

Recuperación y Aplicación de Ingredientes Alimentarios de partir de Residuos Agroalimentarios

Pérez Cabrera Laura Eugenia¹, Romo Zamarrón Karla Fabiola, Díaz Narváez Gloria Cristina, Ramírez Carrillo Rosa Elena y Ortiz Duarte Génesis.

Universidad Autónoma de Aguascalientes, Depto. de Ciencia de los Alimentos, Av. Universidad N. 940 Ciudad Universitaria C.P. 20131 Aguascalientes, Ags., México, eugenia.perez@edu.uaa.mx

Resumen

En la economía circular con un planteamiento que supone reducir los residuos a la menor cantidad posible, promover la eficiencia en la utilización de los recursos y lograr un impacto ambiental y social positivo, centrándose en la búsqueda de aprovechar los subproductos agroindustriales y de contribuir a la disminución de la contaminación medio ambiental, así como de crear alimentos procesados más saludables, ya sea con un menor contenido calórico, y/o sin azúcar, con un incremento en el contenido de fibra dietaria, con una reducción del contenido de colorantes y saborizantes, o con algún componente biológicamente activo se explican en ese trabajo mediante la utilización de tres fuentes de residuos: cascaras de frutasy grano gastado de malta cervecera para la valorización mediante el procesado y adecuación de estos para la obtención de ingredientes alimentarios con componentes de interés biológico. En este trabajo se integran desde la adecuación de inocuidad, procesamiento y aspectos de costos, así como las metodologías de introducción a matrices alimentarias reales donde se evaluó el componente biológicamente activo, aunado a su calidad sensorial, propiedades fisicoquímicas, análisis químico-proximal, calidad microbiológicas y respuesta a propiedades tecnológicas.

Palabras clave— Valorización de residuos, Ingredientes Alimentarios, Cascaras de Frutas, Grano Gastado de Malta, Quiotosano.

I. INTRODUCCIÓN

La papaya es una fruta de alto consumo debido a sus cualidades sensoriales y nutricionales [1]. Sin embargo, alrededor del 20 al 25% de la papaya [2], es considerado como subproducto no destinado al consumo humano [3], [4]. Las cáscaras son una fuente de fibra dietética y antioxidantes [5]. Actualmente no hay informes sobre el uso de estos subproductos en la elaboración de golosinas gelificadas. Por otro lado actualmente México es el sexto mercado de confitería más importante y el segundo en América Latina [6]. Sin embargo el consumo de productos de confitería, es tradicionalmente no recomendado, por su asociación a problemas nutricionales, de salud y déficit de la atención [7]. Hoy en día, las tendencias hacia una alimentación saludable, ha generado una oportunidad para crear golosinas con un menor contenido calórico (sustituyendo parte el azúcar por algún edulcorante no calórico), sin azúcar o para que sean vehículos de algún componente biológicamente activo como vitaminas, minerales, fibra o antioxidantes indispensables para un buen desarrollo físico y mental de los consumidores [8].

De acuerdo con la información publicada por Cerveceros de México, en 2018 en nuestro país se produjeron 120 millones de hectolitros de cerveza [9]. Esto posiciona a México como cuarto productor de cerveza a nivel mundial. Como toda industria de transformación, la industria de la cerveza genera diversos residuos. Uno de los más abundantes es el residuo de malta de cerveza. El residuo de malta de cerveza (RMC) representa el 85% de los residuos generados por esta industria. Este se obtiene después del proceso de maceración, es la parte insoluble del grano de cebada que está en solución con el mosto es el RMC. El mosto se filtra para ser fermentado y producir la cerveza, en este proceso se obtiene el RMC como subproducto y debe disponerse [10]. Se estima que se

producen alrededor de 20 kg de RMC húmedo por cada 100 L de cerveza elaborada. Los residuos de cervecería son comúnmente empleados como alimento alternativo en la producción de ganado, como material de construcción, como sustrato agrícola o en la producción de biocombustible [11]. El grano gastado de mosto cervecero (Brewers spent grain – BSG) está compuesto principalmente de pericarpios, endocarpios y fracciones de la pared celular del endospermo, ligninas y proteínas

