

Caracterización Físicoquímica de desechos de naranja (*Citrus Sinensis*) y lechuga (*Lactuca Sativa*)

MARTINEZ-FERNANDEZ DE LARA, Eloisa †*, NAVARRO-CRUZ, Addi Rhode, VERA-LOPEZ, Obdulia, AVILA SOSA-SÁNCHEZ, Raul

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Fac. Ciencias Químicas, Depto de Bioquímica-Alimentos. Edificio FCQ5 segunda planta 202-D, Ciudad Universitaria, CP 72570, Puebla., Pue

Recibido Enero 15, 2017; Aceptado Febrero 23, 2017

Resumen

En un mundo con recursos naturales limitados y donde es necesario encontrar soluciones coste-efectivas para producir suficientes alimentos inocuos y nutritivos para todos, reducir las pérdidas de alimentos no debería ser una prioridad en el olvido. El presente trabajo se enfocó en la evaluación de las características físicoquímicas y microbiológicas de desechos de lechuga y naranja para evaluar su potencial de reutilización en la alimentación humana. Se recolectaron desechos de lechuga y naranja de diferentes mercados de la ciudad de Puebla y se elaboraron 3 harinas: Harina de lechuga, de cáscara de naranja y de bagazo de naranja. Se realizaron los análisis físicoquímicos y microbiológicos correspondientes. La mayor cantidad de proteína se encontró en la harina de lechuga con un 1.23%. En cuanto a las pruebas microbiológicas, al ser desechos de mercado, se obtuvieron altas cargas bacterianas, por lo que se sometieron a la acción de un desinfectante comercial y posteriormente a la acción de luz UV de baja intensidad, con estos tratamientos se logró disminuir los niveles de contaminación microbiológica a niveles por debajo de lo permitido por las Normas Oficiales Mexicanas, excepto para la harina de lechuga la cual permaneció con altas cargas microbianas.

Desechos agroindustriales, alimentos, residuo, aprovechamiento

Citación: MARTINEZ-FERNANDEZ DE LARA, Eloisa, NAVARRO-CRUZ, Addi Rhode, VERA-LOPEZ, Obdulia, AVILA SOSA-SÁNCHEZ, Raul. Caracterización Físicoquímica de desechos de naranja (*Citrus Sinensis*) y lechuga (*Lactuca Sativa*). Revista de Energía Química y Física. 2017. 4-10:49-56.

Abstract

In a world with limited natural resources and where it is necessary to find cost-effective solutions to produce enough safe and nutritious food for all; reducing food losses should not be a priority in oblivion. The present work focused on the evaluation of the physicochemical and microbiological characteristics of lettuce and orange waste to evaluate their potential for reuse in human food. Wastes of lettuce and orange were collected from different markets in the city of Puebla and 3 flours were made: Lettuce flour, orange peel and orange pulp. The corresponding physicochemical and microbiological analyzes were carried out. The largest amount of protein was found in lettuce flour with 1.23%. Regarding the microbiological tests, as they were market waste, high bacterial loads were obtained, so they were subjected to the action of a commercial disinfectant and later to the action of low intensity UV light, with these treatments it was possible to decrease the microbiological contamination at levels below that allowed by Mexican Official Standards, except for lettuce flour which remained with high microbial loads.

Agroindustrial waste, foods, waste, reutilization

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: elomtz23@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

La obtención de residuos agroindustriales se lleva a cabo en todo el proceso productivo, estos residuos presentan un problema ambiental, por lo que se ha sugerido mediante el uso de herramientas biotecnológicas que podrían ser aprovechados y a su vez éstos presentarían un potencial de valorización en la industria como aditivos en los procesos de producción incluso en el desarrollo e innovación de nuevos productos (Barragán y col., 2008).

Se propone el uso de estos residuos como una fuente de vitaminas, carotenoides, polifenoles, y minerales tal vez de considerable beneficio económico para los procesadores de alimentos (Oliveira y col., 2015).

Justificación

La obtención de residuos agroindustriales se lleva a cabo en todo el proceso productivo, desde la siembra, cosecha e incluso producción, iniciando con el preparado del campo, con la limpieza para remover pasto y hierbas, la poda, el deshoje y limpieza de cereales, hortalizas frutas y algunas veces hasta su procesamiento, desechando huesos y cáscaras.

