Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ingeniería

REVISTA INDUSTRIAL 4.0

Edición Digital Nro. 2

Mayo 2021

Carrera de Ingeniería Industrial

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Lic. Oscar Heredia — Rector
Phd. Maria Garcia Moreno — Vicerectora
Ing. Martin Mayori Machicao — Decano Facultad de Ingeniería
Ing. Freddy Gutiérrez Barea — ViceDecano Facultad de Ingeniería
Ing. Franz Zenteno Benitez — Director de Carrera Ingeniería Industrial

Revista Industrial 4.0
Edicion Digital Nº 2 Mayo 2021

Comite Editor:
Ing. Fernando Sanabria Camacho
Ing. Grover Sanchez Eid
Ing. Mario Zenteno Benitez

Diseño Versión Impresa & Web:
Ing. Enrique Orosco Crespo

Imprenta:
Walking Graf

Deposito Legal:
4-3-68-20

Web:
http://industrial.umsa.bo/revista-industrial-4.0
Email:
revistaindustrial4.0@umsa.bo

Direccion:
Av. Mcal. Santa Cruz, Plaza Del Obelisco.
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería.
Tel. 2205000 - 2205067 Int. 1402

Artículo Reg. 019
Revista Industrial 4.0 Año 2 N°2,2021
industrial.umsa.bo/revista-industrial-4.0

ANÁLISIS EXPLORATORIO PARA LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA GUANÁBANA (Annona muricata)

Ing. Danitza Mariana Escobar (1) ORCID: 0000-0002-8341-4107
Ingeniería Industrial - Universidad Mayor de San Andrés (1)
danimarescobar@gmail.com (1)

Msc. Ing. Paula M. Lino Humerez (2) ORCID: 0000-0003-2827-7119
Ingeniería Industrial - Universidad Mayor de San Andrés (2)
pamolihu@yahoo.es (2)

Phd. Leslie K. Tejeda Pérez (3) ORCID: 0000-0003-2038-6417
Ciencias Químicas - Universidad Mayor de San Andrés (3)
lessquim@gmail.com (3)
Cel.: 76706873 (3)

Recibido: 29 de abril; aprobado: 31 de mayo

Resumen

El presente estudio establece una base tecnológica para desarrollar el proceso de industrialización de la guanábana, a fin de generar una línea de estudio en producción a gran escala como alternativa para el aprovechamiento del fruto. En ese sentido, se realiza la recolección y caracterización botánica, física y físico-química de frutos de las localidades de San Buenaventura, norte de La Paz y Rurrenabaque, oeste de Beni. Posteriormente se realiza la caracterización física y físico-química de los frutos recolectados y los ensayos de deshidratado aplicando tres tecnologías diferentes: secado por convección (secado en bandejas), secado por liofilización y secado por aspersión, determinando así las variables y parámetros de control de proceso de los tres métodos. Seguidamente se analiza las características más relevantes del producto deshidratado obtenido: humedad y actividad de agua, además de la evaluación de la capacidad antioxidante (TAC) y la concentración de los compuestos fenólicos totales (TPH) de la pulpa del fruto de guanábana y los polvos deshidratados obtenidos, comprobando así la conservación de las características propias del fruto. Finalmente se elabora una Matriz de Ponderación o Multicriterio para comparar y evaluar los métodos de deshidratado estudiados cuantitativa y cualitativamente, identificando así al proceso de secado por convección como el método más favorable para la obtención de polvo deshidratado de guanábana.

Palabras Claves: Annona muricata, Guanábana, Secado por convección, Liofilización, Secado por aspersión, Antioxidantes.

Abstract

This study establishes a technological basis to develop the industrialization of the Soursop (Annona muricata) in order to generate a line of study in large-scale production as an alternative use of this species. In this sense, the harvest and the taxonomic identification of existing fruits of the genus (Annona) are carried out in the localities of San Buenaventura, in the northeast region of La Paz and Rurrenabaque, in the west part of Beni. Subsequently, the physical and physicochemical characterization of the collected fruits and the drying essays are carried out, applying three different technologies used in food processing: convection drying (tray drying), freeze drying and spray drying, determining the process control variables and parameters of the three methods studied. Then, the most relevant characteristics of the dehydrated product obtained are analyzed: moisture and water activity; moreover, the determination of total phenolic compounds content (TPH) and the total antioxidant capacity (TAC) of soursop fruit pulp and the dehydrated powders obtained. Thus, we can check the preservation of the characteristics of soursop fruit in the final product. Finally, a matrix is elaborated as a tool of multi-criteria decision analysis, in order to compare and evaluate quantitatively and qualitatively the drying methods studied. As a result, the convection drying process is identified as the most favorable drying technology to obtain soursop powder.

Keywords: Annona muricata, Soursop, Convection Drying, Freeze Drying, Spray Drying, Antioxidants.

1. Introducción

El APROVECHAMIENTO y potencial económico de especies amazónicas, es sin duda una alternativa para el sustento de comunidades y poblaciones locales, donde por falta de oportunidades se ha incrementado la migración. El desarrollo sostenible de la región amazónica no solo requiere de la creación de actividades productivas donde las comunidades tengan participación activa, sino también del compromiso de garantizar la conservación de los recursos naturales y el buen vivir más allá del extractivismo. (FAO 2012).