Para poder aprovechar los subproductos alimentarios de una forma eficiente es necesario, en primer lugar, caracterizarlos para conocer su composición y propiedades (tecnológicas o bioactivas), así como conocer la cantidad en la que se generan, de forma que se pueda definir una tecnología adecuada para su tratamiento, recuperación y aprovechamiento, con el objetivo de reducir los impactos negativos como un aspecto de responsabilidad medioambiental se analizaron teniendo un primer objetivo la elaboración de golosinas gelificadas reemplazando el colorante, y una porción del edulcorante y del saborizante, con polvos de cáscaras de papaya para evaluar su contribución en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y funcionales. Y un segundo objetivo realizar la sustitución (0, 5, 10, 15 y 20%) con grano gastado de mosto cervecero en la elaboración de conos-waffle para helado y evaluar su impacto en los parámetros nutrimentales (proteína, grasa fibra dietaria total, hidratos de carbono, sodio entre otros) y en la textura (dureza, fragilidad, crujencia, tenacidad).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Las cáscaras se recolectaron de una empresa local (Jugos y Chocos Tony®) y se separaron en dos lotes, el primero se deshidrato con aire caliente (Excalibur Products, 3500) a 57 °C y el segundo se liofilizó (Labconco, FreeZone® Legacy, 7752020) a 0.0099 °C y 610.5 Pa de vacío. Las cáscaras

deshidratadas se molieron y se tamizaron. Para la elaboración de las golosinas gelificadas control (GGC) se utilizó la formulación de general para las golosinas gelificadas sustituidas (GGS) se realizó una adaptación.

TABLA I
FORMULACIONES DE LAS GOLOSINAS GELIFICADAS

Ingrediente	GGC	GGS
Grenetina	5.30	5.3
Agua	23.38	23.38
Sacarosa	33.20	28.82
Glucosa	36.50	36.50
Ácido cítrico	1.28	1.00
Colorante	0.04	0
Saborizante	0.30	0.1
Cáscaras papaya	0	6

Se determinó el contenido de sólidos solubles ($^{\circ}$ Bx) (Atago, H-93), pH (Hanna Instruments, HI99163), actividad del agua (aw) (AquaLab Series 3TE), color (Konica Minolta, CR-400) y textura (Texture Analyzer TA-XT2 Gummy confectionery Test y GMIA). Se realizó una prueba afectiva, con un panel no entrenado de cincuenta consumidores habituales en un rango de 18-25 años. Se utilizó una escala hedónica JAR de cinco puntos para expresar cuán cercanos eran la intensidad del color, firmeza, elasticidad, sabor a papaya/chamoy, dulzor y acidez, a lo preferido por los panelistas, es decir, 1=demasiado débil, 2=un poco débil, 3=tal como me gusta, 4=un poco fuerte, 5=demasiado fuerte. El contenido de fibra dietética soluble (FDS) e insoluble (FDI), se determinó por triplicado con el método enzimático gravimétrico (AOAC 991.43 y AACC 32-07.01). Se realizaron dos tipos de extracciones de los compuestos bioactivos: 1) Extracción orgánico-acuosa (compuestos bioactivos totales) 2) Extracción fisiológica total in vitro (compuestos bioaccesibles). A los extractos, se les evaluó la capacidad antioxidante equivalente a Trolox, utilizando dos métodos: TEAC-DPPH y TEAC-ABTS. Los compuestos fenólicos solubles totales se determinaron con ácido gálico como patrón. Las determinaciones se realizaron por triplicado en las curvas patrón y en las muestras, se calcularon y reportaron microgramos equivalentes de Trolox por gramo de muestra para actividad antioxidante y microgramos equivalentes de ácido gálico/ gramo de muestra para compuestos fenólicos solubles totales.

