

06-010

DESIGN AND EVALUATION OF FUNCTIONAL JUICE COMPOUNDS OF TWO GENOTYPES OF SECHIU EDULE (JACQ.) SW., FOR NEW RURAL PROJECTS

Cadena Iñiguez, Jorge ⁽¹⁾; Riviello Flores, Maria De La Luz ⁽¹⁾; Arévalo Galarza, Ma. de Lourdes ⁽¹⁾; Ruiz Posadas, Lucero del Mar ⁽¹⁾; Soto Hernández, Marcos ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Colegio de Postgraduados

Secondary metabolites of two genotypes (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) Were evaluated by means of ethanolic and methanolic extracts by the method of maceration of fruits; with emphasis on the determination of antioxidant activity for the design and evaluation of a nutraceutical drink. The results recorded that both genotypes contain phenolic compounds and tetracyclic triterpenes that act synergistically in the juice (cucurbitacins B, D, E and I). The physicochemical, microbiological and phytochemical evaluation of the juice showed significant differences in total sugars, titratable acidity, pH, vitamin C, chlorophylls and color. Pasteurization registered a significant reduction in the number of initial microorganisms, and considering that there was no addition of preservatives, their useful life is subject to refrigeration conditions at 6 °C. The beverage designed with the juice, recorded in its composition phenols, flavonoids and cucurbitacins, metabolites that have tested functional biological activity for human health. The beverage represents part of the program of productive and economic diversification, for the central region of Veracruz, Mexico that cultivates about 2000 ha of chayote and production of 180,000 t of fruit in a period of six months. This allows to take advantage of surpluses and non-exportable fruits, induce innovation and contribute to public health.

Keywords: antioxidant; functional food; economic alternative

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE COMPUESTOS FUNCIONALES DEL JUGO DE DOS GENOTIPOS DE SECHIU EDULE (JACQ.) SW., PARA NUEVOS PROYECTOS RURALES

Se evaluaron metabolitos secundarios de dos genotipos de chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) mediante extractos etanólicos y metanólicos por el método de maceración de frutos; con énfasis en la determinación de actividad antioxidante para el diseño y evaluación de una bebida nutraceutica. Los resultados registraron que ambos genotipos contienen compuestos fenolicos y triterpenos tetraciclicos que actúan sinérgicamente en el jugo (cucurbitacinas B, D, E e I). La evaluación fisicoquímica, microbiológica y fitoquímica del jugo mostró diferencias significativas en azúcares totales, acidez titulable, pH, vitamina C, clorofilas y color. La pasteurización registró notable reducción del número de microorganismos iniciales, y considerando que no existió adición de conservadores, su vida útil está supeditada a condiciones de refrigeración a 6 °C±1. La bebida diseñada con el jugo, registró en su composición fenoles, flavonoides y cucurbitacinas, que son metabolitos que han probado actividad biológica funcional para la salud humana. La bebida representa parte del programa de diversificación productiva y económica, para la región centro de Veracruz, México que cultiva cerca de 2000 ha de chayote y producción de 180,000 t de fruto en un periodo de seis meses. Esto permite aprovechar excedentes y frutos no exportables, inducir innovación y coadyuvar a la salud pública.

Palabras clave: antioxidante; alimento funcional; alternativa económica; empresa rural

Correspondencia: Jorge Cadena Iñiguez jocadena@gmail.com



©2020 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

Hoy en día el estilo de vida de los seres humanos ha sufrido cambios, pues la elección de los alimentos se basa no solo en satisfacer el hambre y obtener los nutrientes necesarios, sino también en prevenir las enfermedades relacionadas con la nutrición para mantener un bienestar físico y mental. No existe un acuerdo para definir en forma precisa que son los “alimentos funcionales”. Muchos consideran que se trata de un concepto aun en desarrollo. Los alimentos denominados funcionales surgen como una solución a los hábitos incorrectos de alimentación adoptados, ya que además de los nutrientes y componentes, como el aroma, sabor, color y textura, estos alimentos contienen ciertas sustancias químicas capaces de tener efectos positivos para promover o restaurar la salud, lo que permite atribuirles una función saludable (Cóccaro, 2010).

La idea de los "alimentos funcionales" fue desarrollada en el Japón durante la década de los años ochenta para reducir el alto costo de los seguros de salud. El término se refería a alimentos procesados conteniendo ingredientes que ayudan a ciertas funciones específicas del organismo además de ser nutritivos, y actualmente, Japón es el único país que ha formulado un proceso regulatorio específico para la aprobación de alimentos funcionales conocidos como "alimentos para uso específico de salud" ("foods for specified health use" o FOSHU) y llevan un sello de aprobación del Ministerio de Salud y Bienestar (Arai, 1996), registrando más de cien productos con licencia FOSHU (Hasler, 1998). Existe controversia entre los términos alimentos funcionales y nutracéuticos. Los primeros son definidos por diferentes organismos, tales como, el Consejo de Nutrición y Alimentación de la Academia de Ciencias de los Estados Unidos como “alimentos modificados o que contengan un ingrediente que demuestre una acción que incremente el bienestar del individuo o disminuya los riesgos de enfermedades, más allá de la función tradicional de los nutrientes que contiene”. El ILSI (International Life Sciences Institute) los define como “alimentos que, por virtud de la presencia de componentes fisiológicamente activos, proveen beneficios para la salud, más allá de la acción clásica de los nutrientes”, y se puede considerar como funcional si se logra demostrar satisfactoriamente que posee un efecto benéfico sobre una o varias funciones específicas en el organismo, que mejora el estado de salud y de bienestar, o bien, que reduce el riesgo de una enfermedad (American Heart Association Advisory, 1997). El Centro de Información Internacional de Alimentos (IFIC) define a los alimentos funcionales como aquellos que aparte de su papel nutritivo básico desde el punto de vista material y energético, sean capaces de proporcionar un efecto positivo en la salud tanto en su mantenimiento, como en la reducción del riesgo de padecer una enfermedad (Milner, 2000).