La mayoría de las veces, éstos desechos son destinados para la obtención de fuentes de energía por la quema de leñas, adición de cenizas a suelos y algunos son aprovechados como forrajes. Estos residuos presentan un problema ambiental, por lo que se ha sugerido que podrían ser aprovechados y a su vez éstos presentarían un potencial de valorización en la industria como aditivos en los procesos de producción incluso en el desarrollo e innovación de nuevos productos.

Problema

La Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños (CELAC), ha incluido la reducción de Pérdidas y Desperdicios de Alimentos como línea de acción de su Plan de Acción para la Seguridad Alimentaria, Nutrición y Erradicación del Hambre 2025, ya que de acuerdo con el grupo de Pérdidas y Mermas de Alimentos, el promedio nacional de desperdicio es de 37.26%, con lo cual podría alimentarse a 7.4 millones de personas en pobreza extrema e inseguridad alimentaria (FAO, 2015).

Muchas veces la falta de aprovechamiento de los residuos y subproductos agrícolas se debe a que no existe una recolección, almacenamiento y transporte adecuado de los mismos, por lo cual, su destino final se resume en su abandono a campo abierto, su quema indiscriminada y su vertido en mantos acuíferos (Manning y Taylor, 2014), muchos de los residuos vegetales han sido estudiados para su bioconversión, sin embargo muy pocos se han adentrado en el estudio de su composición para su reutilización directa como materia prima a pesar de su potencial aporte de numerosos nutrientes e incluso elementos funcionales, evitando procesos complejos e inclusive potencialmente costosos.

Hipótesis

Es posible revalorizar los desechos vegetales de los mercados para incluirlos de nuevo en la alimentación humana con mínimo procesamiento.

Objetivos

Objetivo General

Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas de los desechos comunes de lechuga y naranja.

Objetivos específicos

- Desarrollar una metodología para la transformación de dos tipos de residuo vegetal (lechuga y naranja) en harina.
- Realizar la evaluación fisicoquímica (humedad, proteínas, cenizas, extracto etéreo, y pH) de los dos tipos de harina obtenidas.
- Realizar la evaluación microbiológica de las harinas para determinar si son viables para su consumo.

Marco Teórico

La industria alimentaria genera grandes volúmenes de residuos sólidos orgánicos, que están infrautilizados o se descartan, y si ellos no son reciclados o procesados apropiadamente, generan diversos problemas ambientales (Barragán y Col, 2008; Azevedo y Campagnol, 2014; Betine y col., 2016; Campo Vera y col., 2016), por lo que cada vez se hace más imperiosa la necesidad de caracterizar y evaluar la reutilización de estos subproductos o desechos (Milena y Col, 2008; Matthaus y Özcan, 2012; Serrat-Díaz y col., 2016; Neuza y Col, 2016).

Actualmente el uso principal de muchos de los residuos vegetales es como complemento para la ración animal, teniendo buena aceptación por bovinos y caprinos. Algunas limitaciones hacen que estos residuos tengan un uso restringido, entre ellos la gran cantidad de agua que contienen, lo que acarrea problemas de recolección, transporte y almacenamiento.

Varios estudios han propuesto otros usos para los residuos, incluyendo la obtención de fertilizantes orgánicos, pectinas, aceites esenciales, compuestos con actividad antioxidante y varias enzimas (Oliveira y col., 2015).

Estos residuos presentan un problema ambiental, por lo que se ha sugerido mediante el uso de herramientas biotecnológicas que podrían ser aprovechados y a su vez éstos presentarían un potencial de valorización en la industria como aditivos en los procesos de producción incluso en el desarrollo e innovación de nuevos productos (Barragán y col., 2008).

Un ejemplo de estos residuos lo constituyen las cortezas de cítricos, importante desecho de la elaboración de jugos que puede ser una fuente rica de carbono para el crecimiento microbiano y poligalacturonasa simultánea (PG) y la producción de xilanas (Mamma y col., 2008), sin embargo aunque son propuestas sumamente interesantes, cabe hacer notar que estos procesos pueden ser complejos e inclusive costosos.