Para el desarrollo de las formulaciones de conos-waffles se utilizó una formulación base harina de trigo, azúcar glass, claras de huevo, margarina y sal. Y los porcentajes de sustitución (0, 5, 10, 15 y 20%) se realizaron con el grano gastado de mosto cervecero (variedad Pale Ale, de malta alemana importada) generado por la cervecería artesanal Santa Sofia®. El grano gastado de mosto cervecero fue liofilizado (Freeze System, Lanconco), molido y tamizado y se utilizó un tamaño de partícula de 750mm.

Para la formulación del cono se mezclaron las formulaciones en una batidora kitchen aid y se colocaron 5 ml durante 1.35 min a 170°C para la cocción de la pasta en un equipo cucinaPro waffle Cone Maker, posteriormente se

formó el cono con apoyo de un molde y se dejó enfriar para su posterior análisis. Se realizaron determinaciones de los parámetros nutrimentales proteína, grasa fibra dietaria total, hidratos de carbono y sodio, para evaluar los posibles cambios en el porcentaje de sustitución. Se determinaron las propiedades mecánicas (textura) con el uso de un soporte para ensayos de compresión en cono de helado obteniéndose las curvas fuerza-distancia y a su vez los parámetros mecánicos de dureza, fragilidad, crujencia, tenacidad.

TABLA II
FORMULACIÓN DE CONOS PARA HELADO CON DISTINTOS NIVELES DE SUSTITUCIÓN

Ingrediente	%Sustitución	0	5	10	15	20
Harina de trigo		26.8	25.4	24.1	22.7	21.4
Grano gastado de mosto cervecero		-	1.3	2.6	4.0	5.3
Azúcar glass		26.8	26.8	26.8	26.8	26.8
Claros de huevo		25.8	25.8	25.8	25.8	25.8
Margarina		20.1	20.1	20.1	20.1	20.1
Sal yodada		00.4	00.4	00.4	00.4	00.4

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A. Golosinas gelificadas con polvos cáscaras de papaya

No existen diferencias ($p < 0.05$) en el contenido de sólidos solubles ($^{\circ}$ Bx) entre las GGS y las GGC, el pH de las GGS fue significativamente ($p < 0.05$) más alto que las GGC, sin embargo, el rango de pH de las GG fue de 3.6 a 3.9. Las GG mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) para la aw. La luminosidad, el tono y el croma de las GGC y las GGS fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$), GGC tuvieron una mayor luminosidad, pero el croma y el tono indican un color naranja menos saturado con respecto a las GGS. Las GGS fueron más firmes y elásticas, pero con menor resistencia, que las GGC. Para firmeza, elasticidad y sabor no existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las GGC y las GGS. Sin embargo, los panelistas expresaron que el color de las GGC y GGSL es tal como les gusta, mientras que el de las GGSC fue un poco fuerte. Para el dulzor y la acidez, los panelistas expresaron que las GGC fueron tal como les gusta y las GGS fueron un poco débiles. Existen diferencias significativas para FDI y FDS las GGC presentaron un contenido nulo, mientras que las GGS presentaron un contenido aproximado de 2g entre ambos tipos de fibras en una porción de 100g, lo que equivalente a un 8% de la dosis diaria recomendada de fibra, obteniendo así GGS clasificada como "fuente de fibra". Además de ser libres colorantes, los que están ligados a problemas de la conducta como déficit de la atención en niños [12]. Existen diferencias significativas en ambos tipos de extracción, presentando mayor capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos solubles las GGSL. Al comparar los valores de la actividad antioxidante y de los compuestos fenólicos, de ambos métodos de extracción, se observa que estos valores son mayores en la extracción fisiológica in vivo. En este sentido, es interesante destacar cómo las extracciones químicas habitualmente efectuadas

pueden llevar a una subestimación de la capacidad antioxidante [13].

