

Preparación y caracterización química y nutricional de la proteína foliar de la chaya (*cnidoscolus aconitifolius*)

Lucía Spell¹ & Dr. Ricardo Bressani²

luciaspell@gmail.com

¹Ingeniería en Ciencias de los Alimentos, Departamento de Ingeniería en Alimentos, Facultad de Ingeniería.

²Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos (CECTA), Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala

RESUMEN: Para la elaboración del estudio se evaluaron las hojas de dos variedades de chaya (estrella y mansa) y se emplearon dos métodos para la obtención de los extractos proteicos uno de la licuadora y el otro del extractor. De la hoja entera se encontró que la variedad de mayor contenido proteico fue la estrella con 5.79 ± 0.27 %. La mansa contenía 4.83 ± 0.66 % de proteína. Al realizar los extractores foliares, el rendimiento de extracción de proteína durante el proceso reveló que a través del empleo del método de licuado se obtenía una mayor eficiencia en la extracción. Por licuado con la variedad mansa se obtuvo un rendimiento de 35.6 ± 0.59 y en estrella 31.6 ± 7.6 %, mientras que por extractor en mansa el rendimiento fue de 28.8 ± 8.7 % y con estrella de 27.4 ± 8.3 %. Sin embargo, se consideró que la implementación del método de licuado representa complicaciones como extractos con un contenido de agua muy elevado. Por eso el método seleccionado fue por consiguiente con el producto del extractor. El punto isoeléctrico de la proteína de dos extractos fue de 3 y 3.8. El precipitado proteico contenía alrededor del 67.5% de proteína. La calidad de la proteína del extracto fue similar a la proteína del residuo y de la proteína de la hoja integra.

PALABRAS CLAVES: chaya, proteína foliar, extracción, caracterización química, valor nutritivo.

Introducción

Guatemala tiene una elevada tasa de crecimiento anual lo que amenaza la seguridad alimentaria en el país. Los cambios climáticos actuales y la creciente cifra de personas que viven en el área rural agrava el problema. Esto sugiere la necesidad de encontrar nuevas fuentes de alimentación que complementen la dieta del país basada en cereales y leguminosas. Como otras hojas verdes la chaya es de fácil obtención y tiene un elevado contenido proteico por lo que es altamente nutritiva, lo que la hace una opción viable como suministro de alimento económico (Aletor, 2002).

La chaya es un arbusto nativo de Centroamérica y México. Crece en diferentes climas y características de terreno; no requiere de condiciones especiales de clima y terreno para su desarrollo

Chemical and nutritional characterization of the protein extracted from Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*) leaves

ABSTRACT: For the development of the present study, the leaves of two chaya varieties were used. These were chaya mansa and chaya estrella. Two extraction methods were employed. One thought the use of a warring blender and the other with a juice extractor. Protein analysis of the leaves showed chaya estrella contained $5.79\% \pm 0.27\%$ wet basis, while chaya mansa contained $4.83 \pm 0.65\%$. The leaf extraction process, used liquefaction yields more than the pressing process. The first yielded $35.5 \pm 0.59\%$ in mansa variety and $31.6 \pm 7.6\%$ in estrella variety, while extraction by pressure yielded $28.8 \pm 8.79\%$ with mansa variety and $27.4 \pm 8.39\%$ with estrella leaves. Due to excess liquid in the first extraction method, the study was continued with the pressing method. The isoelectric point of two extracts by the pressure process was 3.0 and 3.8. The protein content of these isolates was 67.5%. The protein quality of the extract was similar to the protein quality of the reduce protein and of the original protein in the leaves.

KEY WORDS: chaya, leaf protein, extraction, chemical and nutritional evaluation.

(Ross et al, 2002). El foliolo del arbusto es la parte más consumida y posee características nutricionales superiores a las del peciolo y tallo (Juárez, 2001). La literatura indica que la hoja de chaya era consumida por los mayas como parte de su dieta (González-Laredo et al, 2003). En la actualidad aun es consumida principalmente en Yucatán, pero en Guatemala su consumo es poco popular y mucha gente desconoce su valor nutricional o su existencia (Cifuentes et al, 1999; Molina et al, 1997). Se han realizado diversos estudios (Curley, 1996; Juárez, 2001) (Molina, 2003) que muestran que la hoja es rica en aminoácidos esenciales (Peregrine, W. 1983), vitaminas y minerales, por lo que tiene un alto potencial para contribuir a mejorar el estado nutricional de personas en países en desarrollo. No obstante, contiene una elevada cantidad de ácido cianhídrico (HCN), por lo que debe ser cocinada antes de ser ingerida (Ross et al, 2002).

