



Universidad Autónoma de Coahuila
Facultad de Ciencias Químicas



Universidad
Autónoma
de Coahuila



FACULTAD
DE CIENCIAS
QUÍMICAS

Transformación y agregación de valor de subproductos agrícolas para la obtención de alimentos funcionales (propiedades antioxidantes y antiproliferativas)

Karla Segura, Sonia Yesenia Silva Belmares, Sandra Cecilia Esparza González, Claudia Margarita López Badillo, Raúl Rodríguez Herrera, Martha Monserrat Orozco Sifuentes, Lissethe Palomo Ligas, Sendar Daniel Nery Flores, Juan Alberto Ascacio Valdés, Adriana Carolina Flores Gallegos



Folleto Técnico 3 / Noviembre 2021

Índice

<i>Introducción</i>	2
<i>Demanda de los consumidores de productos más saludables</i>	4
<i>Alimentos funcionales</i>	7
<i>Snacks saludables</i>	8
<i>La sandía como fuente de compuestos benéficos a la salud</i>	9
<i>Citrulina</i>	11
<i>Antocianinas</i>	12
<i>Cucurbitacinas</i>	13
<i>Compuestos aromáticos</i>	13
<i>Aspectos a considerar en la formulación de un alimento</i>	14
<i>Componentes sugeridos de la formulación del snack funcional con corteza de sandía</i> ..	15
<i>Avena</i>	16
<i>Amaranto</i>	18
<i>Chocolate oscuro</i>	19
<i>Miel de agave</i>	21
<i>Plátano</i>	22
<i>Agradecimientos</i>	24
<i>Referencias</i>	25

Introducción

México siendo un país megadiverso, cuenta con una producción y comercialización enorme de frutas, cereales y hortalizas, de las cuales se generan toneladas de desechos a los que se les denomina desechos agroindustriales (cáscaras, semillas, hojas, bagazos, etc.). Se ha buscado desde hace tiempo aprovechar las cáscaras y bagazos de vegetales, debido al contenido elevado de nutrientes que éstos aún contienen, pero que, al no ser parte del fruto popularmente comestible, se desechan generando grandes cantidades de basura orgánica que resulta en contaminación.

La sandía (*Citrullus lanatus*) pertenece a la familia Cucurbitaceae, es de origen africano, pero se cultiva ampliamente en el estado de Coahuila; es el segundo cultivo de mayor importancia de la Comarca Lagunera y destacan los municipios de Francisco I. Madero, Matamoros, Tlahualilo, San Pedro, Torreón, Gómez

Palacio, Lerdo, Mapimí y Rodeo, siendo Matamoros y Tlahualilo los principales productores.

En diversos periodos, los productores de sandía han presentado problemas para la comercialización debido a la oscilación de precios, originada por periodos de excesos de oferta lo que conlleva a la saturación del mercado e implica contracción en el precio. Para estabilizar el nivel de precio de los cultivos, algunos estudios han buscado determinar las proporciones óptimas que deben sembrarse de acuerdo a las condiciones de mercado del producto y así mejorar la ganancia del productor. Sin embargo, para promover un mercado más fuerte, diverso, rentable y competitivo que beneficie a los productores, comerciantes y consumidores es necesaria la generación de estrategias que permitan un uso integral del fruto de sandía para la obtención de productos de valor agregado.

Demanda de los consumidores de productos más saludables

El ritmo de vida a nivel mundial se ha acelerado, las distancias entre hogar y sitio de trabajo se han extendido, además de horarios laborales más largos. Esto y muchos factores más hacen que la alimentación saludable sea un poco difícil si no es planificada, trayendo consigo un incremento en las enfermedades crónico-degenerativas asociadas a malos hábitos alimenticios, entre las que destacan algunos trastornos alimenticios y el cáncer.