Como alimentos funcionales Boucher (1999) los define como “Alimentos que proveen beneficios a la salud más allá de la nutrición básica”; mientras que Delgado-Vargas y Paredes-López (2003) definen un alimento nutracéuticos como “Cualquier sustancia que puede ser considerada como alimento o parte del mismo, y provee beneficios médicos o a la salud, incluyendo la prevención y tratamientos de enfermedades”. Es relevante dar mención que estos términos no están universalmente aceptados y pueden variar dependiendo el país. El termino nutracéuticos no existe bajo la legislación de México; sin embargo, no demerita que los compuestos nutracéuticos han captado la atención de científicos y promotores de salud. Los ingredientes nutracéuticos de los alimentos se han denominado como GRAS (Generalmente Reconocidos como Alimentos Seguros), identificando gran cantidad de alimentos y especies vegetales con potencial nutracéuticos debido al contenido de metabolitos secundarios, tales como, el amaranto (*Amaranthus* sp), quínoa (*Chenopodium quinoa* willd.), frijol (*Phaseolus vulgaris*), soya (*Glycine max*), especias, cereales, ginseng (*Panax ginseng*), aguacate (*Persea americana*), chile (*Capsicum annunm*), piña (*Ananas comusus*), nopal (*Opuntia ficus indica*), jitomate (*Solanum lycopersicum*), guayaba (*Psidium guajava*), fresa (*Fragaria vesca*), zarzamora (*Rubus ulmifolium*),

frambuesa (*Rubus idaeus*), cereza (*Pronus cerasus*), entre otros (1999; Laurence *et al.*, 1999; Wildman, 2001:2006).

1.1. Metabolitos secundarios o fitoquímicos

En los años cincuenta, los metabolitos secundarios o fitoquímicos eran vistos como desechos metabólicos o productos de desintoxicación (Peach, 1950; Reznik, 1960); sin embargo, actualmente son considerados como componentes del metabolismo de las plantas (Barz y Koster, 1980) ya que, aunque son productos no esenciales para los procesos vitales (crecimiento, desarrollo y reproducción), son determinantes como mecanismos de defensa contra predadores y patógenos, o bien, como agentes alelopáticos, atrayentes de polinizadores o dispersores de las semillas (Harborne, 1993; Cheeke, 1995). Se sabe que estos metabolitos son generados por las plantas como respuesta a situaciones que generan estrés, ya sea por factores bióticos (parásitos) o abióticos (luz, radiación UV, calor, sequía, temperaturas extremas, entre otros). Un aspecto a destacar de los metabolitos secundarios en las plantas es su diversidad; algunas estimaciones indican la existencia de 200,000 metabolitos secundarios, los cuales son el producto de relativamente pequeñas modificaciones de compuestos básicos o como resultado de una mezcla de compuestos. Existen tres grandes categorías de los metabolitos secundarios de las plantas tales como, terpenoides, alcaloides, y compuestos fenólicos (Croteau *et al.*, 2000).

Debido a su amplia actividad biológica, los metabolitos secundarios se han utilizado durante siglos en la medicina tradicional, y en la actualidad, corresponden a compuestos de importancia comercial ya que son usados en la industria farmacéutica, de cosméticos, como fuentes de numerosas sustancias de interés agroquímico (Karuppusamy, 2009) o más recientemente como productos nutracéuticos y aditivos alimenticios (Bourgau *et al.*, 2001; Ferri *et al.*, 2011); así por ejemplo, las plantas que contienen compuestos de naturaleza triterpénica, específicamente cucurbitacinas, son usadas en la medicina tradicional por su actividad antipirética, analgésica, antiinflamatoria, antimicrobiana y antitumoral (Geisseman, 1964; Chen, 2005); o bien, la presencia de compuestos fenólicos en las plantas promueven su interés medicinal y nutracéuticos debido a los posibles efectos benéficos sobre la salud, ya que, ciertas investigaciones suponen efectos favorables en enfermedades cardiovasculares (Renaud y de Lorgeril, 1992) o neurodegenerativas (Sun *et al.*, 2002), en la prevención y tratamiento de distintos tipos de cáncer (Lambert *et al.*, 2005), y en general, en todas aquellas enfermedades donde el estrés oxidativo tiene un papel importante. Estos efectos benéficos se explican fundamentalmente por las propiedades antioxidantes (Frankel *et al.*, 1995), antiinflamatorias (Haqqi *et al.*, 1999) y anticancerígenas (Yang *et al.*, 2001) que presentan los polifenoles. El término “fitoquímico” constituye la evolución más reciente de “alimento funcional” y enfatiza las fuentes vegetales de la mayoría de los compuestos preventivos de enfermedades. En este sentido siendo México un país con una diversidad biológica importante ya que posee cerca de 22,000 especies endémicas (Rzedowski, 1993), y es centro de origen y domesticación de entre 66 y 102 especies cultivadas (Ortega-Paczka *et al.*, 1998), además de algunas especies semidomesticadas con un gran número de parientes silvestres (Rzedowski, 1995), facilita proyectar su enorme potencial como productor de compuestos y propiedades descritas en párrafos anteriores.