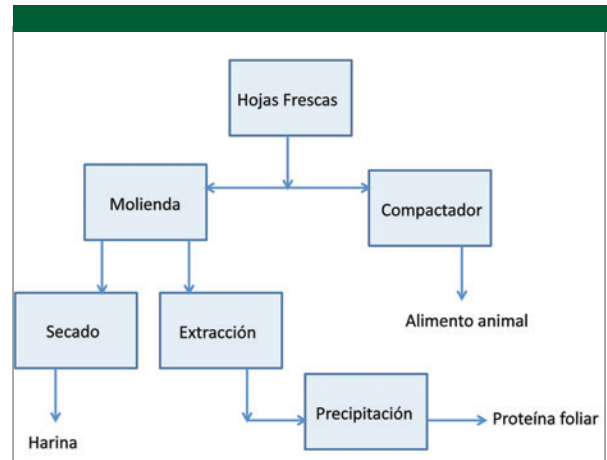
Otra desventaja de la hoja es que contiene un elevado porcentaje de fibra y sabor metálico, por lo que es poco atractiva al paladar. Hasta la fecha se han realizado estudios que tratan sobre la incorporación de la hoja entera en otras matrices alimentarias, pero no se ha estudiado el aprovechamiento de subproductos con los que se disponga de los elementos nutricionales beneficiosos pero que mejoren las características de textura de la chaya. Esto es un factor importante no solo para promover la incorporación del vegetal en la dieta diaria sino también para promover su uso como materia prima en el desarrollo de alimentos funcionales, que desde el punto de vista industrial son muy prometedores. El principal objetivo de dicho estudio era la evaluación de las características químicas de un extracto proteico con el que pudiera eliminarse la fracción fibrosa de la hoja y concentrar la proteína para su incorporación en otras matrices alimentarias. De la obtención del extracto se deriva un residuo. Su estudio es importante por el potencial uso que tiene en la alimentación animal. La gráfica 1 muestra los productos que podrían obtenerse de la hoja de chaya fresca.

No se ha encontrado en la literatura disponible alguna publicación que informe sobre el estudio de extractos de chaya, pero se conoce que se han empleado exitosamente extractos proteicos de otros productos vegetales, como soya, lo que respalda la relevancia que puede llegar a tener un producto de dicha naturaleza. Los resultados relevantes de la investigación se muestran a continuación.

Métodos y Materiales

Muestras de chaya

Se evaluaron dos variedades de hoja: estrella y mansa. Las muestras se obtuvieron de plantaciones del Campus Sur de la UVG, en Santa Lucía Cotzumalguapa. Se tomaron muestras de la región media de cada planta, el peso de la hoja estuvo alrededor de 7 g.



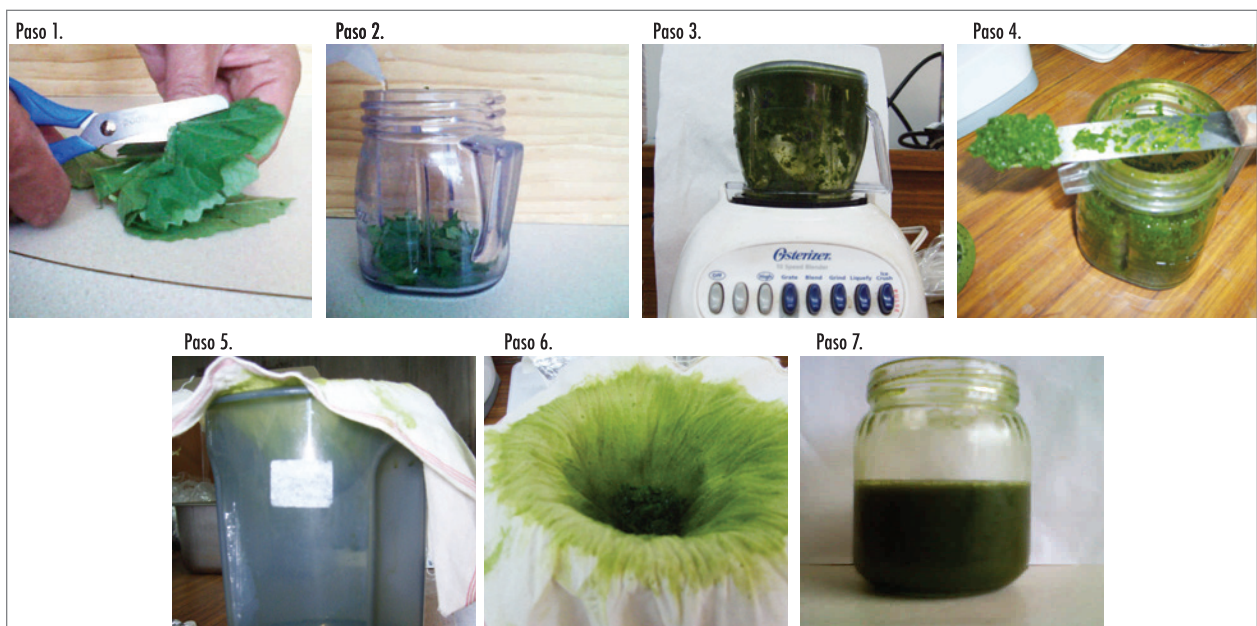
Gráfica 1. Diagrama de flujo del procesamiento de la chaya.