Dentro de los frutales amazónicos que han sido reconocidos con un alto potencial terapéutico tanto en el saber popular como a través de la literatura científica, se encuentra la guanábana o graviola (*Annona muricata*). Esta especie amazónica se encuentra de manera silvestre y se cultiva en algunos países con climas tropicales de Latinoamérica, Asia, Australia y África (Lim 2012). En Bolivia, se encuentra de manera silvestre en las regiones tropicales.

Todas las partes del árbol de guanábana incluyendo la corteza, hojas, raíces, frutas y semillas han sido usadas como medicina tradicional en diferentes regiones atribuyéndole propiedades bactericidas, antiparasitarias, antivirales, antifebriles, anticonvulsivas, antihipertensivas, antidepresivas entre otras. (Mendez Cruz, Gutiérrez Hernández y Lazalde Ramos 2015). En la Tabla 1 se presenta el resumen de las propiedades, el uso terapéutico y algunas aplicaciones de la especie en diferentes países.

Tabla 1 Tabla resumen de las propiedades, el uso terapéutico y algunas aplicaciones de la especie (Annona muricata) Guanábana en diferentes países.

Propiedades	Fuente
Anticancerígena	(Health Sciences Institute 2017)
Anticonvulsiva	(Mendez Cruz, Gutiérrez Hernández y Lazalde Ramos 2015)
Antidepresiva	(Health Sciences Institute 2017)
Antifebril	(Mendez Cruz, Gutiérrez Hernández y Lazalde Ramos 2015)
Antihipertensiva	(Mendez Cruz, Gutiérrez Hernández y Lazalde Ramos 2015)
Antimicrobial	(Health Sciences Institute 2017)
Antiparasitaria	(Mendez Cruz, Gutiérrez Hernández y Lazalde Ramos 2015)
Antiviral	(Mendez Cruz, Gutiérrez Hernández y Lazalde Ramos 2015)
Bactericida	(Mendez Cruz, Gutiérrez Hernández y Lazalde Ramos 2015)
Vermífuga y Antihelmíntica	(Mendez Cruz, Gutiérrez Hernández y Lazalde Ramos 2015)

Parte de la planta	Aplicación/Uso	Fuente
Fruto	Bebidas no alcohólicas y alcohólicas, jugos concentrados y enlatados, helados, postres, conservas, jaleas y mermeladas.	(Health Sciences Institute 2017) (Ramírez y Pacheco de Delahaye 2011)
Fruto	La fruta cruda se cocina como verdura.	
Fruto	Harina emulsificantes-uso en salchichas y otros productos cárnicos.	
Flores	Aromatizante.	
Flores	Melífera (apicultura).	
Corteza (madera)	Combustible. Implementos de trabajo, agrícolas (yugos), mangos para herramientas.	
Corteza (fibra)	Textil.	
Hojas y Semillas	Insecticida, biocidas y venenos. Las hojas y semillas contienen dos alcaloides (muricina, muricinina) que poseen propiedades insecticidas. Las semillas pulverizadas se usan para matar piojos, chinches, polillas y cucarachas.	

En los últimos años se ha observado un incremento en los valores promedio de consumo del fruto principalmente en países europeos y Norte América, siendo Venezuela, Brasil, Colombia y Perú los principales países exportadores. Actualmente se comercializa la pulpa del fruto congelada, procesada en helados, yogures y jugos enlatados. Sin embargo, el potencial comercial de esta especie es mucho mayor.

Se ha reportado un alto contenido de antioxidantes, vitamina C, B1 y B2 en el fruto de guanábana; los estudios más sobresalientes se realizaron sobre el potencial citotóxico (anticancerígeno) de extractos de diferentes partes de la planta como hojas, cáscara del fruto y raíces, reportándose resultados prometedores, dicha característica se debe al contenido de acetogeninas, compuestos bioactivos

presentes en las anonáceas; estos estudios mostraron como resultado una acción inhibidora de la proliferación celular tumoral para diferentes tipos de adenocarcinoma (Morón Rodríguez, Morón Pinedo y Nodarse Rodríguez 2010); (Endrini, Suherman y Widowati 2015); (Ioannis, Anastasis y Andreas 2015); (Norisham, Zulkifli y Najihah 2015). Asimismo, el estudio realizado en las universidades Simón Bolívar y Universidad Central de Venezuela, por Ramírez y Pacheco de Delahaye (2009), a las propiedades funcionales de la harina obtenida del fruto de guanábana, mostró un contenido alto en fibra dietética, buena actividad emulsificante y estabilidad de la emulsión; estas características sugieren el aprovechamiento y diversificación de su uso en la industria de alimentos.

Actualmente existe una evidente tendencia hacia una alimentación más saludable, los consumidores demandan cada vez más productos naturales y funcionales. Los productos alimenticios funcionales proporcionan beneficios para la salud, no son considerados medicamentos, sin embargo, ayudan a reducir riesgos a enfermedades mejorando una o varias funciones del organismo más allá de la nutrición básica (Cámpora 2016). En este marco el presente trabajo plantea una alternativa para el aprovechamiento del fruto, desarrollando un extracto en polvo a partir de la pulpa

2. Desarrollo

2.1 Metodología

El desarrollo de la investigación tiene un enfoque de tipo Deductivo-Sintético, establecida en dos fases:

De campo: Recolección de Muestras (frutos, flores y hojas).

