

## Incorporación de Hojas Externas de Brócoli y Coliflor en Pasta Fresca Verde: Parámetros Físicos y Compuestos Bioactivos

Quiroz-Ramírez, M.G., Abraham-Juárez, M. R., Díaz-Cervantes, E., Mendoza-Carrillo, J. M., Ozuna, C.\*

Departamento de Alimentos, División de Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato, Ex Hacienda El Copal, km 9. Carretera Irapuato-Silao A.P. 311 C.P. 36500. Irapuato, Gto, México. \*cesar.ozuna@ugto.mx

### RESUMEN:

Las hojas externas de brócoli y coliflor son residuos agroindustriales no utilizados, pero representan una fuente de compuestos bioactivos con potencial para ser incorporadas en alimentos. El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el efecto de la adición de harina de hojas deshidratadas de brócoli y coliflor en la calidad física y el contenido de compuestos bioactivos en pasta fresca verde tipo *fettuccine*. Se elaboraron pastas de trigo con un enriquecimiento del 5.30% (p/p) de harina de hojas de espinaca, brócoli, coliflor, o la combinación de las dos últimas. Se determinó el tiempo óptimo de cocción, las pérdidas por cocción, las coordenadas cromáticas CIE L\*a\*b\*, y la concentración de compuestos bioactivos en el producto fresco y cocido. Estas características fueron comparadas con aquellas obtenidas de las pastas elaboradas con 100% de trigo y con 5.30% de harina de hojas deshidratadas de espinaca. Los resultados mostraron que la incorporación de harinas de hojas externas de brócoli, coliflor, o la combinación de ambas, no afectó negativamente las propiedades físicas del producto final. Además, la combinación de harinas de brócoli y coliflor contribuyó al incremento del contenido de compuestos bioactivos en la pasta cocida..

**Palabras clave:** Subproductos, Tiempo de cocción, Pérdidas por cocción, Color, Fenoles, Flavonoides.

### ABSTRACT:

The external leaves of broccoli and cauliflower are considered to be useless agro-industrial waste but they can represent an important source of bioactive compounds and with the potential to be incorporated into foods. The aim of this research was to evaluate the effects of integrating flour made from broccoli and cauliflower leaves into fresh *fettuccine*-type green pasta on its physical properties and bioactive compound content. Wheat pasta was enriched with 5.30% (w/w) of flour from dehydrated leaves of spinach, broccoli, cauliflower, or the combination of the last two. Determinations of optimum cooking time, cooking loss, CIE L\*a\*b\* chromatic coordinates, and bioactive compound content were carried out in the fresh and cooked product. These characteristics were compared with those obtained from pasta made with 100% wheat and pasta made with 5.30% dehydrated spinach leaf flour. The results showed that the incorporation of flours from leaves of broccoli, cauliflower, or the combination of both, maintained the physical properties of the final product. In addition, the combination of broccoli and cauliflower flours contributed to the increase of bioactive compound content in the cooked pasta..

**Keywords:** By-products, Cooking time, Cooking loss, Color, Phenolic compounds, Flavonoids.

**Área:** Cereales, leguminosas y oleaginosas

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, la pasta es uno de los alimentos más consumidos en el mundo. De acuerdo con los datos propuestos por la Organización Internacional de la Pasta (2012) sobre el su consumo per cápita, un mexicano puede llegar a consumir hasta 2.7 kg de pasta al año. Las pastas alimenticias son productos elaborados con masa no fermentada de sémola o harina de trigo (Sicignano *et al.*, 2015). La harina se obtiene de granos de trigo común (*Triticum aestivum*) o un trigo ramificado (*Triticum compactum*) por medio de procedimientos de trituración o molienda (Codex alimentarius, 2017).

La pasta seca se elabora con harina de trigo duro (*Triticum durum*) a diferencia de la pasta fresca que se obtiene comúnmente por el procesamiento de la harina de trigo blando (*Triticum aestivum*). La pasta elaborada con huevo es la pasta fresca más producida y consumida en Italia. En este sentido, el huevo aporta a la pasta color, sabor,

textura y propiedades de cocción (Fodor *et al.*, 2011). Por otro lado, algunas formulaciones para la elaboración de pasta fresca incluyen mezclas de harina de trigo y otros ingredientes con función de colorantes y aromatizantes, tales como espinaca, calabaza fresca, tomate, tinta de calamar, entre otros (Pasqualone *et al.*, 2016). En particular, la pasta fresca verde es elaborada tradicionalmente con espinaca, debido a su alto contenido en clorofila (Shyam *et al.*, 2017).