México produce muchos productos agrícolas (aproximadamente 200) y solamente unos cuantos son producidos mayoritariamente (aproximadamente 60) por lo cual los datos estadísticos de los subproductos producidos en menor escala no han sido recolectados y agrupados, sin embargo, vale la pena mencionar algunos cultivos de importancia económica tales como tomate verde y rojo, perejil, cilantro, chile, lechuga, jícama, espinacas, acelgas, hongos, coliflor, col, melón, naranja, tejocote, piña, pitahaya, uvas, manzanas, zanahoria, zarzamora, etc., que generan grandes volúmenes de biomasa y materia orgánica (Valdez-Vazquez y col., 2010).

Muchas veces la falta de aprovechamiento de los residuos y subproductos agrícolas se debe a que no existe una recolección, almacenamiento y transporte adecuado de los mismos, por lo cual, su destino final se resume en su abandono a campo abierto, su quema indiscriminada y su vertido en mantos acuíferos.

La quema de leñas y forrajes también es una práctica frecuente en México, donde las poblaciones obtienen calor y energía para cocinar alimentos (Manning y Taylor, 2014) y las cenizas son incorporadas a los suelos, logrando con esto, el incremento de materia orgánica en los campos y la reducción de uso de algunos fertilizantes, sin embargo, las toneladas de partículas que se emiten a la atmósfera por la quema de los desechos representan un problema ambiental y de Salud Pública. (Santacruz y col., 2016).

Metodología de Investigación

Se trabajó con residuos de lechuga y naranja debido a la abundancia de estos desechos. El desperdicio de lechuga fue recolectado de la central de abastos de la ciudad de Puebla, y los desechos de naranja fueron recolectados de los alrededores de Ciudad Universitaria, de las personas que venden jugo.

La preparación de los desechos consistió en un lavado bajo chorro de agua para retirar residuos contaminantes y exceso de suciedad. Una vez limpios, los residuos se secaron en un deshidratador Excalibur de 5 bandejas (Mod. 3500 BLA) por 18 horas a 63°C. Posteriormente se pasaron por un molino Willey (General Electric, mod. 5MB 600B-0) con malla 20 para obtener la harina y se realizaron los análisis químicos (cenizas, humedad, proteína y extracto etéreo) y microbiológicos (mesofílicos aerobios, coliformes totales y hongos y levaduras) correspondientes.

Tipo de Investigación

Investigación experimental descriptiva.

Métodos Teóricos

Los métodos utilizados fueron los descritos en las Normas Oficiales Mexicanas: Proteína por el método de Kjeldahl (NMX-F-608-NORMEX-2002), Humedad por calentamiento en estufa (NOM-116-SSA-1-1994), Cenizas por calcinación (NMX-F-607-NORMEX-2002), Extracto etéreo por Soxhlet (NMX-F-089-S), Cuenta de mesofílicos aerobios (NOM-092-SSA1-1994), Coliformes totales (NOM-112-SSA1-1994) y Hongos y levaduras (NOM-111-SSA1-1994).

Resultados

Una vez obtenidas las harinas (Figura 1) se procedió a realizar los análisis fisicoquímicos, con los resultados que se muestran en la tabla 1.



Figura 1 Harinas obtenidas de desechos de lechuga y naranja

La harina de lechuga presentó una textura polvosa homogénea, con un agradable color verde y prácticamente no presentó olor. Para las harinas de naranja, la de cáscara presentó más dificultades para su molienda, con partículas no tan homogéneas, un color más palido y un fuerte olor cítrico.

La harina obtenida del bagazo presentó un color naranja ligeramente más intenso, pero con un aroma más suave a cítrico, de las tres harinas ésta es la única que presentó tendencia a humectarse formando grumos pequeños pero fácilmente dispersables.

	Humedad %	Proteína %	Grasa %	Cenizas %
Harina de naranja	3.31	5.07	1.64	4.86
Harina de mandarina	4.33	4.55	1.45	3.96
Harina de toronja	7.81	7.22	2.01	2.99

Tabla 1 Composición proximal de las tres harinas elaboradas*
*valores promedio obtenidos de tres determinaciones

Con respecto a la composición química, el contenido de humedad quedó dentro de límites que permiten fácilmente su conservación durante períodos de tiempo considerables, ya que fue almacenada por seis meses sin presentarse cambios o alteraciones en sus características físicas y sensoriales, la harina de lechuga, a pesar de presentar una humedad inicial bastante alta fue la que se deshidrató con mayor facilidad, básicamente debido a la mayor área superficial expuesta en el deshidratador, alcanzando una humedad final de 5,5%, lo que a su vez facilitó la molienda en partículas finas y homogéneas.