Por lo tanto, las decisiones de los consumidores al elegir sus alimentos han cambiado, basándose en la búsqueda de alimentos no solo con bajo aporte calórico si no que contribuyan con algún beneficio extra para la salud. Así, en los últimos años se ha creado una tendencia hacia el consumo de alimentos saludables (Altamimi, 2019).

Dentro de los alimentos que aportan mayor cantidad de nutrimentos tales como carbohidratos, proteínas, fibra, vitaminas y minerales, se encuentran las frutas y verduras. Durante el consumo de éstas se desaprovechan algunas estructuras vegetales tales como la corteza, que puede contener principios activos como los polifenoles (Bhol y col. 2016). Actualmente, la corteza de algunas frutas es considerada desecho agroindustrial, que en ocasiones se usa como alimento para el ganado. Por lo tanto, algunos científicos consideran que las cortezas de frutas y verduras contienen compuestos fitoquímicos que aportan beneficios para tratar o prevenir enfermedades otorgando beneficios para la salud (Nagulb y col. 2019).

Actualmente existen en el mercado un gran número de alimentos que se promueven como funcionales y se comercializan como jugos, panes, confites, yogures, natillas, trufas, etc. Sin embargo, la gran mayoría, no cuenta con estudios que validen su funcionalidad e inocuidad. Además, no se cuenta con una institución

que regule y determine las dosis adecuadas, la eficacia y la biodisponibilidad del ingrediente activo de cada alimento funcional permitiendo deliberadamente la venta de alimentos con estas características. A estos alimentos se les conoce como suplementos alimenticios, cuyo consumo se ve relacionado con lesiones hepatocelulares y elevado nivel de transaminasas (Ettel y col. 2017).

Hoy en día, un gran número de empresas tiene como objetivo desarrollar nuevos alimentos que incluyan mejoras en su calidad nutricional por lo que adicionan extractos vegetales durante su elaboración. De acuerdo con esto, en la mayoría de los casos se incorporan en los alimentos extractos vegetales ricos en polifenoles, ya que estos compuestos tienen potente actividad antioxidante (Bassani y col. 2016), que muy frecuentemente se relaciona con el efecto anti-inflamatorio (Nagal y col. 2012) y anti-cáncer (Gómez-Cadena y col. 2015), por lo que su incorporación proporciona un valor agregado con beneficios para la

salud. Sin embargo, aún se desconocen las dosis recomendadas de sus compuestos bioactivos para que los alimentos brinden la funcionalidad deseada. Por lo tanto, resulta importante establecer las formulaciones de alimento adecuadas para que cumplan con la funcionalidad deseada lo que conlleva al diseño de alimentos con diferentes proporciones de sus ingredientes activos.

Alimentos funcionales

Un alimento funcional es todo aquel alimento que proporcionará un valor nutricional extra para la salud de quien lo consume y podemos encontrar los alimentos funcionales naturales como las frutas y verduras (tienen un gran aporte nutricional o también alimentos funcionales procesados como yogurt, barras, etc.

Snacks saludables

La palabra “snack” proviene del inglés que significa alimento ligero, siendo un aperitivo que se come entre comidas. Los snacks saludables se han convertido en una tendencia de consumo diario. Los snacks son un tipo de alimento que se consumen entre comidas para satisfacer el hambre de manera temporal, es por ello por lo que los snacks se han considerado una alternativa para alimentarse, ya que no requiere mucho tiempo y dinero. Además, se ha visto que el consumo de snacks ha crecido de manera importante a nivel mundial. EuroMonitor realizó un estudio donde América Latina se ubicó como uno de los mayores consumidores de estos alimentos. La industria alimenticia ha adaptado el alimento tipo snack a los consumidores, volviéndolos más nutritivos y sanos para que puedan ser consumidos de una manera más práctica (Chacón y col. 2017).

La sandía y sus residuos como fuente de compuestos benéficos a la salud

Citrullus lanatus es una planta que se conoce como sandía y pertenece a la familia de las Cucurbitaceae. La sandía está constituida por principalmente la pulpa (68%), semilla (2%) y corteza o cáscara (30%), siendo la corteza un residuo que representa un gran problema ambiental. La sandía está compuesta por el 95% de agua por lo que esto acelera su deterioro (Ballary, 2016).