Análisis químico de hojas frescas

Se determinó el contenido de proteína, humedad, grasa, cenizas, glucósidos cianogénicos y carbohidratos (por diferencia) (AOAC, 2005).

Obtención de extractos proteicos

Se emplearon dos métodos. Licuadora: equipo de uso doméstico, marca Oster, con 450 vatios de potencia, utilizado en velocidad "high". El procedimiento consistió en cortar las hojas con tijeras, agregar agua destilada (dos veces el peso de las hojas frescas), licuar y filtrar el producto obtenido con una manta (se ilustra en la gráfica 2). Extractor: equipo de uso doméstico, marca Oster, con 450 vatios de potencia, utilizado en velocidad única. El procedimiento consistió en introducir el producto en el equipo (se ilustra en la gráfica 3). Los extractos y residuos obtenidos



Gráfica 2. Método de licuadora.

con ambos métodos se analizaron químicamente usando métodos de AOAC. El extracto obtenido al usar el extractor fue visiblemente más viscoso que el de licuadora.

Determinación del punto isoeléctrico

Los extractos obtenidos se llevaron a distintos pH en un rango de 2 a 6 utilizando HCl 0.1N, y se evaluó el contenido proteico de los sobrenadantes y precipitados obtenidos en cada muestra (AOAC, 2005). Se estableció el punto isoeléctrico en el rango en el que el sobrenadante presentara menor y el precipitado mayor contenido proteico.

Estudio Biológico

Se trabajó con cuatro grupos de ratas con diferentes fuentes de proteína en sus dietas: 1. hoja fresca, 2. extracto de hoja, 3. residuo del extracto y 4. leche descremada (control). Las instalaciones se ilustran en las gráficas 4 y 5. Los productos fueron incorporados como harinas, obtenidas al secarlos en un deshidratador a 85°C. Debido a que el residuo era líquido se hizo una mezcla 1:5 almidón: residuo para promover el secado.

El secado tardó aproximadamente 6 horas para la hoja fresca y el residuo, y aproximadamente 12 horas para el extracto. Los productos fueron incorporados a las dietas de forma que tuvieran un contenido de proteína de 10%. Las dietas de hoja fresca y residuo presentaron contenidos proteicos de 11%, la de extracto de 9.5% y la de leche descremada de 12%. El estudio se realizó durante 28 días. Se estableció el PER (índice de eficiencia proteica), IEA (índice de eficiencia alimenticia), y los valores relativos de dichos índices utilizando el valor de la leche como

referencia. La cantidad de alimento administrado fue de 100g al inicio y en las semanas siguientes dependió de la cantidad de alimento ingerido por cada grupo a lo largo de la semana anterior.

Herramientas de análisis

Se empleo Microsoft Excel para llevar a cabo todos los análisis estadísticos.