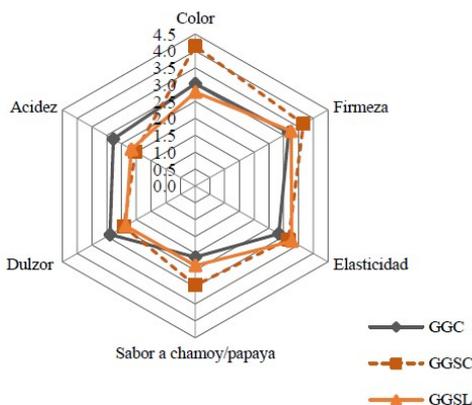


Fig. 1. Análisis de aceptación de los atributos de las GG.

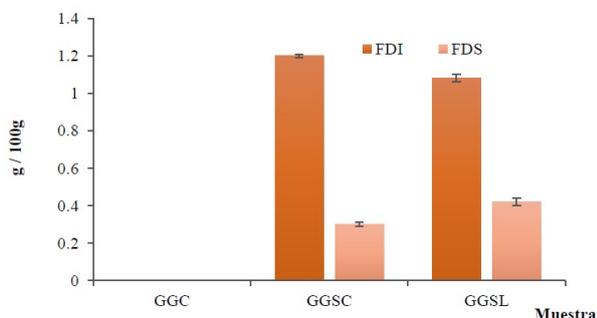


Fig. 2. Contenido de fibra dietética insoluble y soluble.

La fibra dietética insoluble de los polvos interfiere en el color de las GGS, generando productos con colores más intensos. Estos resultados son consistentes con los reportados por [14], quienes desarrollaron caramelos de fruta en forma de gel (GLFC) a base de manzana y arándano modificado con polvo de piel de uva de diferentes tamaños de partículas, utilizando pectina como agente gelificante. Estos autores demostraron que los polvos modifican la textura instrumental del GLFC.

TABLA III

COMPUESTOS BIOACTIVOS TOTALES Y COMPUESTOS BIOACCESIBLES DE LAS GG

Muestra	DPPH (μg ETrolox/ 100 g)	ABTS (μg ETrolox/ 100 g)	Fenoles Solubles (μg EAG/ 100 g)
Método de extracción orgánico-acuosa			
GGC	43.0 \pm 1.2 ^a	10.1 \pm 0.04 ^{ab}	102.0 \pm 4.40 ^a
GGSC	315.9 \pm 1.4 ^b	16.2 \pm 0.02 ^a	396.5 \pm 2.00 ^b
GGSL	386.4 \pm 3.2 ^b	17.8 \pm 0.04 ^c	492.7 \pm 4.20 ^b
ANOVA	0.0001	0.0001	0.0001
Método de extracción fisiológica			
GGC	285.3 \pm 11.6 ^{ab}	19.2 \pm 1.7 ^a	153.8 \pm 23.70 ^a
GGSC	784.8 \pm 20.1 ^b	34.2 \pm 0.9 ^b	513.4 \pm 10.71 ^b
GGSL	849.9 \pm 64.4 ^b	36.3 \pm 1.4 ^b	587.5 \pm 23.51 ^c
ANOVA	0.0001	0.0089	0.0001

B. Conos-Waffle con grano gastado del mosto cervecero

En la Tabla IV se observan los valores nutrimentales para los conos-waffle desarrollados con sustitución con residuos de

grano gastado de mosto cervecero, cuando el porcentaje de sustitución se ve incrementado, el porcentaje de proteína y fibra aumenta significativamente.

