

## Elaboración y caracterización de una pasta tipo espagueti con base en semolina-chayotextle como alternativa nutricional

S.M. Chavarría-Fernández<sup>1</sup>, J.P. Hernández-Uribe<sup>1</sup>, H.M. Palma-Rodríguez<sup>1</sup>, J. Meza Rangel<sup>1</sup>, J. De J. Berríos<sup>2</sup>, A. Vargas-Torres.<sup>1</sup>

1 Maestría en Ciencia de los alimentos, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México. 2 Healthy Processed Food Research Unit, Agricultural Research Service (ARS), United States Department of Agriculture (USDA), Albany, California, USA. [madaichavarría@hotmail.com](mailto:madaichavarría@hotmail.com)

**RESUMEN:** La pasta es un alimento altamente consumido, es elaborada de manera tradicional con semolina y presenta un bajo contenido de grasa, fibra y vitaminas, por lo cual la adición de materias primas de fuentes no convencionales puede mejorar la calidad nutricional y funcional, logrando impactar la salud del consumidor. El objetivo de este trabajo fue elaborar pasta espagueti con alto contenido de carbohidratos no digeribles, por extrusión, utilizando como materia prima semolina y harinas de chayotextle. Se elaboraron espaguetis a base de semolina-chayotextle con las siguientes proporciones: 100:0, 90:10, 82.5:17.5, 75:25, 67.5:32.5, y 60:40. Esta sustitución fue la misma para los espaguetis elaborados con harina de chayotextle modificada por tratamiento calor-humedad. Los espaguetis fueron evaluados por su composición química, pruebas de calidad y textura. El contenido de proteína y lípidos mejoró después del proceso de extrusión, el contenido de ceniza fue mayor en espaguetis que en el control. El tiempo de cocción fue de 7 minutos, las pérdidas por cocción incrementaron conforme aumentó el grado de sustitución y la firmeza disminuyó significativamente ( $p < 0.05$ ) en espaguetis con un 40% de sustitución con respecto al control.

**Palabras clave:** Calidad nutricional, pasta, pruebas de calidad.

**ABSTRACT:** Pasta is a highly consumed food, is traditionally made with semolina and has a low content of fat, fiber and vitamins, for this reason, the addition of raw materials from unconventional sources can improve the nutritional and functional quality, achieving an impact on the consumer health. The purpose of this work was to prepare spaghetti pasta with a high content of non-digestible carbohydrates, by extrusion, using as semolina raw material and chayotextle flours. Spaghetti based on semolina-chayotextle was elaborated with the following proportions: 100: 0, 90:10, 82.5: 17.5, 75:25, 67.5: 32.5, and 60:40, respectively. This substitution was the same for spaghetti elaborated with chayotextle flour modified by heat-moisture treatment. The spaghettis were evaluated for their chemical composition, quality and texture tests. The content of protein and lipids improved after the extrusion process, the ash content was higher in spaghetti than in the control. The cooking time was 7 minutes, the cooking losses increased as the degree of substitution increased and the firmness decreased significantly ( $p < 0.05$ ) in spaghetti with 40% substitution with respect to the control.

**Keywords:** Nutritional quality, pasta, quality tests.

**Área:** Alimentos funcionales

### INTRODUCCIÓN

En México y el mundo el consumo de productos tipo pasta es muy alto debido al fácil acceso que se tiene en los mercados locales, tiendas, a su bajo costo, su facilidad de preparación y almacenamiento. Las pastas tradicionales son elaboradas a base de sémola o semolina y se entienden como el producto obtenido por el amasado mecánico de estas harinas o cualquier combinación procedentes de trigos con agua y otros ingredientes opcionales, moldeado, laminado o extruido y sometido o no a un proceso térmico de desecación, según la Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008. Algunos ingredientes opcionales pueden ser vegetales, hierbas y pueden mejorar la apariencia, el sabor y la aceptabilidad del producto, así como la composición nutricional (Hernández *et al.*, 2009).

El Chayotextle (*Sechium edule Sw.*) una fuente poco estudiada, es una raíz tuberizada cultivado en áreas húmedas y templadas desde tiempos precolombinos como parte de la dieta de los pueblos indígenas. Funge como órgano de almacenamiento de la planta, es una fuente rica de agua, carbohidratos, proteínas, calcio, fosforo, hierro, vitaminas (A, B, C), y almidón, este último lo vuelve un alimento idóneo para la producción de productos alimenticios como la pasta (Cruz *et al.*, 2016).

La existencia de una relación directa entre los alimentos que se ingieren y la salud es una verdad conocida por siglos (OMS, 2017). Una tendencia para combatir la problemática en salud es consumir alimentos capaces de contribuir en la prevención y/o tratamiento de algunas enfermedades. Una alternativa es la incorporación de carbohidratos no digeribles o de lenta digestión (Wolever, 2003) obtenidos en forma nativa o a partir de la modificación física, química o enzimática de almidones de cereales, tubérculos, leguminosas u otras fuentes. (Zavareze & Guerra, 2011). Este tipo de carbohidratos están provocando un interés en la industria de los alimentos, por tener un efecto directo en la prevención de cáncer de colon, efecto en la disminución a la respuesta glucémica en diabetes y en enfermedades cardiovasculares según datos reportados por Golay *et al.*, (1992). Es por eso que el objetivo de este trabajo fue elaborar una pasta tipo espagueti que fuera funcional con alto contenido de carbohidratos no digeribles, mediante un proceso de extrusión, utilizando como materia prima semolina y harinas del tubérculo de Chayotextle.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material

En este proyecto se utilizó Chayotextle (*Sechium edule Sw.*) el cual se compró a productores locales del municipio de Acaxochitlan, Hidalgo, México, y semolina de trigo durum comercial, (Whole Foods Market, California EE. UU.).

### Métodos

#### Obtención y modificación de la harina de Chayotextle

La obtención se realizó siguiendo la metodología de Hernández *et al.*, 2011. Las harinas se almacenaron en bolsas herméticas. La modificación física de la harina de Chayotextle (*Sechium edule Sw.*) se realizó mediante un tratamiento hidrotérmico por calor-humedad en horno (Barnstead International, Dubuque, USA) utilizando el método reportado por Sair (1964) (citado en: Hoover y Vasanthan, 1994), con algunas modificaciones; 30% de humedad final se utilizaron tres ciclos simultáneos: 24 horas en horno a 100 °C seguidas de 24 horas en refrigeración a 4 °C.

#### Elaboración de la pasta

Se prepararon un control a base de semolina de trigo durum al 100% y espaguetis experimentales con diferentes concentraciones de sustitución con las harinas de chayotextle tanto nativa como modificada (Tabla I). Los espaguetis se procesaron en un extrusor a escala comercial (Standard Industries Fargo; US). Posteriormente se cortaron en tiras de 60 cm para su secado.

Formulación	SE (%)	CHNMD(%)	CHMD (%)
<b>CtF</b>	100	0	0
<b>F1</b>	90	10	0
<b>F2</b>	82.5	17.5	0
<b>F3</b>	75	25	0
<b>F4</b>	67.5	32.5	0
<b>F5</b>	60	40	0
<b>F6</b>	90	0	10
<b>F7</b>	82.5	0	17.5
<b>F8</b>	75	0	25

<b>F9</b>	67.5	0	32.5
<b>F10</b>	60	0	40
<b>SE: semolina, CHNMD: harina de chayotextle no modificada (nativa), CHMD: harina de chayotextle modificada</b>			

### Secado de la pasta

El secado de los espaguetis se realizó utilizando un secador escala planta-piloto (Standard Industries, Fargo, ND, US) y el programa SuperView: Overview, en el que se manejaron las condiciones de secado reportadas por Hernández Nava *et al.*, (2009): un ciclo de secado de 19 horas, las temperaturas de secado de inicio fueron de 35 a 55 °C durante la primera hora y se mantuvo con esta última las siguientes 10 horas, después se disminuyó a 45 °C durante las 8 horas restantes. La humedad relativa de la cámara fue de 95% al inicio y disminuyó a 40% al final del ciclo.

### Composición química proximal

El contenido de humedad fue determinado por el secado de 2 gramos de la muestra a 130 °C por 1 hora siguiendo el método de la AACC 44-15. Contenido de grasa, proteína y cenizas por los métodos 30-25, 46-30, 08-01 respectivamente.

### Almidón Resistente en harinas

El contenido de almidón resistente en los espaguetis se determinó por el método 32-40.01 de la AACC, utilizando el kit enzimático de megazyme.

### Pruebas de cocción

El tiempo de cocción y pérdidas por cocción de los espaguetis fue determinado por el método 66-50 de la AACC (AACC, 2000) utilizando 25 gramos de cada muestra por triplicado. Para el peso de cocción se drenó el agua de cocción, se agregaron 50 mL más de agua destilada a temperatura ambiente, se escurrió por 2 minutos y se registró inmediatamente el peso en gramos.

### Firmeza

La firmeza de los espaguetis se determinó siguiendo el método de la AACC 66-50 utilizando un equipo texturómetro TA-XT plus 100 (Texture Technology Corporation, US) equipado con una cuchilla de acrílico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Composición química proximal

El contenido de humedad se ajustó a valores cercanos a 7% de humedad tanto en formulaciones como en espaguetis. Los análisis químicos proximales de las formulaciones se muestran en la tabla II, en el caso de la proteína, el control presenta diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con respecto a las pastas adicionadas con harinas nativas y modificadas de chayotextle, observando una disminución en el contenido de proteína con el incremento de harina de chayotextle. El contenido de grasas fue menor en las mezclas F5 y F10 lo cual es debido a la composición química de las harinas nativas y modificadas de chayotextle, las cuales mostraron valores de grasa de 0.39% y 0.18% respectivamente. Sin embargo, el contenido de cenizas es mayor en las formulaciones con un 40% de harinas nativas y modificadas, lo cual le atribuye un mejor perfil de micronutrientes con respecto a las pastas elaboradas únicamente con semolina. Este comportamiento puede ser debido al alto contenido de vitaminas y minerales en el tubérculo de chayotextle (Jiménez *et al.*, 2007).

**Tabla II.** Composición nutricional de las formulaciones a base de semolina y harinas de chayotextle.

Formulación	Proteína (%)	Grasa (%)	Humedad (%)	Cenizas (%)
CtlF	15.46 ± 0.37 <sup>a</sup>	1.16 ± 0.03 <sup>a</sup>	6.45 ± 0.28 <sup>c</sup>	0.98 ± 0.00 <sup>i</sup>
F1	14.84 ± 0.03 <sup>b,c</sup>	1.18 ± 0.00 <sup>a</sup>	7.30 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.29 ± 0.01 <sup>h</sup>
F2	14.22 ± 0.06 <sup>d</sup>	0.96 ± 0.00 <sup>d,e</sup>	7.00 ± 0.18 <sup>a,b</sup>	1.49 ± 0.02 <sup>g</sup>
F3	13.50 ± 0.04 <sup>e,f</sup>	0.89 ± 0.02 <sup>e,f</sup>	6.76 ± 0.03 <sup>b,c</sup>	1.63 ± 0.02 <sup>f</sup>
F4	12.82 ± 0.02 <sup>g</sup>	0.96 ± 0.00 <sup>d,e</sup>	7.00 ± 0.13 <sup>a,b</sup>	1.83 ± 0.01 <sup>d</sup>
F5	12.27 ± 0.05 <sup>h</sup>	0.89 ± 0.02 <sup>e,f</sup>	6.80 ± 0.11 <sup>a,b,c</sup>	1.99 ± 0.02 <sup>b</sup>
F6	14.99 ± 0.06 <sup>b</sup>	1.13 ± 0.06 <sup>a,b</sup>	6.89 ± 0.00 <sup>a,b,c</sup>	1.29 ± 0.02 <sup>h</sup>
F7	14.46 ± 0.04 <sup>c,d</sup>	1.07 ± 0.00 <sup>b,c</sup>	6.82 ± 0.20 <sup>a,b,c</sup>	1.53 ± 0.00 <sup>g</sup>
F8	13.69 ± 0.15 <sup>e</sup>	1.01 ± 0.03 <sup>c,d</sup>	6.82 ± 0.09 <sup>a,b,c</sup>	1.72 ± 0.00 <sup>e</sup>
F9	13.21 ± 0.06 <sup>f</sup>	0.89 ± 0.02 <sup>e,f</sup>	7.00 ± 0.01 <sup>a,b</sup>	1.91 ± 0.00 <sup>c</sup>
F10	12.50 ± 0.11 <sup>g,h</sup>	0.83 ± 0.00 <sup>f</sup>	7.27 ± 0.07 <sup>a,b</sup>	2.07 ± 0.00 <sup>a</sup>

<sup>a-h</sup> Diferentes letras en la misma columna muestran diferencias estadísticas (p<0.05)  
 CtlF: Control de la formulación (100% semolina)

En la tabla III se presentan los resultados del análisis químico proximal en los espaguetis elaborados con las diferentes formulaciones (mezclas) mostradas en la tabla I. Se pudo observar el mismo comportamiento de disminución para el contenido de proteína y grasas conforme aumentó la sustitución de semolina con las harinas de chayotextle, siendo el control significativamente diferente (p<0.05). El contenido de proteína fue de 15.77% en el control, estos datos son mayores a los reportados por Hernández *et al.*, (2009) con un 11.25%, esta diferencia puede deberse al uso de semolina de diferentes marcas comerciales o lotes procedentes de diferentes tipos de cultivos. Con respecto a los valores en cenizas, se observó el mismo comportamiento que en las mezclas de harinas antes del proceso de obtención del espagueti. Así como también una ligera reducción en los valores de estos.

**Tabla III.** Composición química proximal de los espaguetis elaborados con harinas de chayotextle y semolina.

Tipo de espagueti	Proteína (%)	Grasa (%)	Humedad (%)	Cenizas (%)
CtlS	15.77 ± 0.10 <sup>a</sup>	0.63 ± 0.01 <sup>a</sup>	7.44 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.93 ± 0.02 <sup>g</sup>
S1	15.13 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.43 ± 0.02 <sup>f</sup>	6.82 ± 0.13 <sup>c</sup>	1.13 ± 0.01 <sup>f</sup>
S2	14.33 ± 0.03 <sup>c</sup>	0.48 ± 0.00 <sup>d,e,f</sup>	7.30 ± 0.09 <sup>a,b</sup>	1.38 ± 0.01 <sup>e</sup>
S3	13.40 ± 0.04 <sup>e</sup>	0.50 ± 0.01 <sup>d,e</sup>	7.38 ± 0.26 <sup>a,b</sup>	1.57 ± 0.05 <sup>d</sup>
S4	12.76 ± 0.06 <sup>f</sup>	0.58 ± 0.01 <sup>a,b,c</sup>	7.14 ± 0.06 <sup>a,b,c</sup>	1.78 ± 0.00 <sup>c</sup>
S5	12.40 ± 0.02 <sup>g</sup>	0.60 ± 0.03 <sup>a,b</sup>	7.35 ± 0.00 <sup>a,b</sup>	1.88 ± 0.00 <sup>b</sup>
S6	15.049 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.49 ± 0.01 <sup>d,e</sup>	7.41 ± 0.08 <sup>a,b</sup>	1.14 ± 0.00 <sup>f</sup>
S7	14.37 ± 0.15 <sup>c</sup>	0.48 ± 0.02 <sup>e,f</sup>	7.26 ± 0.07 <sup>a,b,c</sup>	1.39 ± 0.04 <sup>e</sup>
S8	13.64 ± 0.05 <sup>d</sup>	0.59 ± 0.03 <sup>a,b</sup>	7.13 ± 0.10 <sup>a,b,c</sup>	1.58 ± 0.01 <sup>d</sup>
S9	13.43 ± 0.09 <sup>e</sup>	0.54 ± 0.02 <sup>c,d</sup>	6.95 ± 0.21 <sup>b,c</sup>	1.82 ± 0.00 <sup>b,c</sup>
S10	12.66 ± 0.00 <sup>f</sup>	0.57 ± 0.02 <sup>b,c</sup>	7.08 ± 0.01 <sup>a,b,c</sup>	2.06 ± 0.02 <sup>a</sup>

<sup>a-g</sup> Diferentes letras en la misma columna muestran diferencias estadísticas (p<0.05)  
 CtlS: control de espagueti (100% semolina)

### Pruebas de cocción

En la evaluación de la calidad de una pasta, uno de los atributos más importantes son las propiedades de cocción, dentro de las cuales se encuentran tiempo óptimo de cocción, pérdidas por cocción y textura del producto. Los resultados obtenidos para estos parámetros se muestran en la tabla IV. El tiempo de cocción se determinó en el punto al cual desapareció la parte blanca del centro de la pasta,

siendo el tiempo óptimo de cocción los 7 minutos, tanto para el control como para los espaguetis. Por otro lado, las pérdidas por cocción en las pastas están relacionadas con la cantidad de compuestos presentes como carbohidratos, proteínas y minerales, que pasan al agua de cocción y que se considera un indicativo de mala calidad cuando el porcentaje de pérdida supera los 12% de la materia seca (Granito et al., 2014, Gallegos *et al.*, 2010). En el caso de los espaguetis elaborados con CHNMD y CHMD las pérdidas mayores fueron de 6.52% y 7.69 %, respectivamente. En los espaguetis con el mayor porcentaje de sustitución S5 y S10 mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) con respecto al control a base de semolina. Esto está relacionada a la capacidad que tienen las proteínas que conforman el gluten presente en la semolina para mantener la estructura compacta entre los componentes de la pasta a diferencia de las harinas de chayotextle que carecen de estas proteínas, es decir que a mayor grado de sustitución mayores las pérdidas, debido a la lixiviación de sólidos de la pasta en el agua de cocción por debilitamiento en la estructura general de los espaguetis (Gallegos *et al.*, 2010).

Para el peso por cocción se observa un mayor aumento en los espaguetis al S4 con un 32.5% de sustitución con CHNMD esto puede deberse al alto contenido de almidón (60%) presente en las harinas de chayotextle y a su afinidad para absorber agua (Hernández et al., 2011).

En el caso de la firmeza los valores disminuyen con respecto al control. Los resultados obtenidos son mayores a los reportados por Hernández *et al.*, (2009) para el caso del control a base de semolina que fue de 0.072 N/cm. Esto puede ser debido a que la concentración de proteína disminuye, provocando una pérdida de firmeza en la estructura integral del espagueti.

**Tabla IV.** Propiedades de cocción y textura de los espaguetis elaborados con harinas de chayotextle y semolina.

Tipo de espagueti	Perdida por cocción (%)	Peso por cocción(g)	Firmeza (N/cm)
<b>CtlS</b>	4.62 ± 0.25 <sup>f</sup>	66.37 ± 1.72 <sup>b,c</sup>	0.18 ± 0.00 <sup>a</sup>
<b>S1</b>	4.70 ± 0.30 <sup>f</sup>	67.30 ± 2.93 <sup>b</sup>	0.16 ± 0.00 <sup>b</sup>
<b>S2</b>	5.10 ± 0.25 <sup>e,f</sup>	66.00 ± 1.87 <sup>b,c</sup>	0.15 ± 0.00 <sup>b</sup>
<b>S3</b>	5.61 ± 0.18 <sup>d,e</sup>	67.49 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.13 ± 0.00 <sup>c</sup>
<b>S4</b>	6.20 ± 0.31 <sup>c,d</sup>	74.03 ± 2.00 <sup>a</sup>	0.12 ± 0.00 <sup>d,e</sup>
<b>S5</b>	6.52 ± 0.27 <sup>b,c</sup>	72.71 ± 1.11 <sup>a</sup>	0.11 ± 0.00 <sup>e</sup>
<b>S6</b>	4.80 ± 0.23 <sup>f</sup>	63.91 ± 2.30 <sup>b,c</sup>	0.15 ± 0.01 <sup>b</sup>
<b>S7</b>	5.39 ± 0.31 <sup>e,f</sup>	62.14 ± 1.11 <sup>c</sup>	0.15 ± 0.00 <sup>b</sup>
<b>S8</b>	6.51 ± 0.47 <sup>b,c</sup>	65.14 ± 1.57 <sup>b,c</sup>	0.13 ± 0.00 <sup>c,d</sup>
<b>S9</b>	7.21 ± 0.07 <sup>a,b</sup>	64.63 ± 0.57 <sup>b,c</sup>	0.12 ± 0.00 <sup>d,e</sup>
<b>S10</b>	7.69 ± 0.03 <sup>a</sup>	66.54 ± 1.66 <sup>b,c</sup>	0.12 ± 0.00 <sup>d,e</sup>

<sup>a-f</sup> Diferentes letras en la misma columna muestran diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ )

## BIBLIOGRAFÍA

- AACC American Association of Cereal Chemists. 2000 Approved Method of the AACC. 10th Ed. The American Association of Cereal Chemists. St Paul, Mn. E.E.U.U.
- Cruz V., R., Hernández U., J.P. & Güemes V., N. 2016. Caracterización físico-química de botanas horneadas por radiación de microondas a partir de harinas de chayotextle (*Sechium edule*) y papa dulce (*Ipomoea batatas*). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 658-662.
- Gallegos I., J. A., Rocha G., N. E., Gonzalez L., R. F., Ochoa M., L. A., Corzo N., Bello P., L. A., Medina T., L. & Peralta A., L. E. 2010. Quality of spaghetti pasta containing Mexican common bean flour (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry*, 119(4), 1544-1549.
- Golay, A., Koellreutter, B., Bloise, D., Assal, J.P. & Würsch, P.1992. The effect of muesli or cornflakes at breakfast on carbohydrate metabolism in type 2 diabetic patients. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 15, 135-142
- Granito, M., Pérez, S. & Valero, Y. 2014. Calidad de cocción, aceptabilidad e índice glicémico de pasta larga enriquecida con leguminosas. *Revista Chilena de Nutrición*, 41 (4), 425-432.

- Hernandez N., R.G., Berrios, J. de J., Pan, J., Osorio D., P. y Bello P., L. A. 2009. Development and characterization of spaghetti with high resistant starch content supplemented with Banana Starch. *Food science and technology international*, 15, 73-78.
- Hoover, R., & Vasanthan, T. 1994. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of cereal, legume, and tuber starches. *Carbohydrate Research*, 252, 33-53.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008. 2008 Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Recuperado de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5100356&fecha=27/07/2009](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5100356&fecha=27/07/2009)
- Organización Mundial de la Salud. (2017). Enfermedades no transmisibles. Recuperado de <https://www.who.int/es>
- Ramírez R, K. 2012. Caracterización de almidón modificado de Chayotextle (*Sechium edule* Sw): formación de complejos amilosa-lípidos. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.
- Wolever T., M. 2003. Carbohydrate and the regulation of blood glucose and metabolism. *Nutritional Review*, 61, S40-S48.
- Jiménez H., J., Salazar M., J. A., & Ramos R., E. G. 2007. Physical, chemical and microscopic characterization of a new starch from chayote (*Sechium edule*) tuber and its comparison with potato and maize starches. *Carbohydrate polymers*, 68(4), 679-686.