La textura y el aspecto de la pasta, tanto durante como después de la cocción, son parámetros de calidad importantes para los consumidores. Por tal motivo, el sabor, el color y el tiempo de cocción son propiedades ampliamente estudiadas en este tipo de productos (Lemes, 2012). Existen diversas investigaciones que abordan el efecto del enriquecimiento de pasta de trigo con subproductos generados en la industria agroalimentaria sobre los parámetros físicos, sensoriales y nutrimentales del producto final (Shyam *et al.*, 2017; Marinelli *et al.*, 2015; Boroski *et al.*, 2010; entre otros).

El estado de Guanajuato, de acuerdo con los datos proporcionados por el SIAP (2017), produce anualmente alrededor de 141,181 y 2,582 toneladas de brócoli y coliflor, respectivamente. Por lo tanto, Guanajuato es considerado el mayor productor de estas hortalizas a nivel nacional. Los materiales sólidos o líquidos que se generan a partir del consumo directo de productos primarios o de su industrialización, y que ya no son de utilidad para el proceso que los generó, son considerados residuos agroindustriales (Saval, 2012). En el caso del brócoli y la coliflor, uno de los principales subproductos generados y poco aprovechados son las hojas externas de estas hortalizas (Gutiérrez-Robles *et al.*, 2017).

Las hojas externas de brócoli y coliflor son ricas en polifenoles, los cuales son resultado de su metabolismo secundario. Los polifenoles están formados de uno o varios anillos fenólicos y los principales grupos de polifenólicos son los ácidos fenólicos, estilbenos, lignanos, alcoholes fenólicos, y flavonoides (Quiñones, 2012). Murugan *et al.* (2014) encontraron concentraciones de polifenoles de 7.8 mg EAG/g en hojas deshidratadas de brócoli, mientras que Hwang y Lim (2015) reportaron concentraciones de 13.10 mg EAG/g en hojas liofilizadas. Por tal motivo, estos subproductos representan una interesante fuente de compuestos bioactivos para ser incorporados en alimentos.

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el efecto de la adición de harina de hojas deshidratadas de brócoli y coliflor en la calidad física (tiempo de cocción óptimo, pérdidas por cocción, y color) y el contenido de compuestos bioactivos (fenoles y flavonoides totales) en pasta fresca verde.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Obtención de harinas de hojas de brócoli, coliflor y espinaca.** Las hojas fueron seleccionadas garantizando que estuviesen libres de lesiones y con un color uniforme. Las hojas fueron lavadas y desinfectadas durante 15 min con una solución de yodo (Microdyn®, México) agregando 8 gotas por litro de agua. Posteriormente, las hojas se sometieron a un proceso de escaldado durante 2 min. Finalmente, las hojas fueron cortadas en forma cuadrangular, retirando los nervios, para después ser deshidratadas por aire caliente a 60°C empleando un horno de secado (CE3F, Shel Lab, Estados Unidos) hasta alcanzar un peso constante (Gutiérrez-Robles *et al.*, 2017). Posterior a su deshidratación, las muestras fueron pulverizadas, tamizadas (Tamaño de malla No. 14) y almacenadas en frascos de vidrio en oscuridad a 25°C.

**Elaboración de la pasta.** La elaboración de la pasta, tipo *fettuccine*, consistió en mezclar los ingredientes secos (harina de trigo con harinas de hoja) con el huevo y el agua, preparando así un total de cinco formulaciones diferentes (Tabla 1). Estas mezclas se amasaron manualmente durante 5 min para obtener una masa homogénea. Después de haber terminado el tiempo de amasado y que los ingredientes estuvieron integrados, las masas se cubrieron con papel film y se dejaron reposar durante 30 min a temperatura ambiente. Para el proceso de laminado y corte se empleó una máquina comercial para elaboración de pasta (Metaltex, Pasta & Co, México).