La sandía contiene minerales (Ca, Fe, Mg, P, Na, K, Zn, Cu, Mn), vitamina C, tiamina, aminoácidos como la citrulina, compuestos fenólicos y carotenoides (Romdhane, 2017). El fruto contiene cucurbitacinas, que son un grupo de terpenos oxigenados con propiedades para tratar el cáncer ya que muestran poder antiinflamatorio, antitumoral, protectoras del hígado e inmunorreguladoras (Abdelwahab, 2012).



Figura 1. Harina de cáscara de sandía

Generalmente, para este cultivo solo el fruto es aprovechado y sus residuos (cáscara y semillas) son comúnmente desechados; algunas veces tienden a ser usados como alimento para animales de granja, pero no es lo más común. No obstante, estos residuos contienen elevadas concentraciones de compuestos fenólicos, carotenoides, flavonoides, triterpenos, esteroides y alcaloides, cucurbitacinas, citrulinas y diversos compuestos con capacidad antioxidante, capaces de reducir el riesgo de mortalidad por cáncer,

con propiedades antiinflamatorias, antitumorales, protectoras del hígado y/o inmunorreguladoras. También tienen un alto contenido de fibra, lo cual lo hace, potencialmente un muy buen prebiótico. Por lo tanto, se plantea el aprovechamiento integral de sandía, utilizando subproductos y residuos como las cáscaras para la obtención de ingredientes funcionales de uso en la industria alimentaria o como materia prima para la recuperación de metabolitos de alto valor agregado.

Citrulina

La citrulina es un aminoácido no esencial, está presente en tres vías metabólicas: intermediario del ciclo de la urea en el hígado eliminando el nitrógeno excretándolo en orina, protector de la enzima sintasa (necesaria en la producción de óxido nítrico) y sintetizador de arginina. Además, la citrulina es un antioxidante que se utiliza como relajante muscular y vasodilatador para reducir la fatiga que se produce en el esfuerzo físico por presencia

de ácido láctico. Se ha encontrado aplicaciones de la corteza de sandía en la industria donde se incluye la citrulina, en la elaboración de productos funcionales y bebidas con el fin de mejorar el sistema cardiovascular, reducir la fatiga y cansancio después de esfuerzo físico. Se han elaborado también harinas (panificación) por su bajo valor energético y alto contenido de fibra el cual ayuda en el sistema gastrointestinal (Durán, *et al.*, 2017).

Antocianinas

Se reporta que en la corteza de sandía se encuentran compuestos como las antocianinas, las cuales pertenecen a los grupos polifenólicos llamados flavonoides, siendo metabolitos secundarios, entre las principales encontramos cianidina, peonidina, pelargonidina, malvidina, delphinidina y petunidina (Ballary, 2016).

Cucurbitacinas

El fruto contiene cucurbitacinas que son un grupo de terpenos oxigenados con propiedades para tratar el cáncer ya que muestran poder antiinflamatorio, antitumoral, protectoras del hígado e inmunorreguladoras (Abdelwahab, 2012)

Las cucurbitáceas se han utilizado como remedios herbales para distintas enfermedades como para el reumatismo, hinchazón, gota y laxante (Abdelwahab y col. 2011).

Compuestos aromáticos

En *Citrullus lanatus* (Thun.) Matsum & Nakai se ha encontrado compuestos volátiles como acetato de etilo, acetaldehído, ácido tetradecánico y acetato de metilo, además de aldehídos alifáticos saturados e insaturados

y alcoholes con esqueletos de más de nueve átomos de carbono (Lim, 2012).

