

MICROENCAPSULACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DEL ARAZÁ (*Eugenia stipitata subsp. sororia*) POR SPRAY DRYING Y CARACTERIZACIÓN DE SUS PROPIEDADES

Micro-encapsulation of bioactive compounds from arazá (*Eugenia stipitata subsp. sororia*) by spray drying
and characterization of their properties

Jaime Eduardo Basilio Atencio¹ , Roberto Dávila Trujillo² , Melchor Soria Iturri³ 

¹: Ingeniero en Industrias Alimentarias por la Universidad Agraria de la Selva. Magister en Tecnología de Alimentos y Doctor en Ciencia de Alimentos por la Universidad Nacional Agraria La Molina. Docente ordinario-asociado de la Facultad de Industrias Alimentarias. Dirección legal: Av. Universitaria s/n, Carretera central km 1.3, Tingo María. Código ORCID: [0000-0002-7006-7724](https://orcid.org/0000-0002-7006-7724). Correo electrónico: jaime.basilio@unas.edu.pe

²: Ingeniero en Industrias Alimentarias por la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Magister en Tecnología de alimentos por la Universidad Nacional Agraria La Molina. Doctor en Ingeniería y Ciencias de Alimentos. Universidade Federal de Rio Grande. Docente Principal de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María. Dirección legal: Av. Universitaria s/n, Carretera central km 1.3. Código ORCID: [0000-0001-7555-6300](https://orcid.org/0000-0001-7555-6300). Correo electrónico: roberto.davila@unas.edu.pe.

³: Ingeniero en Industrias Alimentarias por la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Magister en Ingeniería y Ciencia de Alimentos por la Universidade Federal Do Rio Grande. Docente contratado de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María. Dirección legal: Av. Universitaria s/n, Carretera central km 1.3. Código ORCID: [0000-0002-1047-5339](https://orcid.org/0000-0002-1047-5339). Correo electrónico: melchor.Soria@unas.edu.pe.

RESUMEN

El trabajo de investigación tuvo como objetivo realizar la microencapsulación de los compuestos bioactivos del arazá secado por atomización, y caracterizar sus propiedades funcionales-mecánicas del producto obtenido. Se realizó los análisis fisicoquímicos, químico proximal, capacidad antioxidante y polifenoles totales de la pulpa de arazá. Se determinó los parámetros para la atomización ensayándose la velocidad de alimentación de la muestra (Pump Setting) de 5 y 8 RPM y temperaturas de entrada del aire caliente (Intel Temp) de 180 y 200°C. Se evaluó la capacidad antioxidante, polifenoles totales y propiedades térmicas TGA/DTG y DSC del polvo atomizado obtenido. La capacidad antioxidante y polifenoles totales de la pulpa de arazá fueron altos 125.83 mg equiv Trolox/100g y 130.24 mg equiv ácido gálico/100g respectivamente lo que justificaba su microencapsulación para proteger estos compuestos. Los parámetros adecuados fueron de 8 RPM de velocidad de alimentación y 200 °C de temperatura de entrada del aire caliente. De las propiedades térmicas TGA/DTG se obtuvo 3 zonas de pérdida de masa, por pérdida de agua y productos volátiles, por degradación de la maltodextrina y debido a la descomposición de los compuestos orgánicos residuales. Se concluye que el producto presenta alta capacidad antioxidante y elevados niveles de polifenoles, los mismos que se incrementan en 6.5 veces por efecto del secado.

Palabras Claves: atomizado, capacidad antioxidante, polifenoles totales, TGA, DTG, DSC.