**Tabla 1.** Formulaciones de las diferentes pastas elaboradas (g).

<b>Ingredientes</b>	<b>P(T)</b>	<b>P(E)</b>	<b>P(B)</b>	<b>P(C)</b>	<b>P(B+C)</b>
Harina de trigo	100	94.70	94.70	94.70	94.70
Harina de hojas de espinaca	--	5.30	--	--	--
Harina de hojas de brócoli	--	--	5.30	--	2.65
Harina de hojas de coliflor	--	--	--	5.30	2.65
Huevo	30	30	30	30	30
Agua	7	7	7	7	7

**Tiempo de cocción óptimo y pérdidas por cocción.** Ambas determinaciones se realizaron siguiendo el método 66-50.01 propuesto por la AACC (2000).

**Color.** El color de la pasta fue medido usando un colorímetro (Hunterlab, modelo ColorFlex EZ), de acuerdo con el sistema CIE  $L^*a^*b^*$ ; donde la  $L^*$  representa la luminosidad en una escala de 0 a 100, de negro a blanco;  $a^*$  indica (+) rojo o (-) verde; y  $b^*$  indica (+) amarillo o (-) azul. Todas las lecturas se realizaron por triplicado y los datos se reportaron como un promedio de los valores de las tres medidas.

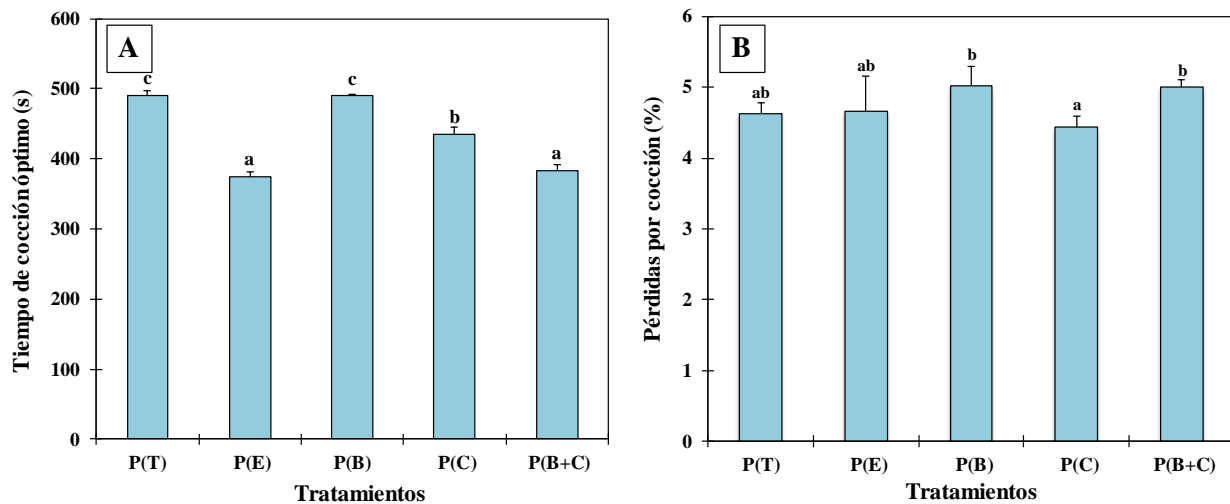
**Compuestos fenólicos totales.** La determinación de compuestos fenólicos totales de las muestras se realizó a través de la metodología propuesta por Singleton *et al.* (1999). Los valores de absorbancia fueron leídos a 765 nm y el contenido fenólico total de las muestras se reportó en mg equivalentes de ácido gálico por gramo de peso seco (mg EAG/g P.S.).

**Flavonoides totales.** La determinación del contenido de flavonoides totales en las muestras se llevó a cabo siguiendo el método de Khanam *et al.* (2012), leyendo los valores de absorbancia a una longitud de onda de 415 nm. Los resultados se reportaron como mg equivalentes de quercetina por gramo de peso seco (mg EQ/g P.S.).