Una de estas especies neotropicales en México es el chayote (*Sechium edule* [Jacq.] Sw.), cuyo uso principal es el alimentario (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2007) centrándose en el fruto que se consume generalmente como hortaliza (Cadena-Iñiguez y Arévalo-Galarza, 2011). Diversas investigaciones en torno *S. edule* han revelado actividad biológica funcional (Aguñiga-Sánchez *et al.*, 2017). En la actualidad se continua la búsqueda de alimentos que proporcionen un beneficio adicional a la dieta humana, que contengan moléculas que sirvan a la salud, y en específico en el área de frutas procesadas con un enfoque de alimento que provee sustancias nutritivas y benéficas a la salud; por ejemplo, una técnica de transformación aplicable a las frutas en la industria es la preparación de jugos o néctares, que presentan ventajas, tales como, la posibilidad

de combinar aromas y sabores, más la suma de componentes nutrimentalmente diferentes (Akira *et al.*, 2004). México es el principal productor y exportador mundial de chayote, y el estado de Veracruz contribuye con cerca del 80% del volumen nacional (SIAP, 2017). La variedad de chayote verde liso (*S. edule var. virens levis*) y la espinosa *S. edule var. nigrum spinosum*, son las dos variedades exportables, y aun cuando la actividad comercial se realiza todo el año, existen mermas por defectos en los frutos, lo cual sugiere la necesidad de contar con alternativas para su aprovechamiento diferente al consumo en fresco, tales como, la elaboración de bebidas y de esta forma diversificar las opciones de comercialización y consumo.

1.2. Diversificación por proyectos

La comercialización del chayote en México, se hace vía los intermediarios y los beneficios del mercado no llegan a las familias campesinas. Se produce de junio a diciembre de cada año, y es en el periodo de septiembre-diciembre cuando la producción alcanza el pico más alto y los precios son más bajos (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2016). Otro factor importante en este sistema de producción, es la heterogeneidad en los frutos de muchos productores minifundistas que origina el rechazo en los mercados, cuya exigencia en calidad y bioseguridad han ido en aumento, de tal forma que se requiere certificación de buenas prácticas de campo y empaque. Recientemente (2016) se ha implementado un modelo de asociación de minifundistas productores de chayote *var. virens levis* y *var. nigrum spinosum*, con el fin de diseñar proyectos que favorezcan un modelo de negocio para frutos que escapan a las normas (NOM, y Codex-Stan internacional) pero que sirven para otros fines de la agroindustria, tales como, aditivos, fuente de metabolitos, jugos y bebidas para aprovechar el volumen de frutos. Lo anterior ayudará a elevar su nivel de oportunidad comercial y promover el desarrollo local.

En especial para el modelo de jugos y bebidas, se evaluaron las características físicoquímicas y microbiológicas de una combinación de jugo de dos variantes biológicas de chayote (*S. edule var. nigrum spinosum* y *S. edule var. virens levis*), e identificar con un estudio fitoquímico metabolitos secundario en los extractos crudos en dichas variantes y en combinación, con el fin de contar con una alternativa valiosa para generar inversiones rurales y diversificar los usos del chayote y la economía rural.

2. Materiales y métodos

2.1. Obtención del jugo de los frutos de chayote

Se cosecharon frutos de chayote de ambas variantes biológicas en madurez hortícola (Watada *et al.*, 1984), se lavaron con una solución clorada de 10 mg kg⁻¹ y se cortaron en trozos pequeños para exprimirlos en un extractor tipo industrial, teniendo así 10.7 kg de frutos de chayotes de *nigrum spinosum* se obtuvo 64.2%. De la misma forma de 16.3 de kg frutos de chayotes de *virens levis* se obtuvo un rendimiento de jugo de 66.8%. Las variables de sólidos solubles totales (% SST), Azúcares (g100g⁻¹) acidez titulable (%), vitamina C (mg 100mL⁻¹) e índice de color de los jugos de chayote fueron determinados de acuerdo a la metodología internacional (AOAC, 1980).

2.2. Elaboración de Jugo de chayote, piña (*Ananas comosus*) y *Stevia rebaudiana*

Se utilizaron 7.0 L de Jugo de las dos variedades de chayote de segunda calidad de exportación (merma), además de jugo de piña. Se realizaron las siguientes combinaciones: 100% jugo de frutos de *var. virens levis*; 100% jugo de frutos de *var. nigrum spinosum*; 100% jugo de frutos de *var. virens levis* + 14 g de *Stevia rebaudiana*; 100% jugo de frutos de *var. nigrum spinosum* + 16 g de *Stevia rebaudiana*; 50% jugo de frutos de *var. virens levis* + 50% de jugo de Piña + 16 g de *Stevia*; 50% jugo de frutos de *var. nigrum spinosum* + 50% de jugo de Piña + 16 g de *Stevia rebaudiana*. Se realizaron dos tratamientos, uno fue jugo pasteurizado y otro no de las seis

combinaciones con tres repeticiones por cada combinación. Cada tercer día se evaluaron las tres repeticiones. La acidez titulable, sólidos solubles totales, pH, clorofila a y b, azúcares totales y vitamina C se determinaron con los métodos descritos por AOAC (1980). Se realizaron análisis microbiológicos, se tomaron tres fechas de la evaluación, la fecha de inicio, a la sexta y al término de las evaluaciones. Para este análisis microbiológico se usaron las Placas de NeoFilm™ para recuento de aerobios rápido.

2.3. Análisis de metabolitos secundarios por cromatografía líquida de alta resolución HPLC

Se pesaron 20 mg de los extractos crudos metanólicos y etanólicos de las muestras en tubos Eppendorf de 2 mL, se adiciono para los extractos alcohólicos 2 mL de metanol al 80% (se agito vigorosamente y disolvió). Luego se tomó con una jeringa cada una de las muestras diluidas para inyectarlas en viales filtrando con acrodiscos de Nylon membrane, de tamaño 25 mm, con un poro de 0.45 µm. Finalmente se realizó el análisis por HPLC. La columna utilizada para este análisis fue Symmetry Shield RP18 (4.4 X 250 mm), 5 µm, la fase móvil fue de H₂O, Metanol y acetonitrilo en proporciones (50:30:20), a una velocidad de flujo de 1 mL min⁻¹, y una presión de 179 bares a 25 °C de temperatura, se inyectó 20 µL de cada muestra.