ABSTRACT

The objective of the research work was to carry out the microencapsulation of bioactive compounds from spray-dried arazá, and to characterize the functional-mechanical properties of the product obtained. The physicochemical, proximal chemical, antioxidant capacity and total polyphenols analyses of the arazá pulp were carried out. The parameters for atomization were determined by testing the sample feeding speed (Pump Setting) of 5 and 8 RPM and hot air inlet temperatures (Intel Temp) of 180 and 200°C. The antioxidant capacity, total polyphenols and thermal properties TGA/DTG and DSC of the atomized powder obtained were evaluated. The antioxidant capacity and total polyphenols of the arazá pulp were high 125.83 mg equiv Trolox/100g and 130.24 mg equiv gallic acid/100g respectively, which justified its microencapsulation to protect these compounds. The suitable parameters were 8 RPM feed speed and 200 °C hot air inlet temperature. From the thermal properties TGA/DTG, 3 zones of mass loss were obtained, by loss of water and volatile products, by degradation of maltodextrin and due to the decomposition of residual organic compounds. It is concluded that the product presents high antioxidant capacity and high levels of polyphenols, which are increased 6.5 times by drying.

Keywords: atomized, antioxidant capacity, total polyphenols, TGA, DTG, DSC.

I. INTRODUCCIÓN

El arazá es originario de la región amazónica occidental comprendida entre los ríos Marañón y Ucayali y en las proximidades de Requena y el nacimiento del río Amazonas (Hernández et al., 2006; Quevedo, 1995), y es cultivado en países como Brasil, Perú, Ecuador, Bolivia y Colombia, principalmente en las regiones cálidas y húmedas (Cuellar et al., 2013), en el caso peruano está ampliamente distribuido entre las regiones tropicales como Loreto, Ucayali, Amazonas, Madre de Dios, San Martín, parte Huánuco, Pasco, Junín y Cusco.

Entre los frutos beneficiosos para la salud por sus propiedades funcionales tenemos al arazá (*Eugenia stipitata*), que se caracteriza por estar dentro del grupo de las frutas que tienen alto contenido de vitamina C (Juntamay, 2010), la cual es un antioxidante importante en la industria de alimentos. Al respecto, Andrade et al. (1989) mencionan que 100g de pulpa de arazá contiene 101,1 mg de vitamina C, según Aguiar (1983), la cantidad de vitamina A en 100 g de pulpa puede cumplir las necesidades diarias de una persona adulta, la vitamina C son sensibles al calor, también se le atribuye su alto contenido en potasio y nitrógeno en 215,3 mg y 152,7mg respectivamente. Por lo que, es un fruto con gran potencial para la alimentación y la preservación de la salud del ser humano.

El fruto de arazá es muy aromático, tiene alto contenido de humedad alrededor del 93 %, es una fruta climatérica caracterizándose como una fruta altamente perecible y poco comercializable, sin embargo, se proyecta como un elemento productivo debido a sus características organolépticas lo hacen apetecible y sus componentes nutricionales prometen un beneficio para la salud de las personas (Cuellar et al., 2013; Laverde, 2010; Schroeter, 2006), pues los frutos pueden ser aprovechadas en la elaboración de diversos productos como jugos, refrescos, néctar, mermelada, jalea, dulces y licor, sea en forma artesanal o industrial (Prentice, 1983).

La atomización o Spray Dryer es una técnica que permite la conservación de las propiedades fisicoquímicas, funcionales, en su forma más natural de las frutas y vegetales. Existen tecnologías modernas como la atomización para preservar los metabolitos primarios y secundarios de la pulpa del arazá y también preserva el producto de la degradación bacteriana al disminuir drásticamente la actividad de agua. Además, la microencapsulación utilizando materiales de pared como maltodextrina y goma arábiga, mediante secado por atomización de la pulpa de arazá (*Eugenia stipitata subsp. sororia*) ecotipo peruano que permita la conservación de sus compuestos bioactivos y propiedades organolépticas (Vilstrup, 2004; Vilstrup, 2001; Vila Jato, 1997). En este contexto, el objetivo del trabajo fue microencapsular los compuestos bioactivos del arazá por spray drying y caracterizar sus propiedades funcionales-mecánicas.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución

El trabajo de investigación se desarrolló en los laboratorios de Ingeniería de Alimentos y laboratorio central de investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco, ubicada a una altitud de 632 m.s.n.m con clima tropical húmedo y con una humedad relativa media de 84% y temperatura ambiente de 25°C.