Aspectos a considerar en la formulación de un alimento

El desarrollo de un nuevo producto saludable debe contar con ciertos aspectos como el sabor, textura, practicidad y comodidad para el consumidor, además de contar con la seguridad alimentaria como la vida útil (características de calidad sensorial, seguridad y estabilidad microbiológica) y la validación sensorial por los consumidores nos permite medir de una manera objetiva el alimento desarrollado.

Según estudios se ha visto que la interacción de polifenoles de extractos de frutas con la de diferentes matrices mejoran y potencializan el efecto beneficioso para la salud de los productos, debido a que incrementan el contenido de bioactivos. Durante el

proceso termogénico algunos antioxidantes fenólicos conocidos se ven reducidos en el nivel de actividad antioxidante. Sin embargo, también se menciona que el proceso al que se somete de calentamiento podría no tiene efecto perjudicial sobre extractos e incluso aumenta la actividad antioxidante y contenido fenólico de los productos cuando se someten al calentamiento (Costa de Camargo, 2014).

Componentes sugeridos de la formulación del snack funcional con corteza de sandía

Para elaborar las formulaciones del snack funcional se propone diseñar una matriz alimentaria con base en avena, amaranto, chocolate oscuro, plátano y miel de agave.

Avena



Figura 2. Harina de avena

La avena (*avena sativa*) es un cereal cultivado para obtener su semilla. Contiene proteína de 13-20%, grasa bruta 2-12%, glucano 2,0 a 2,5% y almidón 60%. En 1997 la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) publicó “la fibra soluble de alimentos como lo es la avena, que se incluya en una dieta baja en grasas saturadas y colesterol puede reducir la prevalencia de enfermedades cardíacas”.

También, se ha reportado que contiene compuestos fenólicos bioactivos.

Además, se afirma en múltiples estudios que la avena dietética disminuye el colesterol total, obesidad, previene enfermedades cardiovasculares, mejora la sintomatología de diabetes y potentes efectos antioxidantes (Zhou y col. 2019).

La avena contiene compuestos bioactivos como el β -Glucano (se produce naturalmente en su pared celular), proteínas (contiene mayor cantidad de proteínas en comparación con otros cereales 13-20%), aceites (reduce colesterol total en plasma porque contiene alto contenido de esteroides vegetales y vitamina E), avenanthramides (alcaloides fenólicos en diferentes variedades según la avena desde 2-300 mg/k, con efectos fisiológicos como la antioxidación, disminuir lípidos sanguíneos, reducir inflamación, inhibir la proliferación celular, etc.) (Zhou y col. 2019).

Amaranto



Figura 3. Harina de amaranto

Amaranthus mejor conocido como amaranto es un superalimento. La semilla de amaranto se les ha dado mayor atención debido a sus fuentes nutritivas, y su composición de aminoácidos, aceites insaturados, vitaminas solubles y contenido de fibra. El amaranto contiene compuestos bioactivos como flavonoides, ácidos polifenólicos, fitoesteroides, vitamina E, saponinas, etc. Se ha caracterizado las proteínas

globulinas de amaranto *Amaranthus hypocondriacas L.* Los lípidos del amaranto están compuestos por alto nivel de ácidos grasos insaturados (ácido linoleico) (Klubicová y col. 2016). Se reporta que al agregar el amaranto aumenta significativamente el contenido de fibra dietética y proteína (Mariotti Pagani y col. 2013).

Chocolate oscuro



Figura 4. Cacao en polvo

El cacao es el principal ingrediente del chocolate, siendo naturalmente rico en compuestos de polifenoles.

El cacao y chocolate contiene lípidos, azúcares, minerales (potasio, magnesio, cobre y hierro), antioxidantes como polifenoles dentro los cuales se incluyen los flavonoides, catequina y epicatequina. Los principales productos químicos del cacao es la epicatequina y sus ésteres, estos productos podrían ser los encargados de efectos vasculares beneficiosos. El cacao puede verse implicado como efecto cardioprotector (mejora la presión arterial), regula trastornos del estado de ánimo, regula procesos antiinflamatorios (flavonoides), mejora efectos antitumorales, etc. Sin embargo, contiene altos niveles de grasa (35% aproximadamente) y azúcar (alrededor del 50%) por lo que si su consumo es excesivo podría promover la obesidad, diabetes y enfermedades cardiacas (Caetano da Silva Lannes, 2017).