Experimental: Estudio de laboratorio.

Donde la información obtenida, es primaria por el trabajo y seguimiento de expertos en el área de análisis y valoración en laboratorio; los resultados se presentan desde un punto de vista microbiológico, fisicoquímico y de caracterización del fruto bajo variables específicas.

2.2 Población y muestra

En el trabajo de campo se ven las especies existentes en estado silvestre del municipio de San Buenaventura al norte de La Paz y Rurrenabaque, que se muestran:

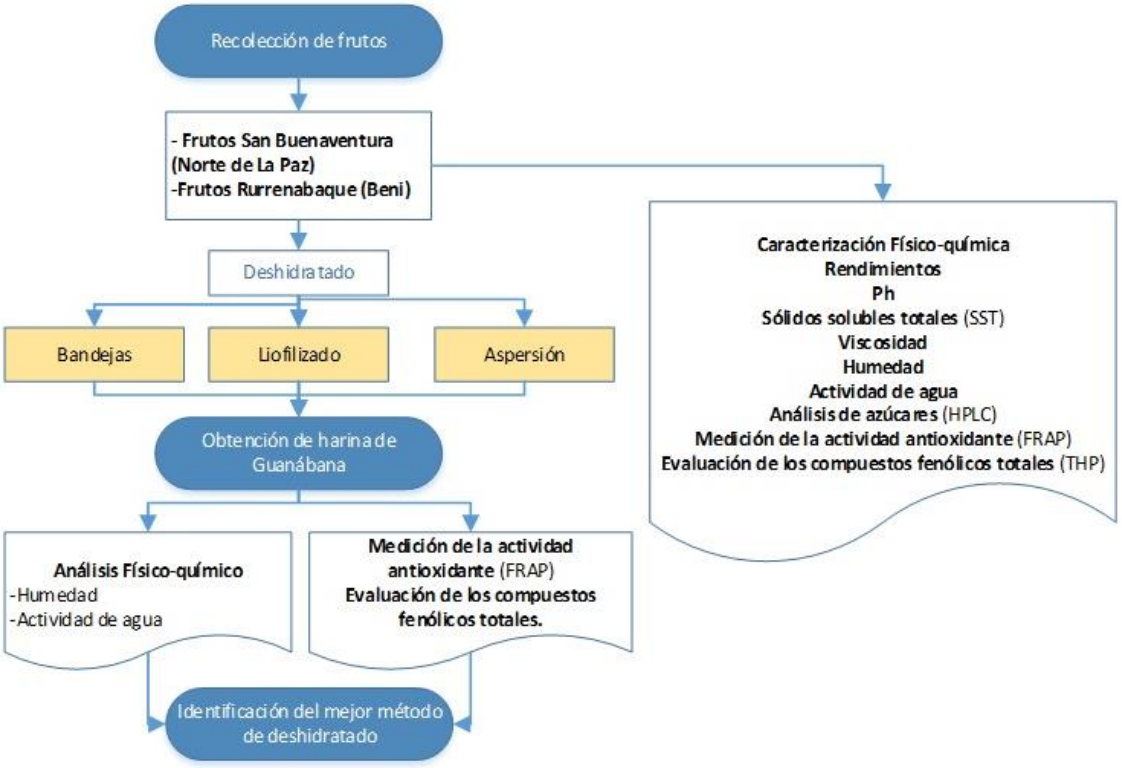
Ilustración 1 Recolección de frutos de ganábana.

Fuente: Imágenes correspondientes al trabajo de campo realizado en los municipios de San Buenaventura, La Paz y Rurrenabaque, Beni.

2.3 Entorno

La caracterización física y fisicoquímica del fruto, los ensayos de deshidratado y la evaluación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales se realizaron en: Laboratorio de Alimentos de la carrera de Ingeniería Industrial, Instituto de Investigaciones y Desarrollo de Procesos Químicos IIDEPROQ de la carrera de Ingeniería Química, Laboratorio de Química de Cursos Básicos, en la facultad de Ingeniería; Laboratorio de Química de Alimentos de la carrera de Ciencias Químicas, en la Facultad de Ciencias Puras y Naturales; y el Laboratorio de Bromatología de la carrera de Química Industrial, en la Facultad Técnica, todas de la Universidad Mayor de San Andrés.

Diagrama 1 Trabajo de campo y pruebas de laboratorio.



Fuente: Elaboración propia.

2.4 Intervenciones

La identificación taxonómica de las muestras recolectadas, se realiza gracias a la cooperación del Herbario Nacional de Bolivia, se realiza la caracterización física de 21 frutos recolectados de forma aleatoria determinando los rendimientos p/p promedio de pulpa, semillas y residuos (cáscara, corazón, pulpa dañada) por fruto.

Ilustración 2 Caracterización física de frutos de guanábana.

Fuente: Imágenes correspondientes al proceso de caracterización física de frutos recolectados.