2.4. Determinación de Actividad Antioxidante

2.4.1. Ensayo β-caroteno-ácido linoleico

La actividad antioxidante de los extractos metanólicos y etanólicos fue determinada acorde al método de ensayo β-caroteno (Jayaprakasha *et al.*, 2000; Ordoñez *et al.*, 2003; Hidalgo *et al.*, 1994) con ligeras modificaciones. En un matraz bola con capacidad de 50 mL se agregaron 0.02 mL de ácido linoleico (MCA. SIGMA) y 0.2 mL de Tween-20 y adiciono un mililitro de 0.2 mg mL⁻¹ β-caroteno (MCA. SIGMA) disuelto en cloroformo (MCA. J.T. BAKER). Todas muestras se ensayaron por triplicado. La actividad antioxidante (AA) se expresó como porcentaje de AA y se calcula por la ecuación:

$\% AA = 100 \times [1 - (A_0 - A_t / A_{00} - A_0 t)]$; donde A₀ es la absorbancia inicial 470 nm de la emulación a tiempo 0; A_t es la absorbancia de la muestra a tiempo t (20, 40, 80 y 140 segundos). A₀₀ es la absorbancia en el tiempo t sin muestra.

2.4.2. Método de captación de radical DPPH

La actividad antioxidante se evaluó mediante el método del radical libre DPPH, como se describe en Amico *et al.* (2006) y Liu *et al.* (2008). Dicho radical tiene un electrón desapareado y presenta un color azul-violeta el cual cambia a amarillo pálido en presencia de sustancias antioxidantes, midiendo esta reacción espectrofotométricamente a 517 nm. La actividad del DPPH (2,2-difenoil-1-picrilhidrazilo) como atrapador de radicales libres de cada muestra fue determinada. Una solución de 0.1 mM de DPPH (MCA. ALDRICH) en metanólico fue preparada. Se realizaron dos repeticiones por cada muestra en cinco diferentes contracciones (30, 20, 10, 5 y 2.5 mg mL⁻¹). La absorbancia inicial del DPPH en metanol se midió a 517nm. Luego se tomaron 500 µL de las diferentes concentraciones y colocaron en tubos de ensayo, se adicionaron 500 µL de metanol y 2 mL de la solución de DPPH. La decoloración fue medida a 517 nm, después de una incubación por 30 min a temperatura ambiente en oscuridad, en un espectrofotómetro (Spectronic, instruments, Inc.). Las mediciones fueron llevadas a cabo por duplicado. El porcentaje de DPPH (%DPPHIC) fue calculado mediante la siguiente ecuación:

$\% DPPHIC = (A_{Control} - A_{muestras}) \times 100 / A_{control}$; donde A_{Control} (DPPH 0.1 mM) es la absorbancia del control, y A_{muestras} es la absorbancia de la muestra. Los valores IC₅₀ calculados denotaran la concentración de una muestra requerida para decrecer la absorbancia a 517 nm por 50%.

3. Resultados y discusión

La variedad *virens levis* (Tabla 1) registró valores diferentes para SST, pero no para azúcares totales, ni para la acidez titulable. La Vitamina C se mostró diferente hasta el segundo mes, y posteriormente se mantuvo igual. En cuanto al índice de color, los valores obtenidos para todos los meses se mantuvieron dentro del rango del verde intenso a amarillo verdoso que va de -20 a -2 (Vignoni *et al.*, 2006); mientras que la *var. nigrium spinosum*, registró los SST con diferencias significativas durante el tiempo evaluado, manteniendo su contenido a partir del tercer mes. El contenido de azúcares y acidez no tuvieron diferencias. La acidez titulable no mostró diferencias durante los meses evaluados. La vitamina C registró diferencias significativas después del quinto mes de almacenamiento. El Índice de color no tuvo cambios significativos con valores de -20 indicando una tonalidad verde oscuro (Vignoni *et al.*, 2006).

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica del jugo de frutos de dos variedades de *Sechium edule* (Jacq.) Sw. en ultracongelación durante un periodo de tiempo

<i>ver. virens levis</i>					
Evaluación	Variables				
	% SST	Azúcares g100g ⁻¹	Acidez titulable [£] (%)	Vitamina C* mg 100mL ⁻¹	Índice de Color
Septiembre	4.3 a [¥]	2.025 a	0.073a	3.24 a	-16.41
Octubre	4.0 c	1.833 a	0.064 a	2.94 ab	-19.43
Noviembre	4.0 c	1.897 a	0.064 a	3.09 ab	-19.50
Diciembre	4.1 b	2.02 a	0.064 a	2.27 b	-18.87
Febrero	4.0 c	1.448 a	0.064 a	2.20 b	-20.44

<i>var. nigum spinosum</i>					
Evaluación	Variables				
	% SST ⁺⁺	Azúcares Totales g100g ⁻¹	Acidez titulable [£] (%)	Vitamina C* mg 100mL ⁻¹	Índice de Color
Septiembre	5.1 a [¥]	3.63 a	0.090 a	2.72 bc	-26.08
Octubre	5.0 a	2.79 ab	0.077 a	3.62 ab	-31.80
Noviembre	4.4 b	2.92 ab	0.081 a	3.84 a	-30.84
Diciembre	4.33b	3.24 ab	0.102 a	3.24 ab	-21.57
Febrero	4.3 b	3.31 ab	0.064 a	2.12 c	-30.43

¥. Datos con las mismas letras en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey P<0.05). ++ % SST: Porcentaje de sólidos solubles totales. * Equivalente a Ácido ascórbico; £ Equivalente a Ácido cítrico; Muestras fueron realizadas por triplicado.