Resultados y Discusión

La composición química de la chaya es superior a la de otras hojas consumidas comúnmente como se observa en la tabla 1. La chaya tiene una humedad de (76%) la cual es menor a la de espinaca y lechuga (90-96%), por lo que aumenta la porción seca de la hoja y su valor nutritivo. Se obtuvieron porcentajes de proteína y grasa del doble o triple de los reportados para otras hojas. Se considera que la chaya es una materia prima prometedora para la elaboración de extractos foliares con elevado contenido de proteína. El contenido de fibra cruda es elevado para la chaya (2.6%) en comparación al de la espinaca y lechuga (0.5-0.7%), lo que explica que sea sensorialmente menos atractiva ya que la fibra imparte una textura indeseada.

La principal diferencia en la composición química de las dos variedades de chaya mostrada en la tabla 2, es que la estrella presentó un porcentaje de proteína mayor, así como contenido de grasa y fibra cruda más elevado. A partir de una prueba t ($p < 0.05$) se determinó que la humedad fue significativamente menor a la de mansa, por lo que su contenido de nutrientes es



Gráfica 3. Método de extractor.



Gráficas 4 y 5. Ratas empleadas en estudio biológico y pesaje de ratas para tomar datos.

más elevado. Además se estableció que la diferencia en el contenido de proteína no fue significativa. Los resultados obtenidos corresponden a los reportados por Cifuentes et al (2010), al comparar las mismas variedades de hoja de chaya. Sin embargo, los valores de nutrientes reportados en dicho estudio son, para ambas variedades, mayores, lo que sugiere que las muestras tomadas para el presente estudio eran diferentes. Ambas variedades presentaron contenidos de HCN similares, considerablemente menores a los de otros estudios (0.32mg/g, según Cifuentes et al, 2010), lo cual es deseado dado que éste es un material tóxico. Esto se pudo deber a las condiciones de desarrollo de las hojas empleadas como muestras. Los valores de HCN reportados son menores al valor máximo permitido en alimentos por FDA, igual a 20mg/100g (González-Laredo et al, 2003).



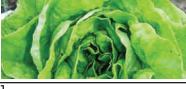
Se observa en la tabla 3 que la humedad de los extractos obtenidos por el extractor fue, según una prueba t ($p < 0.05$), significativamente menor a la obtenida al emplear una licuadora. Esta diferencia se debió a que en el segundo método se agregó agua en una razón 2:1 (agua: hoja) para promover el corte de la hoja. Una mayor humedad provocó que la porción seca de hoja en los extractos fuera menor y por ende su valor nutricional disminuyera. Esto se ve reflejado en el contenido de proteína y grasa, que fue significativamente mayor (prueba t $p < 0.05$) en los extractos obtenidos al utilizar un extractor. Dichos resultados se dieron para ambas selecciones. No obstante, es importante resaltar que en base seca, los extractos obtenidos por medio de

licuadora poseen un porcentaje más elevado de nutrientes. Esto se debe probablemente a que el agua añadida y el corte en la estructura de la hoja, promueven la extracción y una mayor separación de la fibra. El contenido de HCN de los extractos permaneció relativamente igual en comparación con el contenido en las hojas frescas, lo que implica que el proceso de extracción, sin importar el método, no es una vía efectiva para la remoción de dicho tóxico. Sin importar el método de extracción empleado, se observa que la variedad estrella presentó un mayor contenido de proteína, al igual que lo observado para las hojas frescas.

Se determinó como se aprecia en la tabla 4, empleando una prueba t ($p < 0.05$), que la humedad de los residuos del extractor fue significativamente mayor a la de los residuos de licuadora. Dicho producto podría utilizarse para hacer pellets dirigidos para la alimentación animal, lo que requeriría un proceso de secado. Por esto, la mayor humedad del residuo del extractor es una desventaja, pero su mayor contenido proteico en base seca lo hace más atractivo para su empleo en la industria. La proteína y grasa de los residuos de las dos variedades obtenidos en el extractor no presentaron diferencias significativas al aplicarles una prueba t $p < 0.05$, pero la variedad estrella presentó mayores valores, por lo que se considera representa la opción más viable. Esto concuerda con lo ya establecido para la hoja y el extracto.

En la tabla 5 se observa que el contenido proteico en base seca de los extractos del método de extractor y su porcentaje de proteína extraída fueron significativamente menor (prueba t $p < 0.05$) al de los extractos obtenidos por licuadora. La extracción

Tabla 1. Composición química de la hoja de chaya respecto a otras hojas comestibles.