TABLA IV
CARACTERIZACIÓN NUTRIMENTAL DE CONOS-WAFFLE CON DISTINTOS NIVELES DE SUSTITUCIÓN CON GRANO GASTADO DE MOSTO CERVECERO

Ingrediente	%Sustitución				
	0	5	10	15	20
Sodio	97.2	97.2	97.2	97.2	97.2
Fibra dietaria total	0.08	0.44	0.81	1.18	1.55
Grasas	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5
Proteínas	5.4	5.6	5.8	5.9	6.2
Hidratos de carbono	48.31	47.79	47.27	46.75	45.09

Se tienen diferencia significativas entre las muestras para el contenido de fibra dietaria total, a partir del 15% de sustitución se tiene un incremento del 200% en el valor con respecto a muestras convencionales y comerciales de conos-waffle para helados. Aportando un aproximado del 6% del porcentaje de fibra dietaria de la ingesta diaria recomendada por el comité de expertos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), recomienda una ingesta de 25 gramos de fibra dietética al día.

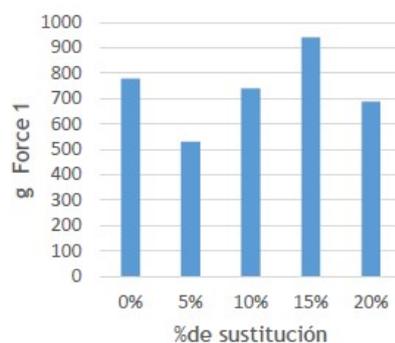


Fig. 3. Análisis de aceptación de los atributos de las GG.

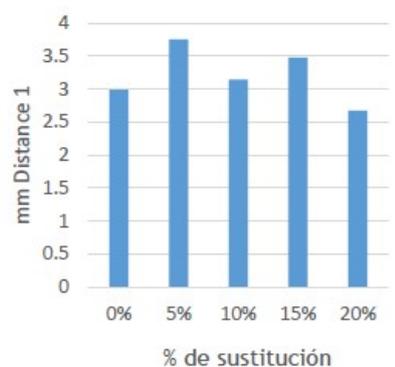


Fig. 4. Evaluación de la Fragilidad de los conos-waffle (distancia a la fuerza máxima).

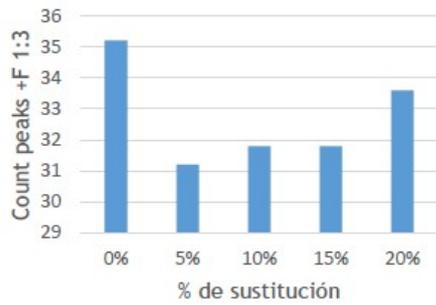


Fig. 5. Evaluación de Crujencia de los conos-waffle (Numero de picos de fractura que ocurren durante la prueba)

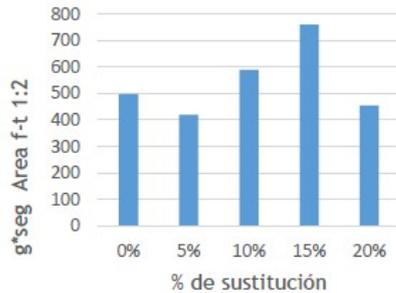


Fig. 6. Evaluación de Tenacidad de los conos-waffle (Área a la máxima fuerza)

En las distintas figuras se observan los parámetros mecánicos de los conos-waffle la sustitución del 15% presenta los valores similares al control para dureza y tenacidad, realacionados con la resistencia al ser cortado y al ser tenaz para la resistencia de la fuerza a la hora de servir el helado en el conowaffle, lo cual se traduce en una menor rotura y una mayor resistencia al peso del helado. La sustitución del 20 % es similar al control 0% para el parámetro de crujencia, propiedad de alto impacto en la calidad sensorial del producto.

IV. CONCLUSIONES

A. Golosinas gelificadas con polvos cáscaras de papaya

De las GGS las GGSL presentaron las mejores características de color y textura; así como mayor contenido de fibra, actividad antioxidante y compuestos fenólicos solubles. Estos resultados son consistentes con el análisis sensorial, ya que los panelistas expresaron que estas son más parecidas a lo que les gusta.