Con el fin de caracterizar la pulpa y el polvo deshidratado del fruto de guanábana se realiza la determinaron los sólidos solubles totales mediante refractometría, la determinación del pH por potenciometría con un pH-metro Denver UltraBasicUB-5, la determinación de la viscosidad del extracto puro de pulpa de guanábana haciendo uso de un viscosímetro digital Brokfield DV1, se determina la humedad utilizando una termobalanza Radwag MAC 110/WH y la actividad de agua usando el equipo de medición de humedad Rotronic Station Probe HC2-AW-USB.

Ilustración 3 Caracterización físico química de frutos de guanábana.

Fuente: Imágenes correspondientes al proceso de caracterización físico química de frutos recolectados.

El análisis del contenido de azúcares se realiza en el laboratorio del Instituto de Investigación y Desarrollo de Procesos Químicos IIDEPROQ, unidad dependiente de la Carrera de Ingeniería Química, Ambiental y Alimentos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Mayor de San Andrés mediante el método HPLC High Performance Liquid Chromatography, empleando un cromatógrafo de líquidos de alta resolución HPLC Shimadzu y una columna de acero inoxidable Aminex HPX-87H, BIORAD, USA.

El ensayo de secado en bandejas se realiza haciendo uso del secador de bandejas o armario de flujo transversal con diez bandejas poco profundas, disponible en el laboratorio de alimentos de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Mayor de San Andrés. Para el ensayo de liofilizado se emplea el liofilizador LABCONCO (Discontinued Freeze Dryer System) y para el ensayo de deshidratado por aspersión se usa el equipo Mini Spray Dryer YC-015 Shanghai Y. Instruments Co. Ltd. ambos disponibles en el Laboratorio de Química de Alimentos de la carrera

de Ciencias Químicas, de la facultad de Ciencias Puras y Naturales de la Universidad Mayor de San Andrés.

Ilustración 4 Ensayos de deshidratado.

Fuente: Imágenes correspondientes a los ensayos de deshidratado realizados.

Posteriormente se determina la actividad antioxidante total de la pulpa y de los extractos en polvo mediante el método espectrofotométrico FRAP siguiendo la metodología utilizada por Peñarrieta Loria (2009) y la evaluación de los compuestos fenólicos totales mediante el método espectrofotométrico por la reacción del reactivo de Follin Ciocalteau; ambos haciendo uso del espectrofotómetro UV- Visible disponible en laboratorio de Química de Alimentos de la carrera de Ciencias Químicas en la Facultad de Ciencias Puras y Naturales de la Universidad Mayor de San Andrés.

3. Análisis y Evaluación de Resultados

- Como resultado del trabajo de campo, se identifica potenciales productores de guanábana: Capaina, Altamarani, Buena Vista, San José de Uchupiamonas y Tumupasa, en el Municipio de San Buenaventura y Yucumo, Nueva Esperanza y Kollana en el Municipio de Rurrenabaque. La experiencia de cultivo de la especie en las regiones mencionadas permitió identificar el tiempo promedio de crecimiento de un árbol de tres a cuatro años, en caso de realizar injertos el tiempo de crecimiento hasta dar fruto es de dos años y medio; la temporada de mayor producción de frutos en la región corresponde a dos periodos anuales:

junio-julio y enero-marzo, siendo el último el de mejor rendimiento. El sistema agroforestal recomendado es de 5x5 a 8x8.

- La caracterización física de los frutos recolectados permitió establecer: rendimiento pulpa/fruto 61,18 ± 13,11 %; rendimiento semillas/fruto 4,31 ± 2,55 %; porcentaje de residuos (cáscara, corazón, pulpa dañada) 38,51 ± 12,36 % y contenido de semillas mínimo de 40 y máximo de 199 unidad/fruto. El rendimiento promedio pulpa/fruto es inferior al valor establecido por la Norma Técnica Colombiana (NTC, 5208) que indica en pulpa de 74% para frutas de guanábana en madurez de consumo.
- La caracterización fisicoquímica y bromatológica de la pulpa de guanábana, se destaca: 4,01 de pH; 9 a 15 ºBrix dependiendo del grado de madurez (a mayor grado de madurez existe un incremento de solidos solubles totales); 77.020 cP viscosidad medida a 19,3 ºC; 81,1% de humedad y 1 aw actividad de agua medida a 21,55 ºC. Los valores correspondientes a sólidos solubles totales y pH hallados se encuentran dentro de los recomendados por la Norma elegid.
- La determinación cuantitativa del contenido de azúcares (sacarosa, glucosa y fructuosa) de la pulpa de guanábana se realizó mediante la técnica de HPLC, mostrando una composición de 2,02 g de sacarosa; 5,02 g de glucosa y 6, 26 g de fructuosa en 100 g de muestra fresca.
- Las variables y parámetros de control óptimos para el proceso de ***deshidratado en bandejas*** fueron: tiempo de la operación de 8 horas con 40 minutos, temperatura de aire caliente de circulación de 55 ± 5,16 ºC. El rendimiento del proceso fue de 14,6 %. El tiempo total del proceso de producción fue de 34 horas 27 minutos.
- Las variables y parámetros de control óptimos para el proceso de ***deshidratado por aspersión*** fueron: tiempo de la operación de deshidratado de 2 horas con 40 minutos, 10% de concentración de la solución madre, 13% de concentración de encapsulante (maltodextrina), temperatura de aire de entrada 160-180 ºC, flujo de alimentación bomba peristáltica 1 R/min, alimentación de aire de secado 30-40 Hz, bloqueo del sistema 3s. El rendimiento del proceso fue de 21,2%. El tiempo total del proceso de producción fue de 3 horas 41 minutos. Este rendimiento se vio afectado por la alta viscosidad y alto contenido de azúcares de la solución madre, que generó gotas de mayor diámetro dificultando la evaporación del agua y reduciendo la eficiencia térmica del equipo.
- El proceso de ***deshidratado por liofilización*** tuvo muchos problemas, debido a la naturaleza de la muestra con alto contenido de azúcares (fructuosa) que dificultó el proceso de encapsulado de la muestra, se produjo un congelamiento incompleto durante la liofilización, que no permitió la formación de eutécticos, produciendo espumación y la formación de capas. Fue en la etapa difusiva del deshidratado que se formó una capa porosa de material seco en la superficie de