El pH de los jugos (**Figura 1**) mostró diferencias a partir del mes de octubre para ambas variedades. Sin embargo, no se observaron cambios hacia valores ácidos, este es un punto importante ya que indica que no existieron cambios sustanciales que alteraran la composición química de los jugos en ultracongelación. Durante la congelación, las sales inorgánicas y orgánicas se concentran en la fase acuosa. Al disminuir las temperaturas, las sales se precipitan y como consecuencia cambia el pH de la fase acuosa no congelable (Canet y Álvarez, 2000). En ambas variedades se observaron cambios en moléculas inestables a temperatura o manipulación, como el caso de clorofilas, ya que son muy susceptibles a cambios químicos y físicos durante el procesamiento de los vegetales (Teng y Chen, 1999) y vitamina C, que es susceptible a muchos factores, tales como la luz, pH y temperatura (Robertson y Samaniego, 1986) sobre todo por el procesamiento de los alimentos vegetales (Fernández *et al.*, 2011; Georgé *et al.*, 2011; García *et al.*, 2012; Mercali *et al.*, 2012) que provoca la degradación por la

oxidación de ácido ascórbico (Ottawa *et al.*, 2005). Sin embargo, los demás componentes analizados se observaron estables.

El contenido de fenoles, flavonoides y cucurbitacinas (triterpenos tetraciclicos) del jugo de *virens levis* y *nigrum spinosum* (Tabla 2), indicó que fenoles totales fue mayor en el jugo con Stevia. Los flavonoides encontrados fueron la galangina, naringina y miricetina que tienen propiedades antiinflamatorias y antioxidantes, siendo la naringina responsable de un sabor amargo, resaltando que los jugos evaluados y sus combinaciones tienen los compuestos nutraceuticos que le otorgan bondades de un producto funcional. También se detectó la presencia de cucurbitacinas I, E, B y D, destacando la E por su mayor concentración, mientras que la cucurbitacina B se detectó en todos los tratamientos.

Figura 1. pH de jugo de frutos en ultracongelación durante un periodo de tiempo de dos variedades de *S. edule*: *virens levis* (cuadrados) y *nigrum spinosum* (rombos oscuros). (Tukey: $p < 0.05$). Las muestras fueron realizadas por triplicado.

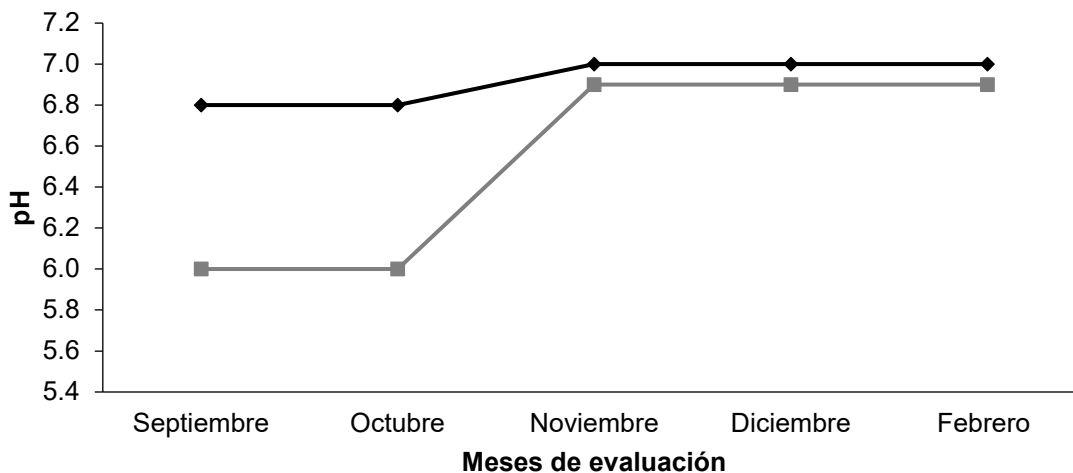


Tabla 2. Cuantificación de fenoles, flavonoides y cucurbitacinas en jugo pasteurizado de frutos de dos variantes biológicas de *S. edule* y sus combinaciones con piña y Stevia rebaudiana

	Fenoles	Flavonoides	Cucurbitacinas		
	mg mL ⁻¹	mg mL ⁻¹	Tipo	mg mL ⁻¹ / mg g ⁻¹	
<i>virens levis</i>	0.134 b [£]	0.00439 b	B	7.87	0.787
			E	0.00140515	14.05
<i>virens levis</i> + <i>stevia</i>	0.527 a	0.00802 a	B	6.4559E-06	0.013
			D	4.8781E-05	0.098
			E	0.01780581	35.612
			I	0.00013166	0.263
<i>virens levis</i> + <i>stevia</i> + <i>piña</i>	0.180 b	0.02563 b	B	0.00046223	0.924
			D	0.00028362	0.568
			I	0.0004049	0.810
<i>nigrum spinosum</i>	0.177 b	0.01082 b	B	0.00016613	0.277
			D	3.1894E-05	0.053

			I	0.00114907	1.915
			E	0.00025532	0.426
<i>nigurm spinosum</i> + <i>stevia</i>	0.437 a	0.00672 a	B	1.0303E-05	0.009
			D	3.7233E-05	0.034
			I	0.00012708	0.116
<i>nigrum spinosum</i> + <i>stevia</i> + <i>piña</i>	0.254 b	0.02713 a	B	0.00052751	0.656
			D	0.00049558	0.619
			E	0.00388588	4.857
			I	0.00035817	0.448