Cabe mencionar que Rincón (2005), elaborando harinas de cítricos, los deshidrató hasta contenidos menores al 5% para mandarina y naranja y menor a 8% para toronja, sin embargo, la deshidratación fue realizada por liofilización y la fruta fue cuidadosamente seleccionada, no se utilizaron desperdicios (tabla 2). Porcentajes similares de humedad fueron alcanzados en la preparación de harinas de cáscara de piña y mango, de acuerdo con lo reportado por diversos autores.

	Humedad %	Proteína %	Grasa %	Cenizas %
Harina de naranja	3.31	5.07	1.64	4.86
Harina de mandarina	4.33	4.55	1.45	3.96
Harina de toronja	7.81	7.22	2.01	2.99

Tabla 2 Composición proximal de diversas harinas de cítricos. Tomado de Rincón, 2005

Resulta difícil realizar comparaciones con trabajos realizados por otros investigadores debido a que la mayoría de los trabajos están enfocados a la extracción de componentes bioactivos como antioxidantes y fibra, y la preparación de los residuos es muy particular por lo que la composición termina siendo muy diversa.

Sin embargo, el aporte de grasa de la harina de cáscara de naranja y la de lechuga es muy parecido al de harinas de otras cáscaras, es decir entre 2.9 y 0.4% (tabla 3), lo que las convierte en materias primas bajas en grasas. Un resultado un poco diferente se obtiene con la harina de bagazo de naranja, en la cual el valor fue de 7.94, lo cual es más cercano al valor reportado también para el bagazo de uva, aunque puede seguir considerándose un valor bajo.

	Humedad %	Proteína %	Grasa %	Cenizas %
Bagazo Piña	58.66	8.86	1.63	3.92
Bagazo uva	65.39	2.63	5.32	3.1
Cáscara limón agrio	79.2	1.4	0.99	1.6
Cáscara naranja fresca	29.6	7.78	2.42	5.17
Cáscara naranja harina	7.7	2.93	0.025	4.8
Cáscara Plátano	91.3	1.00	0.71	1.7
Harina de cáscara de piña	9.84	3.51	0.47	4.11

Tabla 3 Composición proximal de diversos desperdicios
Fuente: Elaboración propia

En cuanto al valor de cenizas, es similar en las harinas de cáscara y bagazo de naranja elaboradas, lo cual está directamente relacionado con su contenido de minerales que en el caso de la lechuga resulta ser bastante mayor.

En lo que se refiere al aporte proteico, en general la mayoría de los estudios reportan cantidades bajas (entre 1-5%) que son similares a los obtenidos en el presente estudio, a pesar de que en algunos casos se reportan valores superiores, por ejemplo para cáscara de naranja fresca, harina de cáscara de mandarina, bagazo de piña y harina de toronja, lo cual podría explicarse por la variedad considerada o el proceso tecnológico empleado para obtener las diversas harinas a partir del producto fresco, como quiera que sea, éste sería un parámetro limitante para considerar a estas harinas como materias primas para enriquecer el contenido proteico de diversos alimentos.

La idea básica es el planteamiento de un método relativamente sencillo y económico para disponer de desperdicios producidos en mercados o por vendedores ambulantes de zumos y cocteles de frutas y verduras, tal como sería el secado a temperaturas moderadas (60-65°C), ya que está bien estudiado que las cáscaras y desperdicios de frutas y hortalizas son ricos en carotenoides, vitamina C, fibra insoluble y ciertos antioxidantes.

Se ha reportado, por ejemplo, que aún de los limones en descomposición es posible la recuperación de compuestos como pectina y hasta doble del contenido de pectina de buena calidad de cáscaras y bagazo de limón con respecto a los limones en descomposición (Madrigal-Peralta, 1996). Los residuos de cítricos son una fuente potencial de compuestos fenólicos, específicamente flavonoides glicosilados con actividad biológica.

Además, los compuestos antioxidantes obtenidos a partir del orujo de naranja y sus actividades biológicas han sido ampliamente estudiados (Espinosa-Pardo, 2017).