las muestras, impidiendo el flujo de vapor e interrumpiendo el proceso de sublimación, terminando así las muestras descongeladas en el fondo de los recipientes

- Tomando como referencia la humedad y la actividad de agua de los polvos deshidratados para evaluar la calidad de los mismos, se identificó el proceso de deshidratado por aspersión como el mejor proceso. Los valores de humedad y actividad de agua resultantes para los procesos de deshidratado en bandejas y deshidratado por aspersión fueron: 7,27%, 0,79 aw y 6,73%, 0,74 aw respectivamente.
- Con la evaluación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales realizada a los frutos de guanábana, se pudo evidenciar una mayor actividad antioxidante mediante el método FRAP y Follin Ciocalteau respectivamente, en comparación a estudios realizados en diferentes países, como se muestra en el Cuadro 11 y 12. Este hecho posiblemente se debe a las características del suelo, clima y la altura de la región de estudio.
- Para poder evaluar el grado de conservación de las propiedades del fruto de guanábana después de ser sometido a los diferentes procesos de deshidratado, se realizó la evaluación y comparación de la actividad antioxidante y la concentración de compuestos fenólicos totales en la pulpa del fruto y el producto deshidratado. Los resultados obtenidos fueron 31,192 (µmol TAC/g), 16,356 (µmol GAE/g) para la pulpa del fruto; 30,999 (µmol TAC/g), 16,133 (µmol GAE/g) para el polvo deshidratado en bandejas y 2,831 (µmol TAC/g), 2,276 (µmol GAE/g) para el polvo deshidratado por aspersión. De esta manera se identificó al proceso de deshidratado en bandejas como el mejor en cuanto a la conservación de la actividad antioxidante del fruto.

4. Conclusiones

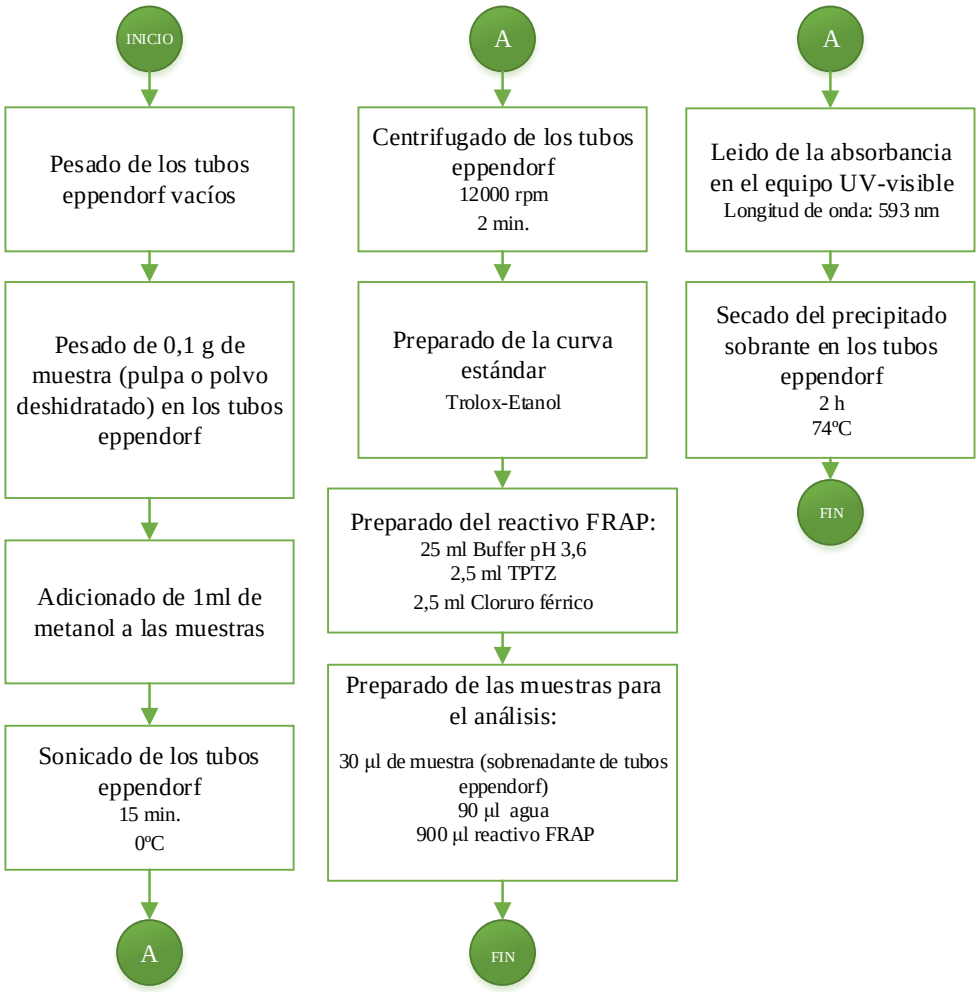
- Comparativamente los métodos de deshidratado del fruto resultaron ser el secado por convección en bandejas y el secado por aspersión. El polvo deshidratado de guanábana en bandejas presento mejores características de sabor y aroma, en comparación al polvo deshidratado por aspersión. Sin embargo, el producto resultante del proceso de deshidratado por aspersión presento partículas más finas y homogéneas con una mejor capacidad de reconstitución, su color y granulometría fueron muy similares a la maltodextrina. El polvo deshidratado en bandejas presento partículas de mayor tamaño, un color beige tostado y menor capacidad de reconstitución.
- La Matriz de Ponderación o Multicriterio diseñada en función a características del producto resultante (solubilidad, humedad, actividad de agua, actividad antioxidante y concentración de compuestos fenólicos) y características del proceso de producción (rendimiento, costo unitario de experimentación y costo