[‡]Medias con letras iguales en cada columna, son estadísticamente similares (Tukey=0.05).
mg de cucurbitacinas por mL⁻¹ de solvente
mg de cucurbitacinas por g⁻¹ de extracto hexánico

Cada componente del jugo de chayote con piña endulzado con *S. rebaudiana* (estevia) propuesto, proporcionó características importantes. La piña confiere sabor, consistencia (cuerpo) observados en el contenido de azúcares, sólidos solubles totales y acidez titulable, mientras que la estevia potencializa el dulzor. El jugo de chayote sólo y con estevia, se comportan de forma similar al compararlo con la combinación de los tres componentes. Sin duda el color verde predomina en los tratamientos, siendo este un valor agregado por el jugo de chayote y estevia, que al mezclarlos con piña se homogenizan tanto en los jugos donde ese encuentra presente *virens levis* y var. *nigrum spinosum*, encasillando el color del jugo dentro del rango del verde intenso hacia amarillo verdoso. Con relación a la vitamina C y clorofilas, todos los tratamientos mostraron un comportamiento irregular, mucho de esto se debe a la naturaleza de las moléculas y su susceptibilidad a la degradación por factores de procesamiento de la muestra para su análisis.

No se puede establecer la diferencia de los jugos cuando se ocupa una u otra variedad de *S. edule*, ya que sus características tienden a ser similares. En cuanto al proceso de pasteurización, sobre las características fisicoquímicas, no se registró influencia considerable en comparación al jugo no pasteurizado. Fitoquímicamente el jugo presentó compuestos que hoy en día son de importante, como fenoles y flavonoides y cucurbitacinas, ya que tanto en el análisis del jugo como en el de sus extractos se observaron los mismos resultados en relación con la presencia de estos compuestos.

Considerando que los rendimientos de fruto de chayote se ubican entre 72 y 136 t ha⁻¹ y año, y que únicamente el estado de Veracruz aporta cerca de 2000 ha anuales de producción, es relevante la inclusión de estos resultados para el establecimiento de nuevos proyectos de transformación y aprovechamiento de las mermas de la selección de frutos. Resultados no expuestos en el presente, incluyen el modelado de una planta agroindustrial de pequeña escala con el Grupo Productor de Chayotes JV, S.P.R. de R.L.

La aplicación de estrategias de empoderamiento de actores rurales ha facilitado la identificación de iniciativas locales, su priorización para toma de decisiones, formación de asociaciones locales bajo una figura legal, establecimiento de proyectos integrales de producción, capacitación, fortalecimiento técnico, planeación estratégica comercial y equipamiento para el desarrollo de empresas rurales (Cadena et al., 2010 b), así como inducción de innovaciones tecnológicas; asimismo, fomenta la formación de oferta o enlace de productos del territorio según corresponda al giro de la asociación (Cadena et al., 2010 a). Para el caso del chayote, y bajo las premisas anteriores, se ha podido elevar a certificación internacional la producción que se exporta (Cadena et al., 2016); sin embargo, aún existen muchos minifundistas que deben ser integrados a nuevos

y diferentes esquemas de valor, y así evitar la competencia local o acaparamiento por intermediarios.

4. Conclusiones

El estudio fitoquímicos de los extractos de Chayote *var. virens levis* y *var. nigrum spinosum*, abren la oportunidad de uso de este material vegetal por la gama de compuestos que aporta, tales como ciertas moléculas específicas de la especie (fenoles, flavonoides y cucurbitacinas), que siguen presentes aun después de procesarlo. Por estas características el jugo propuesto, que engloba moléculas relevantes, es perfilado como un alimento que cumple características nutraceuticos particulares que pueden coadyuvar en la prevención de enfermedades. Es posible promover el modelo de negocio alternativo de jugos en el sistema de producción de chayote, para diversificar la economía local rural.

Agradecimientos

Colegio de Postgraduados

5. Referencias

- Aguñiga-Sánchez, I., Cadena-Íñiguez, J., Santiago-Osorio, E., Gómez-García, G., Mendoza-Núñez, V. M., Rosado-Pérez, J., Soto-Hernández, R. M. (2017). Chemical analyses and in vitro and in vivo toxicity of fruit methanol extract of *Sechium edule* var. *nigrum spinosum*. *Pharmaceutical biology*, 55(1), 1638-1645.
- Akira, F. M. da Silveira, R. Cardoso y D. Ferreira. (2004). Sensory acceptance of mixed nectar of papaya, passion fruit and acerola. *Sci. Agric.* 61: 1-9.
- American Heart Association Science Advisory: Phytochemicals and cardiovascular disease. (1997). #71-0115 *Circulation*. 95: 2591-2593.
- Amico, V., R. Chillemi, S. Mangiafico, C. Spatafora, and C. Tringali. (2008). Polyphenol-enriched fractions from Sicilian grape pomace: HPLC-DAD analysis and antioxidant activity. *Bioresour. Technol.* 99: 5960-5966.
- AOAC. (1980). Association of Official Analytical Chemist. In: *Official Methods of Analysis*. HORWITZ, W. (ed). 12th edition. Washington, D. C. 1094 p.
- Barz W.H., Oksman-Caldentey K.M. (2002). "Plant Biotechnology—An Emerging Field", en Barz W.H., K.M. Oksman-Caldentey (editors), *Plant biotechnology and Transgenic Plants*. Marcel Dekker, Inc, 1: 19:35
- Boucher, F. (1999). Los productos nutraceuticos. Oportunidades para los recursos naturales autóctonos. El papel de los investigadores. Fascículo técnico No. 18. Instituto Interamericano de Cooperación la Agricultura Centro Regional Andino.
- Bourgaud, F, Gravot A, Milesi S, Gontier E. (2001). Production of plant secondary metabolites: ahistorical perspective. *Plant Science* 161:839-851
- Bourgaud, F., Gravot, A., Milesi, S., Gontier, E. (2001). Production of plant secondary metabolites: a historical perspective. *Plant science*, 161(5), 839-851.
- Cadena I. J., Cruz A. A., Zarate V. J.L., Becerra M. A., Figueroa R. O. L., Sánchez, V. P. (2010 a). Formación de gestores locales como estrategia para favorecer el relevo intergeneracional en ejidos. *Agroproductividad*, Año 3, Vol. 3, (3) 14-22
- Cadena I.J., Becerra M. A., López R. G., Trejo T.B.I., Figueroa R. K.A., Talavera M.D., Hernández R. F. (2010 b). El proceso de investigación-vinculación (i+v) para la asociación empresarial en núcleos agrarios de México. *Agroproductividad*, Año 3, Vol. 3, (3) 23-29
- Cadena-Íñiguez J.; Arévalo-Galarza Ma. de C. L.; Soto-Hernández M. R.; Ruiz-Posadas L. del M. (2016). Reorientación del sistema de producción y comercialización de chayote. *Agroproductividad*, suplemento, noviembre. 2016 (1)47-48.