Al tratarse de residuos que son desechados sin ningún tipo de precaución higiénica, una parte importante del estudio de éstos es la evaluación microbiológica que permitiría decidir la posibilidad de emplear las harinas obtenidas como ingredientes funcionales añadidos directamente a diferentes tipos de alimentos.

Para el análisis microbiológico se analizaron bacterias mesofílicas aerobias (BMA), cuenta de hongos y levaduras (HyL) y cuenta de coliformes totales (CT), por no existir norma oficial mexicana (NOM) para harinas de frutas y hortalizas, se decidió comparar con la NOM-247-SSA1-2008, que es la norma microbiológica para productos como harinas de centeno, cebada y arroz. Los resultados se presentan en la tabla 4.

	BMA (UFC/g)	HyL (UFC/g)	CT (NMP/g)
Harina de lechuga	94,667	<10	1,100
Harina de bagazo de naranja	900	<10	240
Harina de cáscara de naranja	11,183	<10	1,100
NOM (máximo permisible)	100,000	200	100

Tabla 4 Análisis microbiológico de las harinas de residuos de lechuga y naranja

Como era de esperar, debido a que se trata de desperdicios y a que el secado para su transformación en harinas se llevó a cabo únicamente a 63°C, la cuenta de coliformes totales superó el máximo permitido por la NOM, por lo que se decidió utilizar irradiación con luz UV de baja intensidad durante cinco minutos.

ya que se ha reportado que puede ser útil tanto para disminuir cargas microbianas como para mejorar la concentración de antioxidantes en diversas muestras de alimentos (Ávila-Sosa y col., 2017). Las muestras de harina de lechuga y la de harina de cáscara fueron las únicas que se sometieron a este tratamiento, dado que la harina de bagazo fue la única que cumplió con lo requerido por la NOM-247-SSA1-2008. Se intentaron tiempos de contacto de 5 y 15 minutos; en el caso de la harina de lechuga, el tiempo máximo utilizado únicamente permitió disminuir los coliformes totales en un ciclo logarítmico, lo que la hace no apropiada para su uso en la alimentación humana, mientras que la harina de cáscara de naranja desde los cinco minutos de contacto quedó dentro de los límites microbiológicos permisibles (tabla 5).

	BMA (UFC/g)	HyL (ufc/g)	CT (nmp/g)
Harina de cáscara 5'	93	40	21
Harina de cáscara 115'	<10	<10	<3

Tabla 5 Efecto de luz UV de baja intensidad sobre la carga microbiana de harinas de residuos de naranja

Cabe hacer notar que, en el tratamiento con cinco minutos, la cuenta de hongos y levaduras se vio incrementada con respecto a la muestra sin tratar, lo cual podría deberse a la competencia bacteriana, ya que inicialmente la cuenta de BMA y CT en la muestra sin tratamiento era mucho mayor.

Conclusiones

Varios estudios han propuesto diversos usos para los residuos de la naranja, incluyendo la obtención de fertilizantes orgánicos, pectina, aceites esenciales, compuestos con actividad antioxidante y varias enzimas, incluyendo pectinasas y amilasa, y como biosorbentes para la eliminación de azul de metileno de soluciones acuosas; a pesar de todas estas posibilidades, los residuos de las industrias de jugo de naranja permanecen en su mayor parte inutilizados.

Hay recomendaciones para su uso que resultan sumamente económicas y se ahorran el costo del secado como hervirlas y consumir los extractos o usarlas en compostajes caseros, pero esto apenas y aprovecharía una mínima parte de los desechos, por lo que, de los resultados obtenidos, se concluye que las harinas de residuos de cáscara y bagazo de naranja son factibles de ser utilizadas directamente como ingrediente en preparaciones de alimentos para consumo humano, aprovechando sus diversos aportes de nutrientes pero especialmente sus compuestos funcionales ya ampliamente estudiados.

La harina de lechuga de desecho no es apta para consumo humano debido a su alta carga microbiana por lo cual se sugiere la búsqueda de métodos efectivos para lograr una adecuada desinfección.

El elevado contenido de humedad (sobre 70%) de los residuos estudiados hace necesario la utilización de un proceso de secado para reducir la humedad por debajo del 10% para estabilizarlos en el tiempo.