**Análisis estadístico.** El análisis estadístico se realizó mediante del análisis de varianza (ANOVA) con un análisis *post-hoc* de Tukey. Para determinar diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las formulaciones, los datos experimentales se analizaron en el programa estadístico Statgraphics versión 16.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

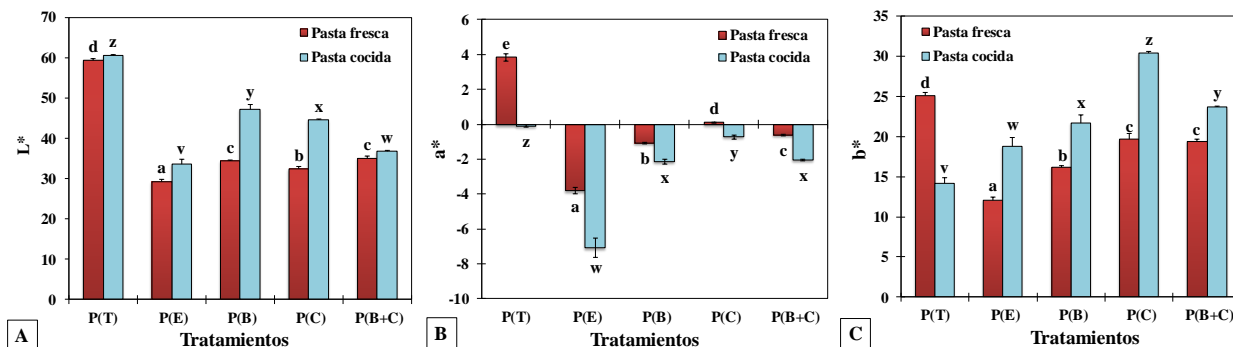
La Fig. 1A muestra el efecto de la adición de harina de hojas de brócoli y coliflor en el tiempo óptimo de cocción en pasta fresca verde. Las pastas elaboradas con 100% trigo P(T) y con espinaca P(E) presentaron un tiempo de cocción óptimo de  $491.2 \pm 6.6$  y  $375.2 \pm 6.35$  s, respectivamente. Los tiempos óptimos de cocción de las pastas enriquecidas con hojas de brócoli y coliflor oscilaron entre los valores obtenidos para P(T) y P(E). Por lo tanto, la sustitución de harina de trigo por harina de hojas de brócoli y coliflor no afectaron este parámetro. Boroski *et al.* (2010) reportaron tiempos de cocción de 453 a 570 s en una pasta de trigo enriquecida con hojas de orégano y zanahoria, mientras que Marinelli *et al.* (2015) obtuvieron tiempos de cocción de 600 s para pasta enriquecida con orujo de uva.



**Figura 1.** Efecto de la adición de harina de hojas de brócoli y coliflor en el tiempo de cocción óptimo (A) y pérdidas por cocción (B) en pasta fresca verde. Los superíndices a, b y c muestran grupos homogéneos establecidos a partir de los intervalos de Tukey ( $p < 0.05$ ).

La Fig. 1B muestra el efecto de la adición de harina de hojas de brócoli y coliflor en el porcentaje de pérdidas por cocción en pasta fresca verde. Las pastas P(T) y P(E) presentaron un porcentaje de pérdidas por cocción de  $4.62 \pm 0.15$  y  $4.65 \pm 0.49\%$ , respectivamente. En este parámetro, la adición de harina de hojas de brócoli y coliflor, y su combinación, no afectó significativamente ( $p < 0.05$ ) en el porcentaje de pérdidas por cocción del producto final. Los valores de pérdidas por cocción obtenidos en esta investigación son inferiores a los obtenidos por Boroski *et al.* (2010) para una pasta enriquecida con hojas de orégano y zanahoria, los cuales oscilan de un 4.48 a 8.35%. Elizalde (2010) reporta que el porcentaje de pérdidas por cocción en una pasta de calidad debe ser inferior al 9%, ya que esto indica que se mantiene la estructura y las propiedades físicas de la pasta. Por lo tanto, la adición de harina de hoja de brócoli y coliflor no afectaron la calidad física del producto final.

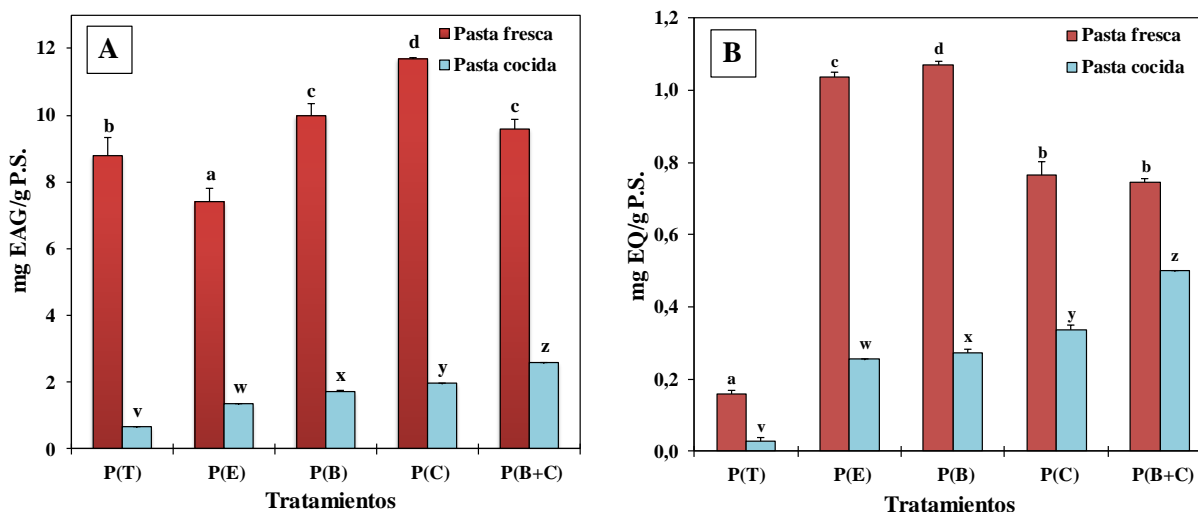
La Fig. 2 muestra el efecto de la cocción y la adición de harina de hojas de brócoli y coliflor en las coordenadas cromáticas en el sistema CIE  $L^*a^*b^*$ . Respecto a la luminosidad en pasta fresca (Figura 2A), la adición de harina de trigo por harinas de hoja de espinaca, brócoli y coliflor provocaron un oscurecimiento del producto. Sin embargo, la pasta P(E) fue la que presentó valores más bajos de luminosidad en comparación con P(T), de  $33.59 \pm 1.23$  y  $60.64 \pm 0.14$ , respectivamente. Por otro lado, la cocción produjo en todas las muestras un aumento en la luminosidad. Esto puede ser atribuido al hecho de que durante el proceso de cocción se pueden perder pigmentos de las hojas de espinaca, coliflor y brócoli. Con respecto a la coordenada cromática  $a^*$  (Figura 2B), la incorporación de las hojas de espinaca, brócoli y coliflor incrementó la tonalidad verde (-) del producto final. Esta tendencia fue más pronunciada en aquellas pastas a las que se les incorporó espinaca, es decir, P(E) con respecto a P(B), P(C) y P(B+C). Por otro lado, el proceso de cocción contribuyó a que la tonalidad verde fuera más intensa en todas las pastas que fueron enriquecidas con harinas de hojas. Finalmente, en la coordenada cromática  $b^*$  (Figura 2C), la incorporación de harinas de hojas disminuyó la tonalidad amarilla (+) del producto final. Sin embargo, el proceso de cocción contribuyó al incremento de este color. Este efecto podría ser atribuido a la pérdida de pigmentos presentes en la pasta verde durante la cocción del producto. Los valores obtenidos en las coordenadas cromáticas obtenidas para la pasta P(B) muestran congruencia con los reportados por Cemin *et al.* (2014), quienes elaboraron pasta sustituyendo harina de trigo por harina de hojas de brócoli en un 20%.



**Figura 2.** Efecto de la adición de harina de hojas de brócoli y coliflor en las coordenadas cromáticas L\* (A), a\* (B) y b\* (C) en pasta fresca verde. Los superíndices (a, b, c, d, e) y (v, w, x, y, z) muestran grupos homogéneos establecidos a partir de los intervalos de Tukey ( $p < 0.05$ ).

La Fig. 3A muestra el efecto de la cocción y la adición de harinas de hoja de brócoli y coliflor en la concentración de fenoles totales (mg EAG/g P.S.) en pasta fresca verde. Respecto a las pastas frescas, el producto elaborado con 100% trigo P(T) y con espinaca P(E) presentaron una concentración de fenoles totales de  $8.77 \pm 0.55$  y  $7.42 \pm 0.37$  mg EAG/g P.S, respectivamente. Como puede observarse en la Fig. 3A, la adición de harina de hojas de coliflor incrementó de manera significativa ( $p < 0.05$ ) la concentración de fenoles totales ( $11.66 \pm 0.05$  mg EAG/g P.S) con respecto a las otras pastas estudiadas. Por otro lado, el proceso de cocción disminuyó drásticamente la concentración de compuestos fenólicos totales en el producto. Sin embargo, la pasta P(B+C), fue la que presentó mayor concentración de fenoles totales ( $2.58 \pm 0.01$  mg EAG/g P.S) al finalizar el proceso de cocción en comparación con P(T) y P(E) ( $0.65 \pm 0.01$  y  $1.36 \pm 0.01$  mg EAG/g P.S, respectivamente).

La Fig. 3B muestra el efecto de la cocción y la adición de harinas de hoja de brócoli y coliflor en la concentración de flavonoides totales (mg EQ/g P.S.) en pasta fresca verde. En el caso de las pastas frescas, P(T) y P(E) presentaron una concentración de flavonoides totales de  $0.158 \pm 0.009$  y  $1.035 \pm 0.013$  mg EQ/g P.S, respectivamente. La adición de harina de hojas de brócoli aumentó significativamente ( $p < 0.05$ ) la concentración de flavonoides totales ( $1.071 \pm 0.007$  mg EQ/g P.S) con respecto a las otras pastas estudiadas. De igual forma que en los compuestos fenólicos totales, el proceso de cocción disminuyó la concentración de flavonoides totales en el producto. Sin embargo, la pasta P(B+C), fue la que presentó mayor concentración de flavonoides totales ( $0.499 \pm 0.002$  mg EQ/g P.S) al finalizar el proceso de cocción en comparación con P(T) y P(E) ( $0.026 \pm 0.11$  y  $0.255 \pm 0.001$  mg EQ/g P.S, respectivamente).



**Figura 3.** Efecto de la adición de harina de hojas de brócoli y coliflor en la concentración de compuestos fenólicos totales (A) y flavonoides totales (B) en pasta fresca verde. Los superíndices (a, b, c, d) y (v, w, x, y, z) muestran grupos homogéneos establecidos a partir de los intervalos de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Marinelli *et al.* (2015) reportan un incremento en la concentración de fenoles y flavonoides totales al enriquecer pasta fresca con orujo de uva. En el caso de fenoles totales, estos incrementos van de aproximadamente 6 a 7 mg EAG/g P.S, mientras que en flavonoides totales el aumento va de 0.25 a 0.60 mg EQ/g P.S. Respecto al efecto de la cocción en la concentración de compuestos bioactivos, Sharma y Gujral (2011) afirman que tanto los fenoles y flavonoides son compuestos sensibles al calor, lo cual provoca su degradación durante el proceso de cocción. Boroski *et al.* (2011) reportan concentraciones de 1.20 a 2.83 mg EAG/g P.S en pasta cocida enriquecida con hojas de orégano y zanahoria.

## CONCLUSIÓN

Con base a los resultados obtenidos en esta investigación, la incorporación del 5.30% de harinas de hojas externas de brócoli y coliflor representa una interesante alternativa para la elaboración de pasta verde con características físicas similares a la pasta de espinaca. Además, la incorporación de ambas harinas en la formulación parece tener un efecto sinérgico que contribuye a incrementar su contenido en compuestos bioactivos después de la cocción, en comparación con las pastas elaboradas con 100% trigo y la de espinaca. Sin embargo, futuras investigaciones deben centrarse en evaluar el efecto de la incorporación de estos subproductos en la calidad sensorial del producto final.

## BIBLIOGRAFÍA

AACC International. Approved methods of the american association of cereal chemists. 2000. 8th Edition. Method 66-50.01 Pasta Cooking Quality-Firmness. AACC International. St Paul, MN, USA.

Boroski, M., de Aguiar, A. C., Boeing, J. S., Rotta, E. M., Wibby, C. L., Bonafé, E. G., ... & Visentainer, J. V. (2011). Enhancement of pasta antioxidant activity with oregano and carrot leaf. *Food Chemistry*, 125(2), 696-700.

Cemin, R. P., Rios, A. O., Thys, R. C. S., Flôres, S., & Rech, R. (2014). Use of broccoli (*Brassica oleracea italica*) leaves powder to produce fresh pasta. In 20th Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 19 a 22 de outubro de 2014. Florinópolis/SC (pp. 1-8).

Codex Alimentarius, (2017). Norma del codex para harina de trigo. Recuperado de <[http://www.fao.org/input/download/standards/50/CXS\\_152s.pdf](http://www.fao.org/input/download/standards/50/CXS_152s.pdf)>. Fecha de consulta: 15 de abril de 2018.

- Elizalde, A. D. D. (2010). Elaboración de pastas alimenticias enriquecidas a partir de harina de quinua (*Chenopodium quinoa* wild.) y zanahoria (*Daucus carota*). *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 8(1), 43-53.
- Fodor, M., Woller, A., Turza, S., & Szigedi, T. (2011). Development of a rapid, non-destructive method for egg content determination in dry pasta using FT-NIR technique. *Journal of Food Engineering*, 107(2), 195-199.
- Gutiérrez-Robles, M. E., Franco-Ramírez, A. C., Cerón-García, A., Abraham-Juárez, M. R., & Ozuna, C. (2017). Extracción de compuestos bioactivos a partir de subproductos vegetales del sector agroalimentario del Estado de Guanajuato. *Jóvenes en la Ciencia*, 2(1), 1334-1339.
- Hwang, J. H., & Lim, S. B. (2015). Antioxidant and anticancer activities of broccoli by-products from different cultivars and maturity stages at harvest. *Preventive Nutrition and Food Science*, 20(1), 8-14.
- Khanam, U. K. S., Oba, S., Yanase, E., & Murakami, Y. (2012). Phenolic acids, flavonoids and total antioxidant capacity of selected leafy vegetables. *Journal of Functional Foods*, 4(4), 979-987.
- Lemes, A. C., Takeuchi, K. P., Carvalho, J. C. M. D., & Danesi, E. D. G. (2012). Fresh pasta production enriched with *Spirulina platensis* biomass. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55(5), 741-750.
- Marinelli, V., Padalino, L., Nardiello, D., Del Nobile, M. A., & Conte, A. (2015). New approach to enrich pasta with polyphenols from grape marc. *Journal of Chemistry*, 2015, 1-9.
- Murugan, S. B., Deepika, R., Reshma, A., Ashwini, M., & Sathishkumar, R. (2014). Assessment of free radical scavenging activities of leaves and stem fractions of green leafy vegetables. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 8(45), 1138-1145.
- Organización Internacional de la Pasta. (2012). Consumo de pastas alimenticias en el mundo. Recuperado de <<http://www.internationalpasta.org/index.aspx?idsub=31>>. Fecha de consulta : 15 de abril de 2018.
- Pasqualone, A., Gambacorta, G., Summo, C., Caponio, F., Di Miceli, G., Flagella, Z., ... & Lenucci, M. S. (2016). Functional, textural and sensory properties of dry pasta supplemented with lyophilized tomato matrix or with durum wheat bran extracts produced by supercritical carbon dioxide or ultrasound. *Food Chemistry*, 213, 545-553.
- Quiñones, M., Miguel, M., & Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*, 27(1), 76-89.
- Saval, S. (2012). Aprovechamiento de residuos agroindustriales: pasado, presente y futuro. *BioTecnología*, 16(2), 14-46.
- Sharma, P., & Gujral, H. S. (2011). Effect of sand roasting and microwave cooking on antioxidant activity of barley. *Food Research International*, 44(1), 235-240.
- Shyam, A. G., Mishra, V., Vaidya, D., & Sharma, A. (2017). Effect of spinach and chickpea flour fortification on cooking, functional and textural properties of wheat pasta. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 21(2), 81-85.
- SIAP, Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera. (2017). Recuperado de <<https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>>. Fecha de consulta : 15 de abril de 2018.
- Sicignano, A., Di Monaco, R., Masi, P., & Cavella, S. (2015). From raw material to dish: pasta quality step by step. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(13), 2579-2587.
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in enzymology*, 299, 152-178.