Foto	Hoja	%Humedad	%Proteína	%Grasa	%Fibra cruda
	Chaya	76.36 ¹	5.30 ¹	1.51 ¹	2.35 ¹
	Espinaca	90	2.8	0.7	0.7
	Lechuga	96	1.0	0.1	0.5

¹Valores medios de los resultados obtenidos para la selección estrella y mansa.

Tabla 2. Composición química de las dos variedades de hoja de chaya evaluadas.


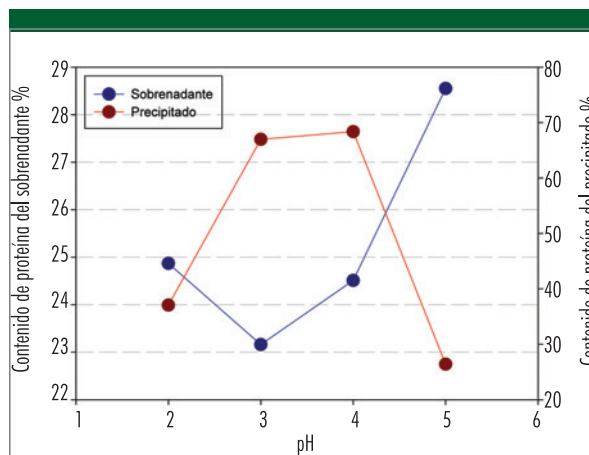
Foto	Variedad	%Humedad	%Proteína	%Grasa	%Fibra cruda	mg HCN/g
	Estrella	75.54	5.79	1.62	2.44	0.04
	Mansa	77.18	4.83	1.40	2.25	0.06

Tabla 3. Composición química de los extractos de hoja de chaya.

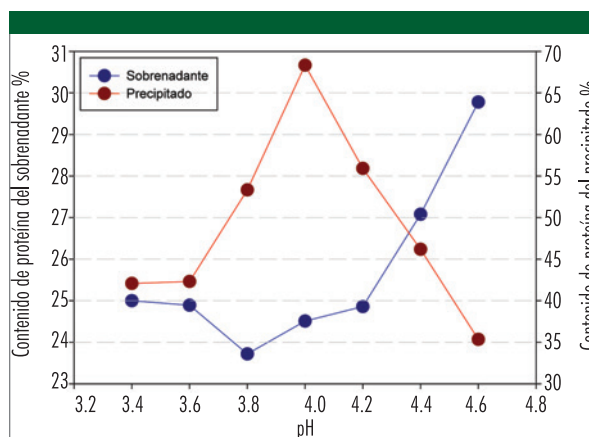
Método	Variedad	%Humedad	%Proteína	%Grasa	mg HCN/g
Extractor	Estrella	78.12	5.95	0.44	0.08
	Mansa	80.68	4.95	0.85	0.03
Licuadora	Estrella	96.75	1.87	0.02	0.03
	Mansa	96.69	1.68	0.04	0.01

de proteína se favoreció con la licuadora porque se realizó un corte de la hoja previo a su introducción en el equipo, además que éste también aplicó una fuerza de corte, con lo que se aumentó el área superficial de la hoja expuesta para la extracción de proteína. Además la adición de agua favoreció la extracción. Debido a que el porcentaje de proteína extraída por el método de licuadora fue casi el doble al obtenido al utilizar un extractor, se considera que el método de licuadora es el más efectivo para la obtención de extractos de chaya. Sin embargo, el método de licuadora presenta ciertas desventajas: la humedad de los extractos es significativamente mayor, el proceso de obtención es más laborioso (implica más tiempo y manipulación del producto) y los porcentajes de proteína no recuperada (proteína cuya recuperación del equipo se imposibilita) son dos o tres veces más elevados. Dichas desventajas dificultan el empleo del método de licuadora sobre todo a nivel industrial, por lo que se determinó que el método de extractor era la mejor opción para la elaboración de extractos, dentro de las condiciones en las que se trabajó en el estudio (capacidad limitada del deshidratador empleado y cantidades elevadas de producto a procesar). Se observó que los porcentajes de proteína extraída al emplear el método de extractor fueron similares para la variedad estrella (31.58%) y mansa (31.20%), pero mayores para la primera. Además, la variedad estrella presentó el menor porcentaje de proteína no recuperada (1.29% estrella y 2.25% mansa). Debido a esto dicha variedad fue la elegida para ser empleada en el estudio biológico.

La gráfica 6 muestra que el sobrenadante con menor contenido proteico estuvo entre pH 3 y 4; también muestra que el precipitado con mayor contenido proteico se encontró en este rango. Por esto, se redujo el rango de prueba para la determinación del punto isoeléctrico a pH 3.4 a 4.6. Se encontró que el punto isoeléctrico se localiza en un rango de pH 3.8 a 4.0; dentro de estos valores se obtuvo el menor y mayor contenido proteico en el sobrenadante y precipitado respectivamente (gráfica 7). La determinación del punto isoeléctrico permite tener una mejor idea de las matrices alimentarias en las que se podría emplear el extracto de forma efectiva. Un gran reto en el empleo del extracto es su color verde fuerte, dado que difícilmente puede ser enmascarado. Esto supone la necesidad de encontrar nuevas vías para su incorporación en los alimentos. Una vía es la



Gráfica 6. Cantidad de proteína en % en el sobrenadante y el precipitado formados entre un pH de 2 a 6.



Gráfica 7. Cantidad de proteína en % en el sobrenadante y el precipitado formados entre un pH de 3.4 a 4.6.

precipitación de las proteínas llevando el extracto al punto isoeléctrico, con el fin de obtener un concentrado que pueda usarse en cantidades pequeñas. El precipitado que se obtuvo a pH 4 fue igualmente de color fuerte y para blanquearlo se realizó un lavado (solubilizar proteínas precipitadas y volverlas

Tabla 4. Composición química de los residuos de la hoja de chaya.

Método	Variación	%Humedad	%Proteína	%Grasa
Extractor	Estrella	69.69	8.01	2.83
	Mansa	72.00	7.22	2.09
Licuadora	Estrella	63.41	4.70	3.88
	Mansa	66.47	4.06	1.87

Tabla 5. Resumen de los resultados obtenidos en el método de extracción.

Variación	Método	% Proteína hoja fresca ¹	% Proteína extracto	% Proteína extraída	% Proteína residuo	% Proteína no extraída	% Proteína no recuperada
Estrella	Extractor	23.66	27.18	31.58	26.42	67.13	1.29
	Licuadora	58.32	74.87	14.02	20.59	4.55	
Mansa	Extractor	21.19	25.64	31.20	25.78	66.55	2.25
	Licuadora	50.67	76.24	12.10	20.00	3.76	

¹ Dato reportado en base seca

a precipitar) con el que no se logró aclarar el color. No obstante, se obtuvo un producto con un valor proteico elevado (67.64%), que podría ser fácilmente incorporado como un enriquecedor en otros alimentos.

Los PER obtenidos, como se ilustra en la tabla 6, para las dietas experimentales con chaya estuvieron cercanos a 1.82, por lo que se considera que la calidad de la proteína de dichos productos es buena; fue suficiente para cubrir los requerimientos del mantenimiento del peso corporal de las ratas pero también permitió que aumentaran de peso. Entre los grupos, el 1 presentó el mayor valor de PER, seguido del 2 y 3, pero no hubo diferencias significativas (prueba t $p < 0.05$). A pesar de tener un contenido proteico similar al de la dieta de hoja entera, las ratas que consumieron la dieta con residuo no mostraron un aumento de peso elevado (menor PER). Esto implica que la proteína de dicho material está en menor disponibilidad que en la hoja entera o el extracto, lo que se puede deber a la elevada concentración de fibra. El grupo 2 presentó un PER similar al del 1, lo que implica que la proteína estaba más disponible. El PER relativo de las tres dietas fue de cerca de 72%, siendo mayor para el grupo 1. Se considera que dicho valor es elevado dado que se trata de una proteína vegetal. Por ende el extracto y otros subproductos de la chaya se consideran fuentes valiosas de proteína, por su disponibilidad y bajo costo.

Para realizar una calificación de las calorías de las dietas se obtuvo el IEA. El grupo que consumió la dieta de la hoja entera mostró el valor más elevado, seguido por el grupo con la dieta del residuo y por último el de la dieta con extracto. Sin embargo, no hubo una diferencia significativa entre los valores, según lo determinado al aplicar una prueba t ($p < 0.05$). Esto denota que las tres dietas proporcionan un contenido calórico similar. El IEA del grupo 3 fue mayor al del grupo 2 porque tenía un mayor contenido de carbohidratos, lo que favoreció el contenido calórico y el aumento de peso de las ratas por gramo de alimento consumido. Los valores de IEA relativos estuvieron cercanos a 60%, lo que significa que el contenido calórico de las dietas que contiene chaya es relativamente bajo en comparación al de la leche.

Debido a que el PER del grupo con la dieta de la hoja entera fue muy similar al del extracto y el residuo, se considera que el tratamiento de extracción no influyó notablemente en la forma en que la proteína fue utilizada por las ratas. Por esto se considera que, entre los tres, la hoja de chaya entera es la opción más





viable, dado que no requiere de la inversión de tiempo y energía que implica la elaboración de un extracto. Sin embargo, este último tiene un gran potencial como ingrediente para el enriquecimiento de otras matrices alimenticias, porque se le ha eliminado la textura fibrosa que perjudica las características de un producto y reduce su aceptabilidad. Además, se considera que el concentrado que se obtiene al precipitar las proteínas en su punto isoeléctrico es muy prometedor para su uso en la industria. Dado que se encuentra libre de fibra, se considera que la absorción y utilización de dicha proteína puede ser buena. Sin embargo, se requieren más estudios para establecer la calidad de dicho producto y cómo se comporta incorporado a un alimento.

Se considera que la calidad de la proteína del extracto pudo perjudicarse en el proceso de secado debido a las elevadas temperaturas empleadas (85°C) por periodos de tiempo de hasta 12 horas. Esto pudo causar un pardeamiento no enzimático que redujera la disponibilidad de ciertos aminoácidos. A diferencia del extracto, la hoja de chaya y el residuo recibieron tratamientos térmicos de casi la mitad del tiempo. Esto redujo la agresividad del tratamiento y probablemente causó menos daño a las proteínas. Además el extracto puede contener aminoácidos limitantes que pudieron haber afectado el desempeño mostrado en el estudio biológico.

La harina de la hoja y de los subproductos de la chaya tiene un valor nutricional elevado. Uno de los productos en los que podría ser aprovechada es una crema. Bajo el supuesto de que una ración equivale a 250mL y que la misma contiene de 30-40% de chaya, puede lograrse que en la ración se consuman 26g de proteína. Debido a que el PER de la hoja y sus subproductos es elevado se considera que una comida como la crema podría suponer una buena fuente de proteína de bajo costo, que pueda sustituir la ingesta de productos animales. Se requeriría una evaluación sensorial para determinar la aceptabilidad del producto, sobre todo en textura y sabor.

Los tres productos de la hoja de chaya tienen usos potenciales, pero será solo a través de su incorporación a matrices alimenticias y por evaluaciones sensoriales de los productos resultantes que sus verdaderas aplicaciones podrán ser establecidas. El objetivo es lograr que se incorpore exitosamente la hoja o alguno de los subproductos a productos de consumo diario, por lo que más estudios deben ser llevados a cabo como extensión del presente.

Tabla 6. Resultados del estudio biológico.

Foto	Dieta	Grupo	PER	PER relativo	IEA	IEA relativo
	Hoja	1	1.84	72.92	0.21	64.06
	Extracto	2	1.82	72.14	0.17	54.69
	Residuo	3	1.79	71.29	0.20	62.50
	Leche	4	2.52	-----	0.32	-----

Conclusiones

Existen varios estudios que establecen que la chaya tiene excelentes propiedades nutricionales. A pesar de esto su consumo no es popular y su potencial se está desperdiciando en Guatemala. Se consideró que la elaboración de extractos proteicos es una de las vías a través de las cuales se puede aprovechar la chaya para su incorporación a otros productos. Para realizar el estudio de dichos extractos, se inició por caracterizar la materia prima a utilizar, las hojas frescas. Se compararon dos variedades de chaya: estrella y mansa. Por la caracterización química se estableció que la hoja es nutricionalmente superior a otras hojas consumidas comúnmente como espinaca y lechuga. Además se estableció que no existen diferencias nutricionales significativas entre las variedades evaluadas, aunque la variedad estrella presentó valores mayores. La hoja de chaya contiene HCN, tóxico que debe ser eliminado antes de consumir el vegetal. Se encontró que el contenido de HCN de las hojas frescas y extractos fue muy similar, lo que indica que el proceso de extracción no es una vía efectiva para su eliminación, y las hojas deben ser cocinadas para lograrlo. Al igual que con las hojas frescas, las diferencias en la composición de los extractos de las dos variedades no fueron significativas. No obstante, los porcentajes de proteína en el extracto de la selección estrella fueron mayores. Al obtener los rendimientos de extracción, se observaron valores significativamente mayores al emplear el método de licuadora, lo que indica su mayor eficiencia. Sin embargo, se considera que su implementación representa complicaciones, como extractos con humedad muy elevada y procesos de trabajo laboriosos que requieren mucho tiempo, que a nivel industrial tendrían implicaciones económicas. Debido a la capacidad de equipo de proceso y a las cantidades que debían ser procesadas, para dicho estudio se seleccionó al método de extractor como el mejor. De los extractos obtenidos por el método de extractor, el de selección estrella mostró un mayor contenido proteico y un mayor porcentaje de proteína extraída. Por esto se estableció que la variedad estrella es la predilecta para la elaboración de extractos proteicos de la hoja de chaya. El residuo obtenido como subproducto al elaborar el extracto con hoja variedad estrella utilizando el extractor presentó el mayor contenido proteico, por lo que es, entre los residuos, la mejor opción para ser empleado en alimentación animal. Dicho resultado concuerda con lo establecido para el extracto. La determinación del punto isoeléctrico permite establecer las matrices alimentarias en las que el extracto podrá ser incorporado con más facilidad, además de establecer el punto en el que las proteínas pueden precipitarse para su concentración. Se estableció que para el extracto de hoja de chaya dicho valor está en un rango de pH 3.8 a 4. El precipitado obtenido en dicho punto presentó una concentración proteica de 68% en base seca, lo que implica que el concentrado puede también ser un aditivo valioso para otros alimentos. A través del estudio biológico se estableció que la calidad de la proteína de la hoja entera, el extracto y el residuo de la hoja de chaya es buena, dado que los valores PER no difieren significativamente de los presentado por la leche descremada. Por esto, tanto la harina de hoja entera como el extracto representan productos de valor para su incorporación en otras matrices alimenticias.

Bibliografía

- Aletor, O., A. Oshodi, K. Ipinmoroti (2002) *Chemical composition of common leafy vegetables and functional properties of their leaf protein concentrates* Food Chemistry **78**: 63-68
- AOAC International (2005) *Official Methods of Analysis 18th ed.*
- Cifuentes R., A. Molina (1999) *Impacto de varios factores agronómicos sobre la reproducción, producción de biomasa y composición química de hojas y cogollos de chaya (Cnidoscolus aconitifolius)* Guatemala, Proyecto Fodecyt No. 69-98, 66 páginas
- Cifuentes, R., E. Pöll, R. Bressani, S. Yurrita (2010) *Caracterización Botánica, Molecular, Agronómica y Química de los cultivares de Chaya (Cnidoscolus aconitifolius) de Guatemala* Revista de la Universidad del Valle de Guatemala **21**: 34-48
- Curley, L. (1996) *Caracterización química y nutricional de hoja de chaya (Cnidoscolus spp.) presentes en Guatemala*. Trabajo de Graduación, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala, 54 páginas
- Juárez, F. de M. (2001) *Análisis de la Hoja de Chaya para desarrollar el producto Hoja de Chaya enlatada en salmuera* Trabajo de Graduación, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala, 111 páginas
- González-Laredo, R., M.E. Flores de la Hoya, M.J. Quintero-Ramos, J.J. Karchesi (2003) *Flavonoid and cyanogenic contents of Chaya (Spinach Tree)* Plant Foods for Human Nutrition **58**: 1-8
- Molina, A.; L. Curley, R. Bressani (1997) *Redescubriendo el valor nutritivo de las hojas de Chaya (Cnidoscolus aconitifolius; Euphorbiaceae)* Ciencia en Acción **3**: 1-4
- Molina, A., R. Cifuentes (2003) *Evaluación de cuatro selecciones de chaya (Cnidoscolus aconitifolius; Euphorbiaceae) y dos niveles de defoliación en cuatro regiones de Guatemala, y aceptabilidad de sus hojas y cogollos en humanos* Guatemala, Proyecto Fodecyt No. 45-99, 45 páginas
- Peregrine, W. (1983) *Chaya (Cnidoscolus aconitifolius) A potential new vegetable crop for Brunei* Tropical Pest Management **29**: 39-41
- Ross, J., A. Molina (2002) *The ethnobotany of Chaya (Cnidoscolus Aconitifolius ssp. Aconitifolius Breckon): A nutritious Maya vegetable* Economic Botany **56**: 350-365