Referencias

- Ávila-Sosa, R., Ávila-Crisóstomo, E., Reyes-Arcos, E.A., Cid-Pérez, T.S., Navarro-Cruz, A.R., Ochoa-Velasco, C.E. 2017. Effect of blue and UV-C irradiation on antioxidant compounds during storage of Hawthorn (*Crataegus mexicana*). *Scientia Horticulturae*, 217:102-106.
- Azevedo, L. A. y Campagnol, P. C. B. 2014. Papaya seed flour (*Carica papaya*) affects the technological and sensory quality of hamburgers. *International Food Research*, 21(6):2141–2145.
- Barragán, H. B., Díaz, T. A. Y., Laguna, T. A. 2008. Utilización de residuos agroindustriales. *Revista Sistemas Ambientales*, 2(1): 44–50.

- Campo Vera, Y., Villada Castillo, D. C., Meneses Ortega, J. D. 2016. Efecto del pre-tratamiento con ultrasonido en la extracción de pectina contenida en el albedo del maracuyá (*Passiflora edulis*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(1): 103-109.
- Espinosa-Pardo, F., Mayumi-Nakajimab, V., Alves-Macedo, G., Alves-Macedo, J., Martinez, J. 2017. Extraction of phenolic compounds from dry and fermented orange pomace using supercritical CO₂ and cosolvents. *Food and Bioproducts Processing*, 101:1-10.
- FAO, 2015. Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe. Boletín 2, Abril 2015.
- Hernández García S. 2010. Efecto de la adición de cascara de naranja sobre las propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales de salchichas cocidas. *NACAMEH* 4(1): 23-36.
- Madrigal-Peralta, D., López-Vázquez, R. López-Jarquín, S. 1996. Aprovechamiento del beneficio del limón. *AIDIS. Consolidación para el desarrollo. México*, 1-5.
- Mamma, D., Kourtoglou, E., Christakopoulos, P. 2008. Fungal multienzyme production on industrial by-products of the citrus-processing industry. *Bioresource Technology*, 99: 2373-2383.
- Manning, T. y Taylor, E. 2014. Migration and fuel use in rural Mexico. *Ecological Economics*, 102:126-136.
- Matthaus, B. y Özcan, M. M. 2012. Chemical evaluation of citrus seeds, an agro-industrial waste, as a new potential source of vegetable oils. *Grasas y aceites*, 63(3): 313–320.
- Milena, S., Montoya, L. J., Orozco, F. 2008. Valorización de Residuos Agroindustriales – Frutas – en Medellín y el sur del valle del Aburrá, Colombia. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*, 61(1): 4422–4431.
- Neuza, J., Da Silva, A. C., Aranha, C. P. M. 2016. Antioxidant activity of oils extracted from orange (*Citrus sinensis*) seeds. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 88(2): 951–958.
- Oliveira, A.P., Ludwig, C., Zampieri, M., Weisser, H., Aebersold, R., Sauer, U. 2015. Dynamic phosphoproteomics reveals TORC1-dependent regulation of yeast nucleotide and amino acid biosynthesis. *28;8(374):rs4*.
- Rincón, A. M., Vásquez, A., Padilla, M., Fanny, C. 2005. Composición química y compuestos bioactivos de las harinas de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y toronja (*Citrus paradisi*) cultivadas en Venezuela. *ALAN*, 55(3):305-310.
- Santacruz Vázquez, C., Santacruz Vázquez, V., Hinojosa Moya, J., Zamora López, M.E., Paredes Bautista, M.J. Retos y Perspectivas de la Agricultura y Alimentos en México. 2016. Fomento Editorial BUAP, Puebla, México, pp.83-91.
- Serrat-Díaz, M., Ussemame-Mussagy, C., Camacho-Pozo, I. M., Méndez-Hernández, A. A., Bermúdez-Savón, R. C. 2016. Valorización de residuos agroindustriales ricos en pectinas por fermentación. *Tecnología Química*, 36(1): 5–20.
- Valdez-Vázquez, I., Acevedo-Benitez, J. A. Hernandez-Santiago, C. 2010. Distribution and potential of bioenergy resources from agricultural activities in Mexico. *Renew. Sust. Energy Rev.* 14: 2147-2153.