2.2. Materia prima

La materia prima fue la fruta de arazá (*Eugenia stipitata subsp. sororia*) ecotipo peruano del caserío de Mapresa que se encuentra distante a 4 Km de la ciudad de Tingo María, con buen estado de madurez, tamaño, peso adecuado, y la ausencia de daños físicos en su superficie, según apreciación visual, cuyo valor nutricional se describe en la Tabla 1.

Tabla 1

Valor nutricional en 100 g de pulpa de arazá

Componente	100 g de pulpa
Humedad (%)	95,12
Cenizas (%)	0,14
Extracto etéreo (%)	0,04
Proteína (%)	0,71
Fibra cruda (%)	0,37
Carbohidratos totales (%)	3,62
pH	2,79
Acidez titulable (% ácido málico)	2,79
Sólidos solubles (°Brix)	4,40
Azúcar total (%)	1,89
Vitamina A (UI/100g)	150,21
Vitamina C (mg/100g)	36,84
Polifenoles totales (mg/100g)	121,16
Carotenoides totales (mg/100g)	0,27
Antocianinas (mg/100g)	0,04
Actividad antioxidante (µmol equiv. Trolox/g)	5,00

Nota. De Jugo clarificado del arazá (Laverde, 2010)

Para la microencapsulación se empleó maltodextrina de almidón de maíz, de alta equivalencia de dextrosa (Maltodextrina DE 10) marca Montana.

2.3. Métodos de análisis

- **Humedad**, método gravimétrico, se utilizó el método propuesto de Melendrez (2009).
- **Grasa**, se utilizó el método propuesto de la AOAC (2005).
- **Ceniza**, método gravimétrico por la AOAC (2005).

- **Proteína**, método Kjeldahl. AOAC (2005)
- **Carbohidratos (por diferencia)**, Se calculó mediante la relación de los otros componentes, para completar el 100 %.
- **Sólidos solubles** (A.O.A.C, 2001). Las muestras fueron homogenizadas previamente. Posteriormente se midió los °Brix al sobrenadante empleando un refractómetro.
- **Acidez titulable** (A.O.A.C, 2001). La determinación de acidez se realizó diluyendo 5 gramos de muestra en aproximadamente 50 mL de agua destilada. La valoración con una disolución de NaOH 0,1 N. El resultado se expresó como porcentaje en peso de ácido málico en arazá de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ acidez} = (V \times N \times \text{meq} \times 100) / w$$

V: volumen (mL) de NaOH consumidos
N: normalidad del NaOH
meq: miliequivalente del ácido predominante=0,06705
w: peso de la muestra (g)
- **Capacidad antioxidante y polifenoles totales**, Brand-Williams et al. (1995); análisis sensorial, método utilizado por Hernández (2005); polifenoles, método utilizado por Peláez et al. (2021).

2.4. Procedimiento de microencapsulación por atomización de la pulpa de arazá

Las operaciones del proceso de microencapsulación por atomización de la pulpa de arazá fueron:

- **Obtención de materia prima:** Los frutos de arazá ecotipo peruano fueron recolectados del caserío Mapresa ubicada a 4 Km de la ciudad de Tingo María, en un estado maduro, de tamaño y peso adecuado.
- **Selección/ clasificación:** Se realizó una selección en base a la variedad y una clasificación de la fruta en función a la madurez, tamaño, color y aspecto general.
- **Lavado/ desinfectado:** Se hizo por inmersión en agua potable a temperatura ambiente, se agregó hipoclorito de sodio a 50 ppm. Se realizó el remojo agitándose constantemente. Después de la inmersión se enjuagaron los frutos rociándolos con agua potable a temperatura ambiente, con el objeto de eliminar alguna suciedad o germicida residual.
- **Pelado:** Se realizó un pelado manual, ya que el tejido que cubre a la pulpa es muy fácil de retirar.
- **Cortado:** Se realizó con cuchillo de acero inoxidable, el corte se efectuó por la mitad del fruto pelado.

