

04-008

MANAGEMENT OF A PHYTOGENETIC RESOURCE TO PRODUCE SECONDARY METABOLITES IN RURAL ECONOMIC DIVERSIFICATION PROJECTS.

Ramírez Rodas, Yeimy Clemencia ⁽²⁾; Arévalo Galarza, Ma. de Lourdes ⁽²⁾; Soto Hernández, Ramón Marcos ⁽²⁾; Cadena Íñiguez, Jorge ⁽²⁾; Cisneros Solano, Víctor Manuel ⁽³⁾
(1) Colegio de Postgraduados, ⁽²⁾ Colegio de Postgraduados, ⁽³⁾ Universidad Autónoma Chapingo

In order to validate the production of secondary metabolites of juices and alcoholic extracts (ethane and methanol) from *Sechium compositum* fruits, as a rural economic diversification project in local communities of Veracruz, Mexico, its extract and fresh juice were evaluated as a cytotoxic agent for its secondary metabolites; however, the changes in the metabolite content of the fresh fruit when dried for alcoholic extraction that affect concentration, cytotoxicity and yield are unknown. The content of phenolic acids, flavonoids and cucurbitacins present in fresh juice and alcoholic extracts of the fruits was compared to evaluate their effectiveness in vitro. The results revealed that the total content of phenolic acids, flavonoids and cucurbitacins in juice was significantly higher (732.16, 521.59 and 1748.45 mg kg⁻¹ of fresh matter respectively), compared to the alcoholic extraction. Phenolic acids (gallic, chlorogenic, syringic, vanillic, p-hydroxybenzoic, caffeic and p-coumaric), flavonoids (rutin, florizin, mirecetin, quercetin, phloretin and galangin) and cucurbitacin I, decreased significantly in extracts, considering that drying and polarity of the alcoholic solvent can affect the content and type of secondary metabolites. The efficiency of using juice facilitated the decision for the design and flow of the extraction plant as a rural productive project.

Keywords: Metabolites; phenos; flavonoids; cucurbitacins; dehydration.

GESTIÓN DE UN RECURSO FITOGENÉTICO PARA PRODUCCIÓN DE METABOLITOS SECUNDARIOS EN PROYECTOS DE DIVERSIFICACIÓN ECONÓMICA RURAL.

Se evaluó la producción de metabolitos secundarios de jugos y extractos alcohólicos (etano y metanol) de frutos de *Sechium compositum*, como proyecto de diversificación económica rural en comunidades locales de Veracruz, México. Se evaluó su extracto y jugo fresco como agente citotóxico por sus metabolitos secundarios; sin embargo, se desconocen los cambios en el contenido de metabolitos del fruto fresco al secarlo para la extracción alcohólica que repercutan en concentración, citotoxicidad y rendimiento. Se comparó el contenido de ácidos fenólicos, flavonoides y cucurbitacinas presentes en jugo fresco y extractos alcohólicos de los frutos para evaluar su efectividad in vitro. Los resultados revelaron que el contenido total de ácidos fenólicos, flavonoides y cucurbitacinas en jugo fue significativamente mayor (732.16, 521.59 y 1748.45 mg kg⁻¹ de materia fresca respectivamente), comparado con la extracción alcohólica. Los ácidos fenólicos (gálico, clorogénico, siríngico, vainíllico, p-hidroxibenzóico, caféico y p-cumárico), flavonoides (rutina, florizina, mirecetina, quercetina, fletina y galangina) y cucurbitacina I, disminuyeron significativamente en extractos, considerando que el secado y polaridad del solvente alcohólico puede afectar el contenido y tipo de metabolitos secundarios. La eficiencia de usar jugo facilitó la decisión para diseño y flujo de la planta de extracción como proyecto productivo rural.

Palabras claves: Metabolitos; fenoles; flavonoides; cucurbitacinas; extracción.

Correspondencia: Jorge Cadena Íñiguez jocadena@gmail.com



©2021 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

El género *Sechium* P. Br., (Cucurbitaceae), *comprende* diez especies, de las cuales ocho son silvestres (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2011). La destrucción del hábitat natural estas especies silvestres las ubica en peligro de extinción sin conocer el potencial que tienen para extracción de compuestos de interés farmacológico, como esteroides, saponinas, triterpenos, flavonoides glicosilados y taninos, los cuales hacen amargos a los frutos y por ello no son comestibles (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2007; Salazar-Aguilar *et al.*, 2017) (Figura 1). Estudios recientes muestran el efecto citotóxico de los extractos alcohólicos de *S. compositum*, y su efecto en la inducción de la apoptosis en células cancerígenas (tumores sólidos y leucemia) (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2007; Soto-Hernández *et al.*, 2015). Sin embargo, el proceso de elaboración de extractos alcohólicos, representan mayor inversión de equipos, son muy polares y poco selectivos, lo cual dificulta su implementación como proyectos de diversificación en el medio rural mexicano debido a dificultades técnicas.

En México, muchos recursos fitogenéticos se ubican en la propiedad social (ejidos y comunidades agrarias), y para gestionar alguno de éstos, es necesario ligarlo con posibles desarrollos comunitarios, de tal forma que los habitantes rurales, sean los primeros beneficiados de dicha gestión.