de equipos mayores), permitió comparar y evaluar los métodos de deshidratado estudiados cuantitativa y cualitativamente. Como resultado de la comparación se pudo identificar al proceso de deshidratado en bandejas como el método más favorable para la obtención del polvo deshidratado de guanábana.

- La creciente demanda del fruto de guanábana y el constante incremento de la superficie de cultivo de la especie en las regiones amazónicas al norte del país, el trópico en departamento de Cochabamba y Los Yungas en departamento de La Paz, muestran la importancia de esta fruta para su aprovechamiento agroindustrial. Asimismo, las propiedades funcionales y las características fisicoquímicas del fruto, hacen de la guanábana un recurso vegetal promisorio para su aplicación en la industria de alimentos y farmacéutica. El principal problema identificado en el manejo y aprovechamiento del fruto, se ve resuelto al transformar el fruto en un extracto puro en polvo, reduciendo así su alto grado de perecibilidad y facilitando su transporte y almacenamiento.

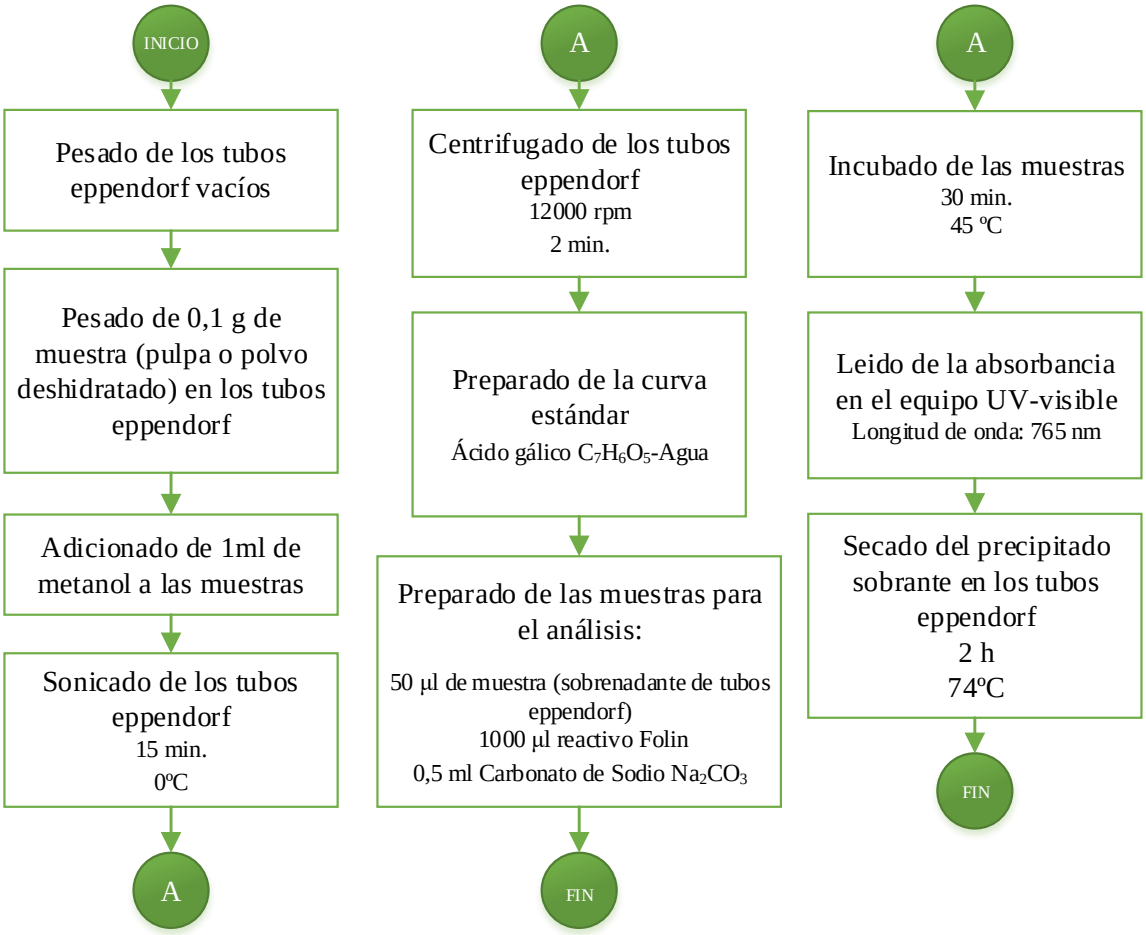
5. Anexos

Anexo 1. Proceso de Evaluación de la capacidad antioxidante FRAP.



Fuente: Elaboración propia en base al ensayo realizado.

Anexo 2. Evaluación de compuestos fenólicos totales - THP.



Fuente: Elaboración propia en base al estudio realizado.

Anexo 3. Cuadro comparativo, evaluación de la actividad antioxidante y compuestos fenólicos totales de diferentes frutos.

Fuente	Fruto	Método	Capacidad Antioxidante FRAP (µmolTE/100g)	Contenido de Fenoles Totales TPH (mgGAE/100g)
Estudio Realizado	Guanábana (pulpa del fruto)	FRAP/ Follin Ciocalteau	3.119,17	278,25
	Guanábana (fruto deshidratado en polvo-bandejas)	FRAP/ Follin Ciocalteau	3.099,90	274,45
	Guanábana (fruto deshidratado en polvo-aspersión)	FRAP/ Follin Ciocalteau	409,41	39,76
(Márquez Cardozo 2009)	Guanábana (pulpa del fruto)	FRAP/ -	1.196,00	-
	Frutilla (pulpa del fruto)	FRAP/-	3.352,00	-
	Mora (pulpa del fruto)	FRAP/-	2.325,00	-
	Ciruela roja (pulpa del fruto)	FRAP/-	2.057,00	-
	Uva (pulpa del fruto)	FRAP/-	829,00	-
	Naranja (pulpa del fruto)	FRAP/-	1.181,00	-
	Manzana (pulpa del fruto)	FRAP/-	394,00	-
(Proteggente, Sekher y Paganga 2002)	Naranja (pulpa del fruto)	_/Follin Ciocalteau	-	132,00