- **Despepitado:** Las semillas fueron retirados manualmente.
- **Pulpeado:** La parte comestible del fruto se pulpeó utilizando una licuadora por 3 minutos.
- **Dilución:** La dilución se realizó utilizando agua destilada, en una proporción 1:0.5, es decir 1Kg de pulpa con 0.5 Kg de agua destilada.
- **Tamizado:** Se realizó con un tamiz de 350 µm equivalente a 0,35 mm.
- **Adición de maltodextrina:** La maltodextrina se adiciono en la proporción del 10%. Para 90gr de pulpa tamizada se adiciono 10 gr de maltodextrina DE 10 marca Montana, luego de la adición de maltodextrina se homogenizo con la licuadora para disolver completamente la maltodextrina.
- **Atomizado (Microencapsulado):** Para definir las condiciones de atomizado se probó las siguientes variables: velocidad de alimentación de muestra (Pump Setting) 5 y 8 RPM, Temperaturas de entrada del aire caliente (Inlet Temp) 160 y 200°C. Pparámetros constantes: presión de aire en el compresor 2,8 bar, Velocidad del aire caliente (Fan Setting) 50 RPM, Deblocer FAST.
- **Envasado:** El envasado se realizó en bolsas de polipropileno de alta densidad.
- **Almacenado:** El polvo atomizado se almacenó en un ambiente seco a temperatura ambiente.

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Composición fisicoquímica de la pulpa de Arazá.

Del análisis de la composición fisicoquímica (Tabla 2), podemos observar que esta composición es similar a lo reportado por diferentes investigadores, el contenido de humedad fue de 92.4% el cual es similar a 95.12% reportado por Laverde (2010), el pH de 2.71 se encuentra dentro del rango de 2.68 a 2.74 reportado por Flores (2011), de igual manera los contenidos de ceniza y proteína encontrado en el presente estudio (Tabla 2) son similares a lo reportado por Laverde (2010).

Tabla 2

Composición fisicoquímica de la pulpa de arazá

Componente	Cantidad
Humedad (%)	92.4±0.244
Grasa (%)	0.2513±0.045
Ceniza	0.1616±0.095
Acidez titulable (% de ácido málico)	3.004±0.027
Proteína (%)	0.7923±0.039
pH	2.71±0.03

3.2. Compuestos bioactivos de la pulpa de Arazá.

La capacidad antioxidante de la pulpa de arazá determinado por DPPH fue de 125.83 mg equiv Trolox/100g (Tabla 3) el cual es similar a 125 mg equiv Trolox/100g reportado por Laverde (2010). El contenido de polifenoles totales 130 mg equiv ácido gálico/100g (Tabla 3) es ligeramente superior al reportado por Laverde (2010).

Los valores encontrados en la pulpa de arazá nos indica que esta fruta es una buena fuente de compuestos bioactivos, lo cual justificaría el proceso de encapsulación para poder proteger estos compuestos y pueda ser comercializado.

Tabla 3

Capacidad antioxidante y polifenoles de la pulpa de arazá

Análisis			
Capacidad antioxidante DPPH	125.83±1.298	mg equiv Trolox/100g	
Polifenoles totales	130.24±3.857	mg equiv ácido gálico/100g	

3.3. Parámetros para atomización de pulpa de arazá

La selección de los parámetros para el atomizado se realizaron de acuerdo al rendimiento y que el polvo atomizado no se quede impregnado en la cámara secado, obteniéndose los siguientes parámetros: Dilución de pulpa agua de 1/0.5, adición de maltodextrina 10%, tamizado a 350uM, Caudal de entrada de la muestra (Pump Setting) 8 RPM, Presión de aire en el compresor 2,8 bar, Velocidad del aire caliente (Fan Setting) 50 RPM, Deblocer FAST, Temperaturas de entrada del aire caliente (Inlet Temp) 200°C.