Miel de agave



Figura 5. Miel de agave

La miel de agave es una alternativa al uso de azúcar refinada para endulzar, al igual que lo son el azúcar de caña cruda, jarabes de arce, melaza, miel y azúcares de frutas. En estudios realizados por Corrales y col. (2014), los jarabes de agave presentaron actividad bacteriostática contra *B. subtilis* y *E. coli*.

Las plantas de la familia *Agavaceae* de donde se obtiene la miel de agave, son conocidas por su contenido de fitoquímicos como flavonoides y

saponinas con propiedades antiinflamatorias, antivirales y anticancerígenas. Contiene también α -cetoaldehídos el cual es un agente citotóxico, mutagénico, cancerígeno y prooxidantes; sin embargo estos compuestos confieren sabor a los alimentos y algunos poseen bactericidas, actividad antiviral e incluso antitumoral (Corrales y col. 2014).

Plátano



Figura 6. Plátanos

Una porción de 100 g de plátano contiene, 32 g de carbohidratos, (almidón principalmente), 1.2 g de proteína, 0.3 g de grasa y 135 kcal.

El almidón de plátano es inherentemente resistente a la digestión enzimática; se ha demostrado que la tasa de digestión del almidón y su aceptación por el consumidor puede mejorar con un reemplazo del 30% de harina de arroz por almidón de plátano. También se ha demostrado que el almidón de plátano provoca un aumento de la fracción de agua de alimentos, lo que cambiará su textura de frágil a empapada.

Al ser resistente a la digestión enzimática, el almidón de plátano puede ser fermentado en el intestino grueso y cuando esto sucede se producen ácidos grasos de cadena corta (SCFA) que sirve como combustible energético para los colonocitos mejorando la salud del colon. (Roman Ly col. 2019).

Agradecimientos

Los autores externan su agradecimiento al fondo “Programas Nacionales Estratégicos de Ciencia, Tecnología y Vinculación con los Sectores Social, Público y Privado–CONACyT” por el financiamiento otorgado para la realización del proyecto 0316133 “Transformación y agregación de valor de subproductos agrícolas para la obtención de alimentos funcionales (propiedades antioxidantes y antiproliferativas)”.