Muchas de las variedades de uso común y sus parientes silvestres, son producto de la herencia biológica y cultural ancestral, y muchas no han sido exploradas en la búsqueda de valores intangibles que pueden representar riqueza por aplicaciones en diferentes sectores de la industria. Generalmente las variantes criollas de la biodiversidad agrícola no cuentan con procesos de caracterización y registro que les confiera una protección legal ante acciones de biopiratería. Recientemente los países altamente industrializados han mostrado interés en tener acceso a recursos genéticos de variantes criollas y parientes silvestres; sin embargo, no existe antes de esto, un modelo de conservación in situ y de protección legal en la propiedad social.

El desarrollo comunitario en áreas rurales debe partir de la participación de los actores locales, la comunidad en general y el gobierno, con la finalidad de tomar decisiones ascendentes (De los Ríos-Carmenado *et al.*, 2011a; De los Ríos-Carmenado *et al.*, 2011b) y considerar la participación de los jóvenes para reactivar o iniciar un esquema de apoyo al progreso intergeneracional, mediante combinación de efectos de corto y largo plazo, con mecanismos para combatir la pobreza y favorecer la movilidad social de los individuos en la escala social (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2010a; Cadena-Iñiguez *et al.*, 2010b; Cazorla, De los Ríos & Díaz, 2005).

1.1. Implicaciones de la gestión y uso de la diversidad agrícola

El Convenio sobre la Diversidad Biológica entró en vigor el 29 de diciembre de 1993. Este Convenio es el único instrumento internacional que aborda de manera exhaustiva la diversidad biológica. Los tres objetivos del Convenio son: 1. la conservación de la diversidad biológica, 2. la utilización sostenible de sus componentes y 3. la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de recursos genéticos (RG). Para dar mayor impulso al logro del tercer objetivo, en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (Johannesburgo, septiembre de 2002) se hizo un llamado para negociar, dentro del marco del Convenio, un régimen internacional que promoviera y salvaguardara la participación justa y equitativa en los beneficios derivados de la utilización de RG (CDB, 2014).

La Conferencia de las Partes del Convenio (COP) respondió en su séptima reunión, celebrada en 2004, mandatando a su grupo de trabajo especial de composición abierta sobre acceso y

participación en los beneficios para elaborar y negociar un régimen internacional de acceso a los recursos genéticos y de participación en los beneficios, con el fin de aplicar efectivamente los artículos 15 (Acceso a los recursos genéticos) y 8 j) (Conocimientos tradicionales) del Convenio, así como sus tres objetivos. Tras seis años de negociaciones, el 29 de octubre de 2010, en la décima reunión de la COP, celebrada en Nagoya, Japón, se adoptó el Protocolo de Nagoya sobre Acceso a los Recursos Genéticos y Participación Justa y Equitativa en los Beneficios que se Deriven de su Utilización al Convenio sobre la Diversidad Biológica.

El Protocolo impulsa notablemente el tercer objetivo del Convenio, ya que proporciona una base sólida para una mayor certeza y transparencia jurídicas tanto para los proveedores como para los usuarios de recursos genéticos. De conformidad con el artículo 15, párrafos 3 y 7, del Convenio, los beneficios que se deriven de la utilización de RG, así como las aplicaciones y comercialización subsiguientes, se compartirán de manera justa y equitativa con la Parte que aporta dichos recursos que sea el país de origen de dichos recursos o una Parte que haya adquirido los recursos genéticos de conformidad con el Convenio. Esa participación se llevará a cabo en condiciones mutuamente acordadas (artículo 5). Cada Parte adoptará medidas legislativas, administrativas o de política, según proceda, con miras a asegurar que los beneficios que se deriven de la utilización de recursos genéticos que están en posesión de comunidades indígenas y locales, de conformidad con las leyes nacionales respecto a los derechos establecidos de dichas comunidades indígenas y locales sobre estos recursos genéticos, se compartan de manera justa y equitativa con las comunidades en cuestión, sobre la base de condiciones mutuamente acordadas. 3. A fin de aplicar el párrafo 1 supra, cada Parte adoptará medidas legislativas, administrativas o de política, según proceda. 4. Los beneficios pueden incluir beneficios monetarios y no monetarios, incluidos, pero sin limitarse a aquellos indicados en el anexo. 5. Cada Parte adoptará medidas legislativas, administrativas o de política, según proceda, para asegurar que los beneficios que se deriven de la utilización de conocimientos tradicionales asociados a recursos genéticos se compartan de manera justa y equitativa con las comunidades indígenas y locales poseedoras de dichos conocimientos (PN, 2014).

Esa participación se lleva a cabo en condiciones mutuamente acordadas. El TIRFAA es el único tratado internacional específico para recursos fitogenéticos con 21 de 127 países en América Latina con ventanillas dedicadas al sector. Ejemplos de ello son en Costa Rica, la Comisión Nacional de Recursos Fitogenéticos; en Cuba, la Coordinadora Técnica de Recursos Fitogenéticos, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical; en Ecuador, El Jefe del departamento de recursos fitogenéticos como parte del Instituto de Investigaciones Agropecuarias; y únicamente Costa Rica y Brasil tienen una estrategia nacional para la conservación y aprovechamiento sostenible de los RFAA (CDB, 2014).