3.4. Compuestos bioactivos del microencapsulado de la pulpa de arazá

El contenido de humedad se redujo de 92.4% a 5.15%, por efecto del secado por atomización, el cual implica el incremento de la concentración de los diferentes componentes, pero adicionalmente tenemos la maltodextrina que se encontraría como un componente más en el atomizado de arazá.

La capacidad antioxidante se incrementó de 125.83 (Tabla 4) a 815.69 mg equiv Trolox/100g, de igual manera el contenido de polifenoles totales de 130.24 a 845.67 mg equiv ácido gálico/100g. Este incremento se debe al efecto de la disminución de agua por el secado por atomización.

Tabla 4

Capacidad antioxidante y polifenoles del microencapsulado de arazá

Análisis			
Capacidad antioxidante DPPH	815.69	mg equiv Trolox/100g	
Polifenoles totales	845.67	mg equiv ácido gálico/100g	

3.5. Caracterización térmica del micro encapsulado de pulpa de arazá

3.5.1. Estabilidad térmica por termogravimetría (TGA/DTG)

El resultado del análisis térmico simultaneo TGA/DTG se muestra en el Tabla 5 y los termogramas correspondientes en las Figuras 1 y 2, se puede observar tres zonas de pérdida masa (Tabla 5 y Figuras 1 y 2), la primera zona donde la pérdida de masa fue de 6.5% en el rango de 39.5°C a 122.8°C se debe principalmente a la pérdida de agua y compuestos volátiles, la pérdida es inferior a las demás zonas, esto se debería por que el atomizado de arazá es un producto seco.

La mayor pérdida de peso se observa en la segunda zona que fue de 56.7% en el rango de temperatura de 207.5°C a 342.1°C (Tabla 5 y Figuras 1 y 2), teniendo como temperatura de máxima degradación 288.9°C, en esta zona posiblemente se debería en mayor parte a la descomposición de la maltodextrina utilizado.

En la tercera zona se tiene una pérdida de masa de 26.4% en el rango de temperatura de 342.12 a 457.17°C, posiblemente en esta zona se volatilizo todos los compuestos orgánicos quedando solo los inorgánicos.

Tabla 5

Resultado de termogravimetría TGA y DTG de los microencapsulados de arazá

Zonas detectadas	Repeticiones	Rango de temperatura		ΔT °C	Tp máxima degradación (°C)	Velocidad de pérdida (%/min)	Δm (%)
		T _i (°C)	T _f (°C)	(T _f -T _i)			
Zona 1	R ₁	39.50	122.83	83.33	75.59	1.138	6.48
	R ₂	39.03	122.69	83.66	75.82	1.104	6.18
Zona 2	R ₁	207.49	342.12	134.63	288.99	10.411	56.69
	R ₂	207.01	342.88	135.87	288.29	10.673	57.84
Zona 3	R ₁	342.12	457.17	115.05	411.16	5.175	26.44
	R ₂	342.88	456.23	113.35	410.57	4.752	25.95

T_i: Temperatura inicial; T_f: Temperatura final; T_p: Temperatura pico; Δm : Variación de masa