	Mora (pulpa del fruto)	_/Follin Ciocalteau	-	334,00
(Hassimotto, Genovese y Lajolo 2005)	Guayaba (pulpa del fruto)	_/Follin Ciocalteau	-	123,00

Fuente: Elaboración propia.

6. Referencias

Baraona Cockrell, Marcia, y Ellen Sancho Barrantes . *Guanábana y Macadamia Fruticultura Especial. Fruticultura II.* Primera. San José: Universidad Estatal a Distancia , 1992.

Cámpora, Clarisa. «Alimentos funcionales, tecnología que hace la diferencia.» *RIA. Revista de Investigaciones* 42, nº 2 (Agosto 2016): 131-137.

Ceballos Peñaloza, Adela María. «Estudio Comparativo de tres Sistemas de Secado para la Producción de un Polvo Deshidratado de Fruta (Tesis de maestría).» Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, 2008.

Champy, Pierre, Günter Höglinger, y Jean Féjer. «Annonacin, a lipophilic inhibitor of mitochondrial complex I, induces nigral and striatal neurodegeneration in rats: possible relevance for atypical parkinsonism in Guadeloupe.» *Journal of Neurochemestry*, Enero 2004: 63–69.

Coultate, Tom. *Food The Chemestry of Its Components.* London: The Royal Society of Chemistry, 2002.

Endrini, Susi, Suherman, y Wahyu Widowati. «Antioxidant Activity and Anticarcinogenic Properties of Combination Extract of Soursop (Annona Muricata Linn) and Pearl Grass (Hedyotis Corymbosa (L.) Lam.).» *Malaysian Journal of Analytical Sciences* 19, nº 2 (Enero 2015): 284-290.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. «Mesa Redonda sobre Complementariedad de la de la Producción Sostenible Frutihortícola Amazónica.» Pucallpa, 2012, 326.

Hassimotto, Genovese, y Lajolo. «Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps.» *J Agric Food Chem*, nº 53 (2005): 2928 - 2935.

Inkanatura Import Export S.L. *INKANAL.* 2018. http://www.inkanat.com/es/detalle.asp?prod=graviola-polvo.

Institute, Health Sciences. *Health Sciences Institute.* 2017. www.hsibaltimore.com.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas. «Norma Técnica Colombiana NTC 5208.» Bogotá, 2003, 17.

Ioannis, Patrikios, Stephanou Anastasis, y Yiallouris Andreas. «Graviola: A Systematic Review on Its Anticancer Properties.» *American Journal of Cancer Prevention* 3, nº 6 (2015): 128-131.