Con el fin de promover de manera indirecta (en principio) la conservación y posible distribución en el mediano plazo de beneficios por el recurso genético *S. compositum*, bajo el proceso de gestión para nuevos usos, y establecer un punto de partida para su aprovechamiento, se comparó la composición del jugo procedente de fruto fresco y el de extracto etanólico así como proponer el diseño y flujo de una planta de extracción de metabolitos crudos en una planta rural, de tal forma que su uso coadyuve a conservar a la especie (Figura 1).



Figura 1. Ambiente natural de distribución en selva alta perennifolia de Chiapas, México de *Sechium compositum*, y tres variantes de fruto de la especie.

2. Materiales y métodos

2.1. Obtención de extracto etanólico

Los frutos de *S. compositum* fueron cosechados, lavados con desinfectante, y rebanados en rodajas delgadas y se dejaron secar a 40 °C en un horno de convección (RIOSSA E-33, México) y posteriormente se molieron. Se realizó una extracción discontinua, y finalmente se determinó el rendimiento de los extractos (extractos crudos), los cuales se almacenaron en frascos de vidrio color ámbar.

2.2. Obtención del jugo

Los frutos de *S. compositum* se cortaron en pequeños trozos y con un procesador industrial (OPM-500, JOOSHUN™, China) se extrajo el jugo, seguidamente se centrifugó a 2150 g por 10 min. El sobrenadante resultante se almaceno a 4 °C para su posterior uso.

2.3. Contenido de metabolitos secundarios

Se utilizó un cromatógrafo Infinity serie 1220 de Agilent Technologies (St. Clara, CA, EE. UU.). **Ácidos fenólicos:** Se utilizó la columna Nucleosil® 5 µm C18 100 A (125 x 4 mm) (Macherey-Nagel) con gradiente de (A) Agua (pH 2.5) con TFA (ácido trifluoroacético) y (B) ACN (acetonitrilo). Las condiciones fueron: flujo 1 mL min⁻¹; 30 °C, volumen de inyección 20 µL, presión de 114 bares. Utilizando como estándares los ácidos: gálico, clorogénico, siríngico, vanillínico, *p*-hydroxibenzóico, cafeico, ferúlico y *p*-cumárico.

Flavonoides: Se analizaron a 30 °C, utilizando una columna Hypersil™ ODS-2(125 x 4 mm), tamaño de partícula 5 µm con fase móvil agua: acetonitrilo (65:35; v / v), el agua con pH ajustado a 2.5 con ácido trifluoroacético, Las condiciones fueron: flujo de 1 mL min⁻¹. El volumen de inyección de la muestra fue de 20 µL, presión de 114 bares. Los compuestos empleados como estándares fueron: rutina, florizina, miricetina, quercetina, naringenina, floretina y galangina. En cuanto a las **Cucurbitacinas:** Se utilizó una columna ymmetry Shield RP18 (250 x 4.6 mm), tamaño de partícula de 5 µm. La elución isocrática se llevó a cabo con una fase móvil agua: metanol:

acetonitrilo (50: 30: 20; v/v/v) suministrado con un flujo de 1 mL min⁻¹, 25 °C. El volumen de inyección de la muestra fue de 10 µL y presión de 179 bares. Los compuestos de referencia estándar fueron: cucurbitacinas B, D, E, e I.

Se analizó el contenido de los metabolitos secundarios del extracto etanólico y del jugo de chayote mediante un diseño completamente al azar con tres repeticiones, obteniendo un análisis de varianza y pruebas de Tukey (P<0.05). Se utilizó el software SAS® Institute 9.0.

3. Resultados y discusión

El rendimiento del jugo fue de 80 % del peso inicial de los frutos, mientras que el rendimiento del extracto etanólico fue de 8.33% con relación al peso seco de los frutos. A este respecto, los frutos de especies silvestres o poco domesticadas presentan alto contenido de fibra y bajo contenido de agua (< 80%) con relación a las variedades comerciales de frutos de *S. edule*. Al comparar el contenido de los ácidos fenólicos totales en el jugo de los frutos en fresco se obtuvo 90.30% mayor que el extracto etanólico. Se ha reportado un contenido de ácidos fenólicos totales de 361.15 mg g⁻¹ ps en extracto metanólico de *S. edule* híbrido H387 07, mientras que en *S. edule* var. *nigrum spinosum* se ha reportado entre 11.88 y 59.54 mg g⁻¹ ps (Aguñiga, 2017; Gómez, 2019).

Dentro del grupo de los ácidos hidroxibenzóicos, el clorogénico y gálico fueron los de mayor contenido en el jugo, mientras que, en el extracto, el ácido gálico tuvo mayor concentración (Tabla 1).

Tabla 1. Contenido de ácidos fenólicos (mg kg⁻¹ de materia fresca) en extracto etanólico y jugo de frutos de chayote (*Sechium compositum*).