Referencias

- Abdelwahab, S. I., Ahmed Hassan, L. E., Sirat, H. M., Yagi, S. M., Koko, W. S., Mohan, S., . . . Hadi, A. H. (2011). Anti-inflammatory activities of cucurbitacin E isolated from *Citrullus lanatus* var. *citroides*: Role of reactive nitrogen species and cyclooxygenase enzyme inhibition. *SciVerse ScienceDirect*, 8
- Abdelwahab, S.I. (2012). CucurbitacinL2-O-β-Glucoside Demonstrates Apoptogenesis in Colon Adenocarcinoma Cells (HT 29): Involvement of Reactive Oxygen and Nitrogen Species Regulation. (J. Y. Cho, Ed.) Hindawi Publishing Corporation, Volume 2012 (Article ID 490136), 8.
- Altamimi, J.Z. Conciencia del consumo de suplementos dietéticos entre estudiantes de una universidad de Arabia Saudita. *Revista de Nutrición y Metabolismo*. 2019, 2019, 4641768.
- Ballary A., Indiramma A., Prakash M., Baskaran R., Rastogi N. (2016). Anthocyanin infused watermelon rinds and its stability during storage, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. Vol 33. 554-562
- Ballary A., Indiramma A., Prakash M., Baskaran R., Rastogi N. (2016). Anthocyanin infused watermelon rinds and its stability during storage, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. Vol 33. 554-562
- Bassani B., Rossi T., De Stefano D., Pizzichini D., Corradino P., Macri N., Noonan D.M., Albin A., Bruno A. (2016). Actividades quimiopreventivas potenciales de un extracto purificado rico en polifenoles de las aguas residuales de la almazara en células de cáncer de colon.
- Bhol, S., Lanka, D. & Bosco, S.J.D. (2016). *Journal Food Sci Technol* 53: 1717.
- Caetano da Silva Lannes S. (2017) Chocolate and Cocoa Products as a Source of Health and Wellness. In: Barbosa-Cánovas G. et al. (eds) *Global Food Security and Wellness*. Springer, New York, NY.
- Chacón-Ordaz G, Muñoz-Rincón, A., Quiñónez-Mosquera, G. A. (2017). Descripción del mercado de los snacks saludables en Villavicencio, Meta. *Revista Libre Empresa*, 14(2), 33-45 doi.org/10.18041/libemp.2017.v14n2.28202.
- Corrales Escobosa, A. R., Gomez Ojeda, A., Wrobel, K., Magana, A. A., & Wrobel, K. (2014). Methylglyoxal is associated with bacteriostatic activity of high fructose agave syrups. *Food Chemistry*, 165, 444–450.
- Costa de Camargo A. B. (2014). Fortification of Cookies with Peanut Skins: Effects on the Composition, Polyphenols, Antioxidant Properties, and Sensory Quality . *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 62(46), 11228-11235., 8.
- Durán R., Villegas M.E., Nieves I. (2017). Caracterización y extracción de citrulina de la corteza de la sandía (*Citrullus lanatus* “thunb”) consumida en Valledupar. Grupo Optimización Agroindustrial, Valledupar, Colombia. *Temas agrarios - Vol. 22:(1) Enero - Junio 2017* (60 - 67).
- Ettel, M.; Gonzalez, G.A.; Gera, S.; Eze, O.; Sigal, S.; Park, J.S.; Xu, R. 2017 Frequency and pathological characteristics of drug-induced liver injury in a tertiary medical center. *Hum Pathol*.68:92-98.
- Gomez-Cadena, A., Martinez-Usatorre, A., Urueña, C., Prieto, K., Barreto, A., Romero, P., & Fiorentino, S. (2015). Immune system activation through immunogenic cell death and tumor recruitment of dendritic cells is required for anti-tumor activity of a plant-derived polyphenol rich fraction. *Journal for ImmunoTherapy of Cancer*, 1.
- Klubicová, K., Szabová, M., Skultety, L., Libiaková, G., & Hricová, A. (2016). Revealing the seed proteome of the health benefitting

grain amaranth (*Amaranthus cruentus* L.). *Chemical Papers*, 70(10).

Lim T.K., (2012). *Citrullus lanatus*. *Fruits*. Vol 2, 180-189.

Mariotti, M., Pagani, M. A., & Lucisano, M. (2013). The role of buckwheat and HPMC on the breadmaking properties of some commercial gluten-free bread mixtures. *Food Hydrocolloids*, 30(1), 393–400.

Nagulb, D. M., & Tantawy, A. A. (2019). *Anticancer effect of some fruits peels aqueous extracts*. Springer Singapore, 6.

Roman L., Sahagun M., Gomez M., Martinez M.M. (2019). Nutritional and physical characterization of sugarsnap cookies: effect of banana starch in native and molten states. *Royal society of chemistry*.

Romdhane M., Haddar A., Ghazala I., Ben Jeddou K., BoissetHerlbert C., Ellouz-Chaabouni S. (2017). Optimization of polysaccharides extraction from watermelon rinds: Structure, functional and biological activities. *Food Chemistry*. Vol 216. 355-364.

Zhou S., Tong L., Liu L. (2019) Oats. In: Wang J., Sun B., Cao R. (eds) *Bioactive Factors and Processing Technology for Cereal Foods*. Springer, Singapore.