Lannuzel, Annie, Merle Ruberg, y Patrick Michel. «Atypical parkinsonism in the Caribbean island of Guadeloupe: Etiological role of the mitochondrial complex I inhibitor annonacin.» *Official Journal of the International Parkinson and Movement Disorders Society*, Noviembre 2008: 2122–2128.

Lim, T. K. *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants.* London: Springer Netherlands, 2012.

Márquez Cardozo, Carlos Julio. «Caracterización fisiológica, fisico-química, reológica, nutracéutica, estructural y sensorial de la Guanábana (Annoa Muricata L. cv. Elita).» Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2009, 274.

Mendez Cruz, José Luis, Rosalinda Gutiérrez Hernández, y Blanca Patricia Lazalde Ramos. *Usos terapéuticos de la Guanábana (Annona muricata).* Zacatecas-México: Doctorado en Ciencias en la Especialidad de Farmacología Médica y Molecular de la unidad Académica de Medicina Humana y CS de la Universidad Autónoma de Zacatecas., 2015.

Morón Rodríguez, Francisco, Déborah Morón Pinedo, y Mario Nodarse Rodríguez. «Assessment of scientific evidence recommending Annona muricata L. (soursop tree) for cancer prevention or treatment.» *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 15, nº 3 (2010): 169-181.

Norisham, Mohamad, Mohamed Zulkifli, y Nik Nurul Najihah. «Cytotoxic effect of Annona muricata Linn leaves extract on Capan-1 cells.» *Journal of Applied Pharmaceutical Science* 5, nº 5 (Mayo 2015): 045-048.

Ojeda de Rodríguez, Graciela, Julio Coronado , y Nava Rosa. «Caracterización fisicoquímica de la pulpa de Guanábana (Annona muricata) cultivada en el occidente de Venezuela.» *BOLETÍN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS, UNIVERSIDAD DEL ZULIA* 41, nº 2 (2007): 151-160.

Orrego. *Procesamiento de alimentos.* Manizales: Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, 2003.

Peñarrieta Loria, Mauricio. *Antioxidants in Bolivian Plant Foods.* Sweden: Lund University , 2009.

Porntip, Chaimanee, y Suntornwat Oranart. «Changes in Carbohydrate Content During Fruit Ripening-A New Approach of Teaching of Carbohydrate Chemistry in Biochemistry Course.» Editado por Silpakorn University. *Biochemical Education* 22, nº 2 (1994): 101-102.

Ramírez, Alejandra, y Emperatríz Pachecode Delahaye . «Propiedades Funcionales de Harinas Altas en Fibra Dietética Obtenidas de Piña, Guayaba y Guanábana.» *Interciencia* 34, nº 4 (Abril 2009): 293-298.

Swam, y Karalazos. «Las melazas y sus derivados.» *Revista de Tecnología Geplacea* (Geplacea), nº 19 (1990): 78-82.

CARRERA ACREDITADA AL SISTEMA ARCU-SUR, DEL MERCOSUR EDUCATIVO

ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA
Ministerio de Educación
Moromboeguasu Jeroata
Yachay Kamachina
Yaticha Kamana

00056

MINISTERIO DE educación
ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA

MERCOSUR cnacu

LA COMISIÓN NACIONAL DE ACREDITACIÓN DE CARRERAS UNIVERSITARIAS

En sujeción y al amparo de la Ley Nº 070 de la Educación "Avelino Siñani - Elizardo Pérez" del 20 de diciembre de 2010

CERTIFICA

Que la Carrera de:

INGENIERÍA INDUSTRIAL

de la

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

con sede académica en la ciudad de LA PAZ, ha cumplido los criterios establecidos para la

ACREDITACIÓN

al Sistema ARCU - SUR, del MERCOSUR EDUCATIVO

Este reconocimiento de la Calidad Académica tiene alcance Regional en el MERCOSUR, con validez de un periodo de seis (6) años.

La Paz, septiembre de 2019

Msc. Lic. Eduardo Cortez Baldiviezo
Presidente de la Comisión Nacional de Acreditación de Carreras Universitarias de Bolivia

Lic. L. Antonio Carvalho Suárez
Vocal de la Comisión Nacional de Acreditación de Carreras Universitarias de Bolivia

Abog. Iván Justo Roberto Bohórquez Ayala
Vocal de la Comisión Nacional de Acreditación de Carreras Universitarias de Bolivia

INGENIERÍA INDUSTRIAL
INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL
INGENIERÍA EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL

PROGRAMA ACADÉMICO DESCONCENTRADO INGENIERÍA INDUSTRIAL AMAZÓNICA-SAN BUENAVENURA
PROGRAMA ACADÉMICO DESCONCENTRADO INGENIERÍA INDUSTRIAL AMAZÓNICA-CARANAVI

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS - 2021

LA PAZ - BOLIVIA

Av. Mcal. Santa Cruz Nº 1175, Plaza del Obelisco
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería
Teléfonos 2205000 - 2205067 int. 1402
WebSite: industrial.umsa.bo
Email: ingeindustrial@umsa.bo
ingeindustrialumsa@gmail.com
Ciudad de La Paz - Bolivia