Figura 1

Termogramas TGA de microencapsulados de araza

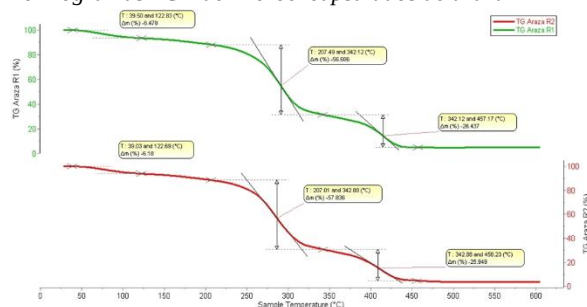
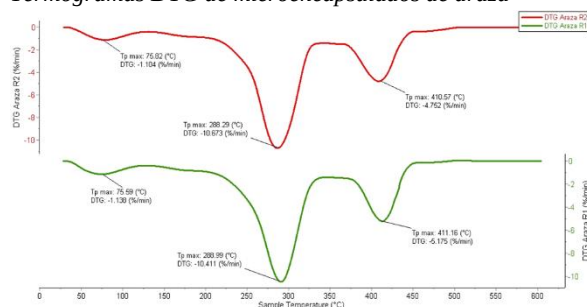


Figura 2

Termogramas DTG de microencapsulados de araza



3.5.2. Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) en microencapsulados de arazá.

El resultado del análisis DSC del atomizado de arazá se muestra en el Tabla 6 y Figura 3.

Se tiene un pico endotérmico en el rango de temperatura de 32.9°C a 71.9°C con un incremento de entalpia de 116.4 J/g (Tabla 6 Figura 3), este pico es pequeño, estaría relacionado a la perdida de volátiles.

Se tiene una zona exotérmica el cual tiene 2 picos, en el rango de temperatura de 218.2 a 462.5°C con una pérdida de entalpia de -7164.7 J/g (Tabla 6 y Figura 3). Los picos encontrados estarían relacionados a la degradación de la maltodextrina y otros compuestos orgánicos.

Tabla 6

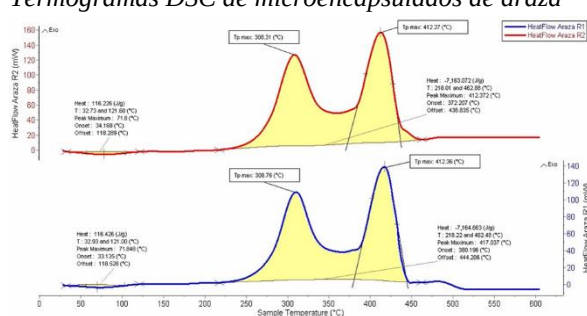
Resultados de la Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) en micorencapsulados de araza

Zonas detectadas	Repeticiones	Tipo de reacción	T ₀ (°C)	T _p I(°C)	T _p II(°C)	T _f (°C)	Δm (J/g)
1	R ₁	Endotérmica	32.93	71.85	-	121.00	6.48
	R ₂	Endotérmica	32.73	71.80	-	121.60	6.18
2	R ₁	Endotérmica	218.22	308.31	412.36	462.48	56.69
	R ₂	Endotérmica	218.01	308.76	412.27	462.88	57.84

T₀: Temperatura inicial; T_f: Temperatura final; T_p: Temperatura pico; ΔH: Entalpia

Figura 3

Termogramas DSC de microencapsulados de araza



IV. CONCLUSIONES

El Arazá en estudio presentó alto contenido de humedad (94.86%), alta capacidad antioxidante y alto contenido de polifenoles. Los parámetros adecuados para la atomización de frutos de arazá son dilución de pulpa agua de 1/0.5, adición de maltodextrina 10%, tamizado a 350uM, caudal de alimentación de la muestra (Pump Setting) 8 RPM, presión de aire en el compresor 2,8 bar, Velocidad del aire caliente (Fan Setting) 50 RPM, Deblocer FAST, Temperatura de entrada del aire caliente (Inlet Temp) 200°C

Finalmente, por efecto del secado la capacidad antioxidante aumento en 6.5 veces, y el contenido de polifenoles totales también aumento en 6.5 veces. El análisis térmico nos indica 3 zonas de pérdida de masa, la primera de 6.5% de pérdida de masa posiblemente a la evaporación de humedad y compuestos volátiles, la segunda es de mayor pérdida de 56.7% de masa posiblemente a la descomposición de la maltodextrina, y la tercera de 26.4% de pérdida de masa posiblemente a la descomposición de todo material orgánico.