Compuesto	Ácidos fenólicos (mg kg ⁻¹)	
	Extracto etanólico	Jugo
Ac. gálico	62.35 b	115.44 a
Ac. clorogénico	0.00c	451.20 a
Ac. sirínigico	1.93 b	12.86 a
Ac. vainílico	1.01 b	19.61 a
Ac. <i>p</i> - hidroxibenzóico	0.82 b	36.66 a
Ac. caféico	2.88 b	76.89 a
Ac. ferúlico	1.84 ab	0.00 b
Ac. <i>p</i> -cumárico	0.50 b	19.51 a

Letras iguales no tienen diferencia significativa entre filas (Tukey P <0.05).

En el extracto etanólico se cuantificaron tres ácidos cinámicos: caféico, ferúlico y *p*-cumárico, mientras que en el jugo solo se detectó el ac. caféico y *p*-cumárico, sin presencia de ferúlico, estos compuestos comparten la misma ruta de biosíntesis (cinámico, *p*- cumárico, caféico, ferúlico, 5 - hidroxiferúlico y sinápico) y presentan un esqueleto C6-C3 (Vermerris y Nicholson, 2006).

El contenido de los ácidos fenólicos en el extracto es inferior al cuantificado en el jugo de los frutos, posiblemente a que el solvente que se usa durante el proceso de extracción no está arrastrando completamente los compuestos (Soto y Rosales, 2016). Otra posibilidad es que el contenido de los ácidos fenólicos está siendo influenciado por el tiempo y tipo de secado a los

que se somete el material vegetal, que repercute en la actividad de agua, ya que las hojuelas secas y molidas del fruto de *S. compositum* registraron humedad de 3.65% y actividad de agua (Aw) de 0.262.

Con relación a la concentración de flavonoides, el jugo tuvo 84% más que en el extracto etanólico. Es interesante notar que en los materiales silvestres el contenido de flavonoides es mayor y más diverso, por ejemplo, en extracto metanólico de las variedades de chayote domesticadas como *virens levis* se reporta 0.10 mg g⁻¹ ps y *nigrum spinosum* 0.19, 124.91, 327.52 mg g⁻¹ ps de flavonoides totales (Aguñiga, 2017; Riviello-Flores *et al.*, 2018; Gómez 2019).

Los flavonoides que poseen un gran número de grupos hidroxilos insustituídos o azúcares, se consideran compuestos polares, por lo que son moderadamente solubles en disolventes polares como etanol, metanol, butanol, acetona, dimetilsulfóxido y agua. La extracción de los flavonoides puede ser a través del material fresco o seco, siempre y cuando el proceso de secado no altere la composición de los compuestos (Tabla 2).

Los extractos de *Sechium* generalmente se exponen al secado con horno a 40 °C para seguir con el proceso de extracción líquido-líquido. El proceso de secado se realiza para preservar y conservar las cualidades del material vegetal, sin embargo, el tipo y tiempo de secado conducen ciertos cambios en la composición de los MS como la disminución de estos (Lim y Murtijaya, 2007).

Tabla 2. Contenido de flavonoides (mg kg⁻¹ de materia fresca) en extractos metanólico, etanólico y jugo de frutos de chayote (*Sechium compositum*).

Compuesto	Flavonoides (mg kg ⁻¹)	
	Extracto etanólico	Jugo
Rutina	1.49 c	62.70 a
Florizina	5.18 b	85.46 a
Mirecetina	0.59 b	145.83 a
Quercetina	1.90 b	15.37 a
Naringenina	58.51 c	182.70 b
Floretina	10.39 a	25.44 a
Galangina	5.23 a	4.08 a

Letras iguales no tienen diferencia significativa entre filas (Tukey P <0.05).

Las cucurbitacinas son compuestos triterpenoides tetracíclicos oxigenados, producidos principalmente por las plantas de la familia Cucurbitaceae, generalmente son amargas y tóxicas para muchos organismos y por lo que se consideran compuestos de defensa de las plantas (Kaushik *et al.*, 2015). La Tabla 3 muestra que el jugo fresco de *S. compositum* contiene el 99.81% más cucurbitacinas que las contenidas en el extracto etanólico.

Se han reportado contenidos variables de cucurbitacinas totales. En extracto metanólico de *S. edule* var. Perla Negra se encontró 2540.75 mg kg⁻¹ ps y 392.64 mg kg⁻¹ ps en el híbrido H387 07 (Aguñiga, 2017; Salazar, 2016). Los compuestos cuantificados fueron la cucurbitacina D, I, B, y

E, observándose disminución sustantiva en la cucurbitacina I en ambos extractos, y por lo menos 45% menos en la cucurbitacina B. En el caso del jugo, el contenido de la cucurbitacina D y E fue 54 y 39% menor comparado con el extracto metanólico.

La Tabla 3 indica que la cucurbitacina B fue uno de los compuestos con menor degradación al pasar por el proceso de secado en ambos extractos; sin embargo, no existen referencias de que pase lo mismo con las otras cucurbitacinas del fruto de *S. compositum*, en especial la cucurbitacina I, cuyo contenido en extractos fue de 1.4% comparado con el encontrado en el jugo.