- Cadena Iñiguez, J. y Arévalo Galarza, M. C. (2011). Las Variedades del Chayote Mexicano, Recurso Ancestral con Potencial de Comercialización.
- Cadena Iñiguez, J., Soto Hernández, M., Arévalo Galarza, M., Avendaño Arrazate, C., Aguirre Medina, J. y Ruiz Posadas, L. (2011). Caracterización Bioquímica De Variedades Domesticadas de Chayote *Sechium edule* (Jacq.) Sw. Comparadas Con Parientes Silvestres. *Chapingo Serie Horticultura*, 7: 45-55.
- Cadena-Iñiguez, J., M.L.C. Arévalo-Galarza, C.H. Avendaño-Arrazate, M. Soto-Hernández, L. M. Ruíz-Posadas, E. Santiago-Osorio, M. Acosta-Ramos, V.M. Cisneros-Solano, J.F. Aguirre-Medina, D. Ochoa-Martínez. (2007). Production, genetics, postharvest management and pharmacological characteristics of *Sechium edule* (Jacq.) Sw. *Fresh Produce*. 1: 41-53.
- Canet Parreño, W. y Álvarez Torres, M. D. (2000). Congelación de alimentos vegetales. En *Aplicación del frío a los alimentos*. Lamua Soldevilla, M. Ed. MundiPrensa, Madrid, España.
- Cheeke, P. R. (1995). Endogenous toxins and mycotoxins in forage grasses and their effects on livestock, *J. Anim. Sci.*, 73: 909-918.
- Chen J.C., Chiu M.H., Nie R.L., Cordell G.A., Qiu S.X. (2005). Cucurbitacins and cucurbitane glycosides: structures and biological activities. *Nat Prod Rep Jun 2005*; 22(3):386-99.
- Chen, T. M., Chen, S. C., Yu, C. J. (1999). Preparation and characterization of garnet phosphor nanoparticles derived from oxalate coprecipitation. *Journal of Solid State Chemistry*, 144(2), 437-441.
- Cóccaro Graciela C. (2010). Informe. Desarrollo de Nuevos Productos. Alimentos Funcionales y Novel Food, alternativas para el diseño de alimentos y su marco legal. pp. 5-12
- Croteau R., Kutchan, T.M., Lewis N.G. (2000). Natural products (Secondary metabolites). In Buchanan B, Grussem W. Jones R (Eds), *Biochemistry and molecular biology of plants*. Rockville, MD: American Society of Plant Physiologists. pp. 1250-1318.
- Delgado, V. F.; Paredes, L. O. *Natural Colorants for Foods and Nutraceuticals. Uses*. (2003). CRC Press, Boca Ratón. pp: 1-57, 167-182
- Fernández, A., Dos Santos, M., Da Silva, D., De Sousa, P., Maia, G., De Figueiredo, R. (2011). Chemical and physicochemical characteristics changes during passion fruit juice processing. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31, 747-751.
- Ferri, L. A., Alves-Do-Prado, W., Yamada, S. S., Gazola, S., Batista, M. R., Brazotte, R. B. (2006). Investigation of the antihypertensive effect of oral crude stevioside in patients with mild essential hypertension. *Phytotherapy Research*, Vol. 20, No. 9 pp 732-736.
- Frankel, E.N., Waterhouse, A.L., Teissedre, P.L. (1995). Principal phenolic phytochemicals in selected California wines and their antioxidant activity in inhibiting oxidation of human low-density lipoproteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 519-525.
- García-Mateos, R., Aguilar-Santelises, L., Soto-Hernández, M., Nieto-Angel, R., Kite, G. (2012). Total phenolic compounds, flavonoids and antioxidant activity in the flowers of *Crataegus* spp. from México. *Agrociencia*, 46(7), 651-662.
- Geissman, T. A. (1964). New substances of plant origin. *Annu. Rev. Pharmacol.* 4: 305- 316.
- Georgé, S.; Tourniaire, F.; Gautier, H.; Goupy, P.; Rock, E., Caris, C. (2011). Changes in the contents of carotenoids, phenolic compounds and vitamin C during technical processing and lyophilisation of red and yellow tomatoes. *Food Chemistry*, 124, 1603-1611.
- Georgé, S.; Tourniaire, F.; Gautier, H.; Goupy, P.; Rock, E., Caris, C. (2011). Changes in the contents of carotenoids, phenolic compounds and vitamin C during technical processing and lyophilisation of red and yellow tomatoes. *Food Chemistry*, 124: 1603- 1611.
- Haqqi, T.M., Anthony, D.D., Gupta, S., Ahmad, N., Lee, M.S., Kumar G.K., y Mukhta, H. (1999). Prevention of collagen induced arthritis in mice by polyphenolic fraction from green tea. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 96, 4524-4529.