B. Conos-Waffle con grano gastado del mosto cervecero

Se concluye que es posible la sustitución con grano gastado de mosto cervecero en la elaboración de conos-waffle y con ello un incremento en el contenido de fibra dietaria total, en una porción de conowaffle 14g, sin alterar significativamente los parámetros mecánicos tan apreciados por el consumidor.

REFERENCIAS

[1] R. E. Paull and O. Duarte, *Tropical Fruits*. CABI, 2011.
 [2] B. B. Koubala, S. Christiaens, G. Kansci, A. M. Van Loey, and M. E. Hendrickx, "Isolation and structural characterisation of papaya peel pectin," *Food Research International*, vol. 55, pp. 215–221, Jan. 2014, doi: 10.1016/j.foodres.2013.11.009.
 [3] J. A. Samson, "Tropical Fruits 2nd ed," *Trop. Agr. Ser., Longman Scientific and Technical, New York*, 1986.

[4] R. Martínez, P. Torres, M. A. Meneses, J. G. Figueroa, J. A. Pérez-Álvarez, and M. Viuda-Martos, "Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate," *Food Chemistry*, vol. 135, no. 3, pp. 1520–1526, Dec. 2012, doi: 10.1016/j.foodchem.2012.05.057.
 [5] C. M. Ajila, M. Aalami, K. Leelavathi, and U. J. S. P. Rao, "Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations," *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol. 11, no. 1, pp. 219–224, Jan. 2010, doi: 10.1016/j.ifset.2009.10.004.
 [6] "México, de los países 'más dulces' del mundo," *Manufactura*, Aug. 15, 2014. <https://manufactura.mx/industria/2014/08/15/mexico-de-los-paises-mas-dulces-del-mundo> (accessed Jul. 27, 2021).
 [7] P. Jackson, M. Romo M, M. Castillo A, and C. Castillo-Durán, "Las golosinas en la alimentación infantil: Análisis antropológico nutricional," *Revista médica de Chile*, vol. 132, no. 10, pp. 1235–1242, Oct. 2004, doi: 10.4067/S0034-98872004001000012.
 [8] L. E. Pérez-Cabrera, A. Godines-Hoyos, and R. Casillas-Peñuelas, "Desarrollo y caracterización de golosinas con ingredientes de interés nutrimental," pp. 7.
 [9] "Estado de la industria - Cerveceros de México," <https://cervecerosdemexico.com/estado-de-la-industria/> (accessed Jul. 27, 2021).
 [10] S. I. Mussatto, "Brewer's spent grain: a valuable feedstock for industrial applications," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 94, no. 7, pp. 1264–1275, 2014, doi: 10.1002/jsfa.6486.
 [11] S. I. Mussatto, G. Dragone, and I. C. Roberto, "Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications," *Journal of Cereal Science*, vol. 43, no. 1, pp. 1–14, Jan. 2006, doi: 10.1016/j.jcs.2005.06.001.
 [12] A. P. Nambiar, M. Sanyal, and P. S. Shrivastav, "Simultaneous densitometric determination of eight food colors and four sweeteners in candies, jellies, beverages and pharmaceuticals by normal-phase high performance thin-layer chromatography using a single elution protocol," *Journal of Chromatography A*, vol. 1572, pp. 152–161, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.chroma.2018.08.059.
 [13] M. M. Selani *et al.*, "Effects of pineapple byproduct and canola oil as fat replacers on physicochemical and sensory qualities of low-fat beef burger," *Meat Science*, vol. 112, pp. 69–76, Feb. 2016, doi: 10.1016/j.meatsci.2015.10.020.
 [14] C. Cappa, V. Lavelli, and M. Mariotti, "Fruit candies enriched with grape skin powders: physicochemical properties," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 62, no. 1, Part 2, pp. 569–575, Jun. 2015, doi: 10.1016/j.lwt.2014.07.039.