Tabla 3. Contenido de cucurbitacinas (mg kg⁻¹ de materia fresca) en extractos metanólico, etanólico y jugo de frutos de chayote (*Sechium compositum*).

Compuesto	Extracto etanólico	Jugo
Cucurbitacina D	0.11 b	7.93 ab
Cucurbitacina I	0.121 b	1723.39 a
Cucurbitacina B	0.507 a	1.888 a
Cucurbitacina E	2.572 b	15.243 a

Letras iguales no tienen diferencia significativa entre filas (Tukey P < 0.05)

Tal como se resume en la Tabla 4, el contenido total de metabolitos secundarios se conserva en el jugo de chayote, con un rendimiento de 80%, por lo cual se plantea que el establecimiento de una planta extractora de jugo, por lo que se plantea la posibilidad del establecimiento de una planta extractora de jugo.

Tabla 4. Contenido total de metabolitos de frutos de *Sechium compositum* mediante dos formas de extracción

Método extracción	Contenido de Metabolitos totales			Rendimiento
	Ácidos fenólicos	Flavonoides	Cucurbitacinas	(mL kg ⁻¹)
Etanólico	71.34	83.29	3.31	83.3
Jugo	732.16	521.59	1748.45	800.0

Por lo anterior se plantea el siguiente diagrama de flujo para extracción. El proyecto será cultivando *S. compositum* por comunidades campesinas de Veracruz, mediante una producción libre de agroquímicos (Figura 2, 3).



Figura 2. Diagramas de planta procesadora de jugo de *Sechium compositum*

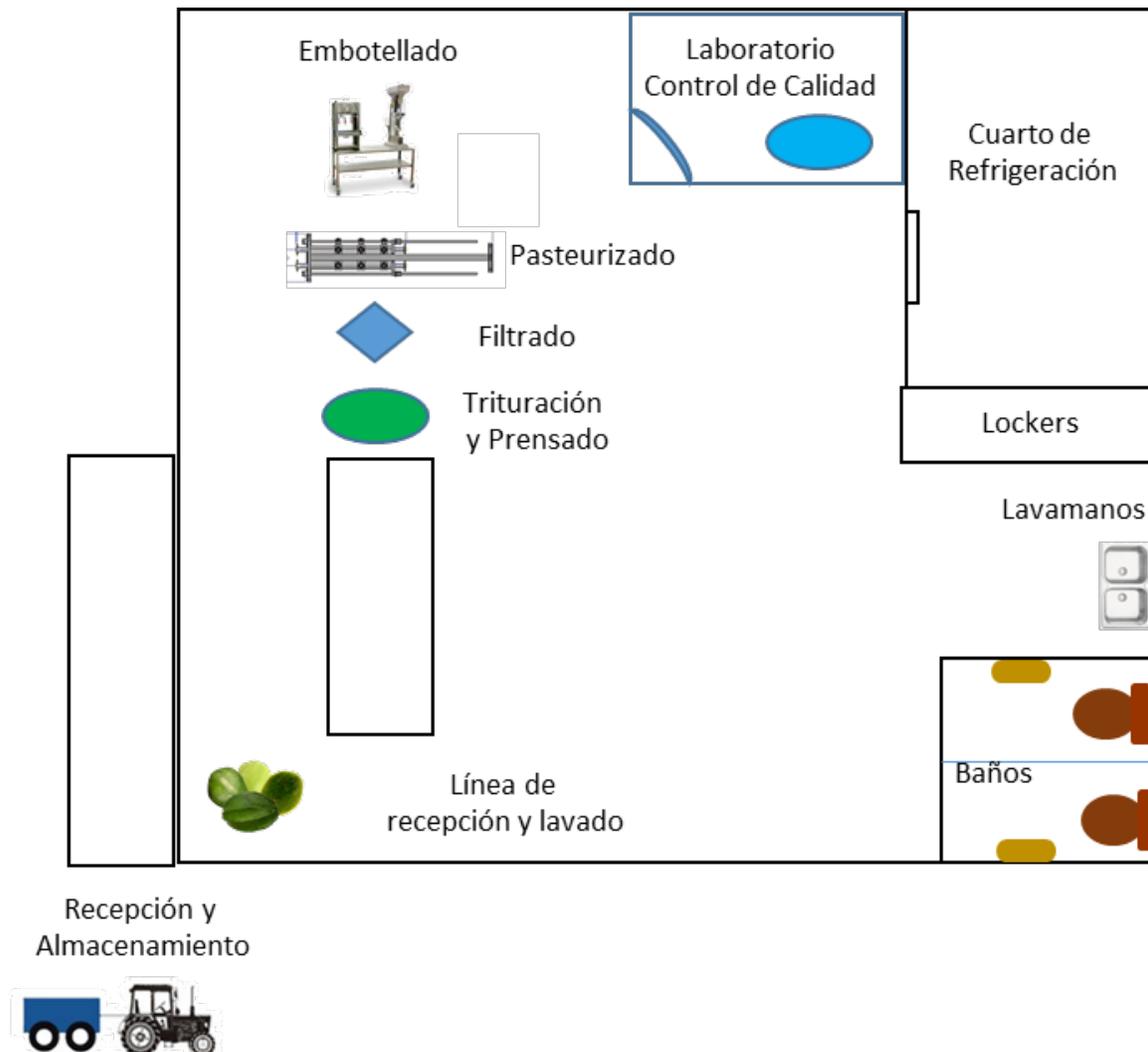


Figura 3. Diagramas de operación de planta procesadora de jugo de *Sechium compositum*