- Harborne, J.B. (1993). *Introduction to Ecological Biochemistry*. Academic Press. London
- Hasler, C. M., Huston, R. L., Caudill, E. M. (1998). En: *Two Decades of Nutrition Labeling*. DeKror, M., ed. Nutrition International Inc., Dayton, NJ. In Press.
- Karuppusamy, S. (2009). A review on trends in production of secondary metabolites from higher plants by in vitro tissue, organ and cell cultures. *Journal of Medicinal Plants Research* 3:1222-1239.
- Laurence, H. K.; Meyer K. A.; Jacobs, D. R. (1999). Cereals, legumes, and chronic disease risk reduction: evidence from epidemiologic studies. *Am. J. Clin. Nutr.* 70: 451S-458S.
- Liu L, Y Sun, T Laura, X Liang, H Ye, X Zeng. (2009). Determination of polyphenolic content and antioxidant activity of kudingcha made from *Ilex kudingcha* C. J. Tseng. *Food Chem.* 112: 35-41.
- Liu, Y., Sun, Y., Laura, T., Liang, X., Ye, H., Zeng, X. (2009). Determination of polyphenolic content and antioxidant activity of kudingcha made from *Ilex kudingcha* C. J. Tseng. *Food Chem.* 112, 35-41.
- Margolis, E., Laurence, S. (1999). *Concepts: core readings*. Mit Press.
- Mercali, G., Jaeschke, B., Tessaro, I., Marczak, L. (2012). Study of vitamin C degradation in acerola pulp during ohmic and conventional heat treatment. *LWT - Food Science and Technology*, 47, 91-95.
- Mercali, G., Jaeschke, B., Tessaro, I., Marczak, L. (2012). Study of vitamin C degradation in acerola pulp during ohmic and conventional heat treatment. *LWT - Food Science and Technology*, 47: 91-95.
- Milner, J.A. (2000). Functional foods: the US perspective. *Am J Clin Nutr.* 71:1654S- 1659S.
- Ortega-Paczka, R; Martínez-Alfaro, Ma. Rincon-Enriquez, G. (1998). Principales cultivos de México y sus regiones mundiales de mayor diversidad. XVII Congreso de fitogenética. SOMEFI. Acapulco, México. p. 321.
- Raskin, I., Ribnicky D., Komarnytsky S., Illic N., Poulev A. (2002). Plants and human health in the twenty-first Century. *Trends Biotechnol.* 20: 522-531.
- Renaud, S., De Lorgeril, M. (1992). Wine alcohol, platelets, and the french paradox for coronary heart diseases. *Lancet* 339, 1523- 1526
- Reznik, H., Egger, K. (1960). Myricetin-ein charakteristisches Flavonol der Hamamelidaceae und Anacardiaceae. *Zeitschrift für Naturforschung B*, 15(4), 247-250.
- Robertson, G., Samaniego, C. (1986). Effect of initial dissolved oxygen levels on the degradation of ascorbic acid and the browning of lemon juice during storage. *Journal of Food Science*, 51: 184–187.
- Rzedowski, J. (1993). Diversity and origins of the phanerogamic flora of Mexico. In: T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, and J. Fa (eds). *Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution*. Oxford University Press. pp. 129-144.
- SIAP. (2017). Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera, SIAP, Anuario Agrícola por Estados, SAGARPA. Consulta de indicadores de Producción Nacional. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>
- Vignoni, L.A., Césari R.M., Forte M., Marabile M.L. (2006). Determinación de índice de color en ajo picado. *Información Tecnológica*, 17(6): 63–67.
- Watada, A.E., Hener R.C., Kader A.A., Romani R. J., Staby G. L. (1984). Terminology for the description of developmental stage of horticultural crops. *Hortscience* 19(1):20-21.
- Wildman, E. C. R. 2006. *Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods*. Second edition. CRC Press. Boca Ratón. pp. 15-62
- Wildman, E.C.R. (2001). *Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods*. CRC Press. Boca Ratón. pp 8-25.
- Yang, C.S., Landau, J.M., Huang, M.T., Newmark, H.L. (2001). Inhibition of carcinogenesis by dietary polyphenolic compounds. *Annual Review of Nutrition*, 21, 381-406.

La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo sostenible (ODS), adoptados por la Asamblea General de las Naciones Unidas en septiembre de 2015, fueron concebidos como una Agenda ambiciosa y universal que trata de impulsar el tránsito de los países y de la Comunidad Internacional hacia estrategias de desarrollo incluyentes y sostenibles. En este contexto, la presente comunicación coadyuvará gradualmente en algunos casos de forma directa y otros de forma colateral, toda vez, que pertenece a una cartera de proyectos de investigación-intervención sobre el género *Sechium* P. Br., en México, con los siguientes objetivos:

1. Erradicar la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.
2. Poner fin al hambre, conseguir la seguridad alimentaria y una mejor nutrición, y promover la agricultura sostenible.
3. Garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos y todas en todas las edades.
4. Garantizar una educación de calidad inclusiva y equitativa, y promover las oportunidades de aprendizaje permanente para todos.
5. Fomentar el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo, y el trabajo decente para todos.
6. Desarrollar infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación.