillas de yuca minimizan la humedad (3.09%) y maximizan el contenido de ácido ascórbico (30.11 mg/g MS) con una deseabilidad de 0.959, y al ser este valor próximo a 1, habla de que esa combinación es muy idónea (Amdoun et al., 2018).

### Conclusiones

De acuerdo a lo estudiado, solo se puede atribuir capacidad significativa de microencapsulación a las dextrinas amarillas de yuca para el contenido de ácido ascórbico ( $p < 0.05$ ), más no para el contenido de fenoles totales. Las eficiencias de retención de ácido ascórbico y fenoles totales son en menores proporciones a las opciones comerciales de materiales de pared como la maltodextrina o goma arábica. Por otro lado, el producto seco cumple con el requisito de la humedad máxima que debe tener un polvo alimenticio.

Dado que los compuestos bioactivos del camu camu son de alto valor, y visto que la modificación del almidón de yuca representa potencial como material de pared, se requiere seguir estudiando otras vías de modificación y ampliar el espectro de estudio de factores, y/o variables de respuesta, tal como la capacidad antioxidante. Asimismo, el almidón de yuca modificado podría servir dentro de otras matrices alimenticias, por lo que se debe realizar estudios de morfología y reología que ayuden a entender mejor su naturaleza fisicoquímica.

### Referencias bibliográficas

- Amdoun, R., Khelifi, L., Khelifi-Slaoui, M., Amroune, S., Asch, M., Assaf-Ducrocq, C., & Gontier, E. (2018). The Desirability Optimization Methodology; a Tool to Predict Two Antagonist Responses in Biotechnological Systems: Case of Biomass Growth and Hyoscyamine Content in Elicited *Datura stramonium* Hairy Roots. *Iranian Journal of Biotechnology*, 16(1), 11-19. [https://doi.org/https://doi.org/10.21859%2Fijb.1339](https://doi.org/10.21859%2Fijb.1339)
- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists 15th edition*. Washington DC: AOAC.  
<https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>
- Arteaga Torres, F. I. (2020). *Efecto de la velocidad de flujo en la concentración de vitamina C del polvo de Myrciaria dubia (camu-camu) empleando goma arábica como agente*

*encapsulante*. UNAP - Repositorio institucional digital:

<https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/6801>

- BeMiller, J. (2003). Dextrins. En B. Caballero, *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (págs. 1773-1775). Elsevier Science. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00331-X>
- Castro, J. C., Maddox, J. D., Cobos, M., & Imán, S. A. (2018). Myrciaria dubia "Camu Camu" Fruit: Health-Promoting Phytochemicals and Functional Genomic Characteristics. En J. Soneji, & M. Nageswara-Rao, *Breeding and Health Benefits of Fruit and Nut Crops* (págs. 85-116). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.73213>
- Chang, A. (2013). *El camu camu: aspecto químicos, farmacológicos y tecnológicos*. Ica. [http://www.iiap.org.pe/archivos/publicaciones/publicacion\\_2098.pdf](http://www.iiap.org.pe/archivos/publicaciones/publicacion_2098.pdf)
- Chirinos, R., Galarza, J., Betalleduz-Pallardel, I., Pedreschi, R., & Campos, D. (2010). Antioxidants compounds and antioxidant capacity of peruvian camu-camu (Myrciaria dubia (H.B.K.) McVaugh) fruit at different maturity stages. *Food Chemistry*, 1019-1024. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.041>
- Díaz-Montes, E. (2023). Wall Materials for Encapsulating Bioactive Compounds via Spray-Drying: A Review. *Polymers*, 15(12). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/polym15122659>
- Dib Taxi, C., Menezes, H., Santos, A., & Grosso, C. (2003). Study of the microencapsulation of camu-camu (Myrciaria dubia) juice. *Journal of Microencapsulation*, 443-448. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/0265204021000060291>
- Fernández-Ríos, A., Laso, J., Hoehn, D., Amo-Setién, F. J., Abajas-Bustillo, R., Ortego, C., . . . Margallo, M. (2022). A critical review of superfoods from a holistic nutritional and environmental approach. *Journal of Cleaner Production*, 379. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134491>
- Fracassetti, D., Costa, C., Moulay, L., & Tomás-Barberán, F. (2013). Ellagic acid derivatives, ellagatannins, proanthocyanidins and other phenolics, vitamin C and antioxidant capacity of two powder products from camu-camu fruit (Myrciaria dubia). *Food Chemistry*, 578-588. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.01.121>

- Fujita, A., Souza, V., Daza, L., Favaro-Trindade, C., Granato, D., & Genovese, M. (2017). Effects of Spray-Drying parameters on In Vitro Functional Properties of Camu-Camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaugh): A Typical Amazonian Fruit. *Journal of Food Science*, 1-9. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1111/1750-3841.13668>
- García, V. A., Borges, J. G., Vanin, F. M., & Carvalho, R. A. (2020). Vitamin C stability in acerola and camu-camu powder obtained by spray drying. *Brazilian Journal of Food Technology*(23), 1-13. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.23719>
- Genovese, M. I., Pinto, M., Gonçalves, A. E., & Lajolo, F. (2008). Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Exotic Fruits and Commercial Frozen Pulps from Brazil. *Food Science and Technology International*, 14(3), 207-214. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/1082013208092151>
- Li, K., Pa, B., Lingjun, M., Song, M., & Junfu, J. (2020). Effect of Dextrose Equivalent on Maltodextrin/Whey Protein Spray-Dried Powder Microcapsules and Dynamic Release of Loaded Flavor during Storage and Powder Rehydration. *Foods*, 9(12). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods9121878>
- MIDAGRI. (2023). *Boletines anuales de producción agrícola en el Perú - SIEA*. <https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anuales/4-agricola>
- Mohammed, N., Tan, C., Manap, Y., Muhiadin, B., & Hussin, A. (2020). Spray Drying for the Encapsulation of Oils—A Review. *Molecules*, 25(17). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules25173873>
- Petrus, J., Wilhelmus, R., & Maria, A. (1999). *España Patente n° ES2207304T3*. <https://patents.google.com/patent/ES2207304T3/es>
- Procurement resource. (2022). *Procurement Resource*. Maltodextrin Price Trend and Forecast: <https://www.procurementresource.com/resource-center/maltodextrin-price-trends>
- Risch, S. (1995). Encapsulation: Overview of Uses and Techniques. En S. Risch, & G. Reineccius, *Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients* (págs. 2-7). Washington, DC: American Chemical Society. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/bk-1995-0590>

- Rufino, M., Alves, R., Brito, E., Perez-Jimenez, I., Saura-Calixto, F., & Mancini-Filho, I. (2010). Biactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, 996-1002.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.037>
- Santos, D., Maurício, A. C., Sencadas, V., Santos, J. D., Fernandes, M. H., & Gomes, P. S. (2018). Spray Drying: An Overview. En R. Pignatello, *Biomaterials - Physics and Chemistry* (págs. 9-35). IntechOpen.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.72247>
- Singleton, V., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 152-178. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Starch Europe. (20 de Junio de 2021). *Modified Starches*. Starch in Food:  
<https://starchinfood.eu/ingredient/modified-starches/>
- Velasco, R., Luna, W., Mera, J., & Villada, H. (2008). Producción de Dextrinas a partir de Almidón Nativo de Yuca por Via Seca en una Agroindustrial Rural. *Información Tecnológica*, 19(2), 15-22. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642008000200003>