V. REFERENCIAS

- Association of Official Agricultural Chemists. (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC internacional* (18ª edición). Association of Official Agricultural Chemists
- Andrade, J.; Aragão, C.; Chaar, J.; Leão, I. (1989). Caracterização do arazá-boi (*Eugenia stipitata subsp. sororia* McVaugh). En *Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos* (p. 87). Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos.
- Lopes, J. (1983). Arazá-boi (*Eugenia stipitata*, McVaugh): Aspectos e dados preliminares sobre a sua composição química. *Acta Amazonica*, 13(5-6), 953-954.

- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25-30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Cavalcante, P. (1991). *Frutas comestíveis da Amazônia* (5ª ed.). Editorial Belém
- Cuellar, F., Ariza, E., Anzola, C. & Restrepo, P. (2013). Estudio de la capacidad antioxidante del arazá (*Eugenia stipitata* MC Vaugh) durante la maduración. *Rev.Colomb.Quim*, 42(2), 21-28. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28042013000200003
- Flores, S. (2011). *Cultivo de Frutales Nativos Amazónicos: Manual para el extensionista*. Secretaria Pro-Tempore
- González, H., González, S. & Rosales, T. (2011). Caracterización de compuestos volátiles durante el secado por aspersión de jugo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.), *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (51), 10-15, 2011.
- Hernández, M., Barrera, J. y Carrillo, M. (2006). *Arazá* (1ª ed.). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI
- Juntamay, E. (2010). Evaluación nutricional de la uvilla (*Physalis peruviana* L.) deshidratada, a tres temperaturas mediante un deshidratador de bandejas [Tesis de grado, Escuela superior politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/712>
- Laverde, J. (2010). *Estudio de las condiciones óptimas para la obtención de jugo clarificado de arazá (Eugenia Stipitata), mediante procesos enzimático y membranario* [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Institucional. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2558>
- Lopez, M., Carvajal, B. & Millán, L. (2009). Establecimiento de condiciones de la mezcla de pulpa de banano (*Musa Paradisiaca* L.) para someter a secado por aspersión. *Vitae: Revista de la facultad de química farmacéutica*, 16(3), 287-296
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C. & Jiménez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727-747. DOI: 10.1093/ajcn/79.5.727
- Melendrez, A. & Heredia, M. (2009). Construcción de un deshidratador a base de GLP, para (*Solanum Sessiliflorum* Dunal) en la agroindustria la Gamboina [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/251>
- Paéz, D. (2000). Caracterización fisicoquímica de los frutos y de sus principales constituyentes. En: *Memorias. Seminario Tecnologías de recolección y manejo poscosecha de frutas amazónicas con potencial económico y comercial en la Amazonía occidental colombiana*. Programa Nacional de transferencia de Tecnología Agropecuaria de la Universidad de la Amazonía
- Peláez, P., Roldan, W., Carmona, A. & Raza, R. (2021). Evaluación de la capacidad antioxidante y estabilidad térmica de la cáscara, zumo y semilla de lima dulce, limón rugoso y limón tipo mandarina. *Revista: Investigación y Amazonía*, 9(7), 38-46.
- Pinedo M., Ramírez, F. & Blasco, M. (1981). *Notas preliminares sobre el arazá (Eugenia stipitata): frutal nativo de la Amazonia peruana*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA); Instituto Nacional de Investigación Agraria
- Quevedo, E. (1995). Aspectos agronómicos sobre el cultivo del arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh): frutal promisorio de la amazonia colombiana. *Agronomía Colombiana*, 12(1), 27- 65. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/48736>
- Rodríguez, D. (1999). *Carotenoides y preparación de alimentos: La retención de los Carotenoides Provitamina A en alimentos preparados, procesados y almacenados*. Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos
- Vilstrup, P. (Ed.). (2001). *Microencapsulation of food ingredients*. Leatherhead Fodd R.A. Publishing