3.1. La gestión de un recurso local y el desarrollo rural

Es importante resaltar que, de acuerdo con investigaciones realizadas con recursos locales o endógenos en las comunidades rurales, resulta en mayor factibilidad la puesta en marcha de un proyecto que diversifique las actividades productivas y económicas (Aguirre-Cadena et al., 2016) en lugar de importar recursos de otro territorio.

Se han registrado casos exitosos en el ámbito rural (sector primario) de diversificación productiva cuando se proyectan innovaciones mediante la transferencia tecnológica producto de la investigación I+D+i (Cadena-Iñiguez y Becerril-Román, 2016). Este es el caso particular de un esfuerzo conjunto para identificar usos a un recurso genético pariente silvestre de una hortaliza de exportación, para coadyuvar a su conservación diseñando proyectos de diversificación económica; sin embargo, se debe iniciar con procesos de caracterización, tal como la bioquímica

y con ello los métodos de extracción, ya que su uso está orientado a la actividad de los metabolitos secundarios.

4. Conclusiones

La evaluación bioquímica y métodos de extracción pueden favorecer el proceso de gestión de *S. compositum*. La información obtenida puede contribuir la toma de decisiones para establecer proyectos de extracción y formulación comercial de productos. La evaluación realizada mostró que el mayor rendimiento de los ácidos fenólicos, flavonoides y cucurbitacinas cuantificados mediante HPLC se encontró en el jugo de los frutos frescos de *Sechium compositum*. Más del 90 % de los ácidos fenólicos y cucurbitacinas de los extractos se degradaron posiblemente al tiempo y tipo de secado del material vegetal.

5. Referencias

- Aguñiga, S. I. 2013. Potencial antileucémico in vitro de extractos de cuatro genotipos de *sechium* spp. (cucurbitaceae). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo Texcoco, Estado de México. 112p.
- Aguñiga, S. I. 2017. Efecto antitumoral in vivo de *Sechium P. Browne* (Cucurbitaceae). Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo Texcoco, Estado de México. 182p.
- Aguirre-Cadena, J.F., Cadena-Iñiguez, J., Ramírez-Valverde, B., Trejo-Téllez, B.I., Juárez Sánchez, J. P., & Morales-Flores, F. J. (2016). Diversificación de cultivos en fincas cafetaleras como estrategia de desarrollo. Caso de Amatlán. *Acta Universitaria*, 26(1), 30-38. doi: 10.15174/au.2016.833
- Ávalos, G. Á., Pérez, U. C. E. 2011. Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (biología) Serie Fisiología vegetal* 2(3): 119-145. ISSN: 1989-3620.
- Avendaño, A. C. H., Cadena, I. J., Cisneros, S. V. M., Ramírez, R. Y. C., Mejía, M. G. B. 2017. Variación morfológica a nivel inter e infraespecífico en *Sechium* spp. *Agroproductividad* 10 (9): 58-63. ISSN: 2594-0252.
- Cadena-Iñiguez, J., Cruz, A. A., Zárate, V. J. L., Martínez, B. A., Figueroa, R. O. L., & Sánchez, V. P. (2010a). Formación de gestores locales como estrategia para favorecer el relevo generacional en ejidos. *Agroproductividad*, 3(3), 14-22.
- Cadena-Iñiguez, J., Martínez, B. A., López, R. G., Trejo, T. B.I., Figueroa, R. K. A., Talavera, M. D., & Hernández, F. (2010b). El proceso de investigación vinculación (I+V) para la asociación empresarial en núcleos agrarios de México. *Agroproductividad*, 3(3), 23-30.
- Cadena, I. J., Soto, H. M., Arévalo, G. M., Avendaño, A. C. H., Aguirre, M. J. F., Ruiz, P.L. D. M. 2011. Caracterización bioquímica de variedades domesticadas de chayote *Sechium edule* (Jacq.) Sw. comparadas con parientes silvestres. *Revista Chapingo. Serie horticultura* 17(2): 45-55. ISSN 2007-4034.
- Cadena-Iñiguez, J., Avendaño-Arrazate, C. H., Soto-Hernández, M., Ruiz-Posadas, L. M., Aguirre-Medina, J. F., Arévalo-Galarza, L. 2008. Intraspecific variation of *Sechium edule* (Jacq.) Sw. in the state of Veracruz, Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution* 55(6): 835-847. Doi: 10.1007/s10722-007-9288-4.
- Cadena-Iñiguez, J., Becerril-Román, E. 2016. Generación y reporte de casos de éxito en el sector rural. *AgroProductividad. Año 9 Vol. 9. Suplemento Noviembre*, x-xviii.
- Carrión, J. A. V., García G. C. R. 2010. Preparación de extractos vegetales: determinación de eficiencia de métodos. Tesis de Licenciatura. Universidad de Cuenca, Facultad de ciencias químicas. 138 p.
- Cartaya, O., Reynaldo, I. 2001. Flavonoides: Características químicas y aplicaciones. *Cultivos tropicales*, 22(2): 5-14. ISSN: 0258-5936.
- Castañeda-Sánchez, A., Guerrero-Beltrán, J. 2015. Pigmentos en frutas y hortalizas rojas:

- antocianinas. *Temas selectos de ingeniería en alimentos* 9 (1): 25- 33. <http://web.udlap.mx/tsia/files/2016/05/TSIA-9-Castaneda-Sanchez-et-al-2015.pdf>.
- Cazorla, A., De los Ríos, I., & Díaz, P. J. (2005). The Leader community initiative as rural development model: application in the capital region of Spain. *Agrociencia*, 39(6), 697-708.
- CDB. (2014). Convenio de Diversidad Biológica. <http://www.cbd.int/intro/default.shtml>. (1 Jan 2021).
- Crozier, A, Jaganath, I.B., Clifford, M.N. 2006. Phenols, polyphenols and tannins: An overview. Plant secondary metabolites. Occurrence, structure and role in the human diet In: Crozier, A., Clifford, M.N., Ashihara, H. (Eds.). Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK, 1-24. Doi: 10.1002/9780470988558.
- De los Ríos-Carmenado, I., Díaz, J. M., & Cadena, I. J. (2011a). La iniciativa leader como modelo de desarrollo rural: aplicación a algunos territorios de México. *Agrociencia*, 45(5), 609-624.
- De los Ríos-Carmenado, I., Cadena, I. J., & Díaz, P. M. (2011b). Creación de grupos de acción local para el desarrollo rural en México: enfoque metodológico y lecciones de experiencia. *Agrociencia*, 45(7), 815-829.
- Fontan-Candela, J. L. 1957. Las saponinas y la botánica. Madrid: Instituto Español de Fisiología y Bioquímica C.U Madrid 15 (1): 501-521. [http://www.rjb.csic.es/jardinbotanico/ficheros/documentos/pdf/anales/1958/Anales_15\(1\)_501_521.pdf](http://www.rjb.csic.es/jardinbotanico/ficheros/documentos/pdf/anales/1958/Anales_15(1)_501_521.pdf).
- Gómez, G. G. 2019. Efecto hepatoprotector in vivo de extractos de *Sechium P. Browne*. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo Texcoco, edo. de México. 67 p.
- Gordo, D. A. M. 2018. Los compuestos fenólicos, un acercamiento a su biosíntesis, síntesis y actividad biológica. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 9(1): 81-104. Doi: 10.22490/21456453.1968.
- Hatano, T., Takagi, M., Ito, H., Yoshida, T. 1998. Acylated flavonoid glycosides and accompanying phenolics from licorice. *Phytochemistry*, 47(2): 287-293. Doi: 10.1016/S0031-9422(97)00560-8.
- Huang, Z., Dostal, L., Rosazza, J. P. 1993. Mechanisms of ferulic acid conversions to vanillic acid and guaiacol by *Rhodotorula rubra*. *The Journal of Biological Chemistry* 268(32): 23954-23958. <http://www.jbc.org/content/268/32/23954.full.pdf>.
- Kaushik, U., Aeri, V., Mir, S. R. 2015. Cucurbitacins—an insight into medicinal leads from nature. *Pharmacognosy reviews* 9(17): 12-18. Doi:10.4103/0973-7847.156314.
- Lim, Y. Y., Murtijaya, J. 2007. Antioxidant properties of *Phyllanthus amarus* extracts as affected by different drying methods. *LWT-Food Science and Technology* 40(9): 1664-1669. Doi: 10.1016/j.lwt.2006.12.013.
- Lira-Saade S. R. 1996. Chayote. *Sechium edule* Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 8. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy 57 p. ISBN 92-9043-298-5.
- Macheix, J.J., Fleuriet, A., Billot, J. 1990. Fruit phenolics. Taylor and Francis. London New York. 378 p. Doi: 10.1201/9781351072175.
- Mediani, A., Abas, F., Tan, C., Khatib, A. 2014. Effects of different drying methods and storage time on free radical scavenging activity and total phenolic content of *Cosmos caudatus*. *Antioxidants* 3(2): 358-370. Doi: 10.3390/antiox3020358.
- Muñoz A. 2014. Ácido ferúlico Eugenol ácido vainílico ácido siríngico. <https://slideplayer.es/slide/1721471/>.
- Nguyen, V., Le, M. 2018. Influence of Various Drying Conditions on Phytochemical Compounds and Antioxidant Activity of Carrot Peel. *Beverages* 4(4): 80. Doi:

- 10.3390/beverages4040080.
- Ochoa, C. I., Ayala, A. A. 2004. Los flavonoides: apuntes generales y su aplicación en la industria de alimentos. *Ingeniería y competitividad* 6(2): 64-74. Doi: 10.25100/iyc.v6i2.2280.
- Ordoñez A.A.L., Gómez J.D., Cudmani N.M., Vattuone M.A., Isla M.I. 2003. Antimicrobial Activity of Nine Extracts of *Sechium edule* (Jacq.) Swartz. *Microbial Ecology in Health and Disease* 15(1): 33-39. Doi: 10.1080/0891060010015583.
- PN. (2014). [Protocolo de Nagoya Sobre Acceso a los Recursos Genéticos y Participación Justa y Equitativa en los Beneficios Que Se Deriven de Su Utilización | Observatorio del Principio 10 \(cepal.org\)](https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/protocolo-nagoya-acceso-recursos-geneticos-participacion-justa-equitativa-beneficios-que-se#:~:text=El%20protocolo%20de%20Nagoya%2C%20en,utilización%20de%20los%20recursos%20genéticos).<https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/protocolo-nagoya-acceso-recursos-geneticos-participacion-justa-equitativa-beneficios-que-se#:~:text=El%20protocolo%20de%20Nagoya%2C%20en,utilización%20de%20los%20recursos%20genéticos>.
- Riviello-Flores, M., Arévalo-Galarza, M., Cadena-Iñiguez, J., Soto-Hernández, R., Ruiz-Posadas, L., Gómez-Merino, F. 2018. Nutraceutical Characteristics of the Extracts and Juice of Chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) Fruits. *Beverages* 4(2): 37. Doi: 10.3390/beverages4020037.
- Salazar, A. S. 2016. Microencapsulación de extractos de chayote [*Sechium edule* (Jacq.) Swartz] con fines terapéuticos. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, edo. de México. 71 p.
- Shadung, K. G., Mashela, P. W., Mphosi, M. S. 2016. Suitable drying temperature for preserving cucurbitacins in fruit of wild cucumber and wild watermelon. *HortTechnology* 26(6): 816-819. Doi: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH03400-16>.
- Shadung, K. G., Mashela, P. W., Mulaudzi, V. L. 2017. Responses of cucurbitacin A and B concentrations from fruits of *Cucumis myriocarpus* and *Cucumis africanus* to drying method. *Research on Crops*, 18(3): 569-573. Doi: 10.5958/2348-7542.2017.00097.3.
- Sharma, K., Ko, E. Y., Assefa, A. D., Ha, S., Nile, S. H., Lee, E. T., Park, S. W. 2015. Temperature-dependent studies on the total phenolics, flavonoids, antioxidant activities, and sugar content in six onion varieties. *Journal of food and drug analysis* 23(2): 243-252. Doi: 10.1016/j.jfda.2014.10.005.
- Soto-García, M., Rosales-Castro, M. 2016. Efecto del solvente y de la relación masa/solvente, sobre la extracción de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de extractos de corteza de *Pinus durangensis* y *Quercus sideroxylla*. *Maderas. Ciencia y tecnología* 18(4): 701-714. Doi: 10.4067/S0718-221X2016005000061.
- Tiho, T., Yao, N. J. C., Brou, C. Y., Adima, A. A. 2017. Drying temperature effect on total phenols and flavonoids content, and antioxidant activity of *Borassus aethiopum* Mart ripe fruits pulp. *Journal of Food Research* 6(2): 50-64. Doi: 10.5539/jfr.v6n2p50.
- Uriostegui, A. M. T. 2014. Análisis fitoquímico y efecto antiproliferativo de genotipos de *Sechium edule* (Jacq.) Sw. sobre cáncer de mama. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo Texcoco, Estado de México. 78p.
- Valente, L. M. M. 2004. Cucurbitacinas e suas principais características estruturais. *Química Nova*, São Paulo, 27(6):944-948. Doi:10.1590/S0100-40422004000600019.
- Vermerris W., Nicholson R. 2006. Chapter 3. Biosynthesis of Phenolic Compounds. *Phenolic compounds Biochemistry*. Published by Springer, P.O. Box 17, 3300 AA, Dordrecht, The Netherlands 63-149. ISBN-10: 140209289X, ISBN-13: 978-1402092893.
- Villamizar, L. F., Martínez, F. 2008. Estudio fisicoquímico de la solubilidad del Eudragit s100® en algunos medios acuosos y orgánicos. *Revista Colombiana de Química* 37(2): 173-187. ISSN 2357-3791.
- Wang, X., Tanaka, M., Peixoto, H. S., Wink, M. 2017. Cucurbitacins: elucidation of their

interactions with the cytoskeleton. PeerJ 5, e3357. Doi: 10.7717/peerj.3357.
Zapata, K., Rojano, B. A., Cortes, F. B. 2015. Efecto térmico del secado por aspersión sobre los metabolitos antioxidantes de la Curuba Larga (*Passiflora mollissima* baley). Información tecnológica 26(1): 77-84. Doi: 10.4067/S0718-07642015000100009.

**Comunicación alineada con los Objetivos de
Desarrollo Sostenible**

