



CUANTIFICACIÓN DE VITAMINAS HIDROSOLUBLES POR CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA DE ALTA RESOLUCIÓN (HPLC) EN ALIMENTOS COCINADOS TRADICIONALMENTE Y POR MICROONDAS

Mónica Cummings, Irene Montalvo y Alejandra Regand
Escuela de Ciencias Químicas, Universidad La Salle

RESUMEN

La cuantificación de vitaminas hidrosolubles (ácido nicotínico, piridoxina, riboflavina y tiamina) en alimentos crudos y procesados por microondas y métodos convencionales tanto de origen animal como vegetal fue determinada por HPLC.

La pérdida de vitaminas dependió de diversos factores como: temperatura, tiempo, luz, aire, proporción agua/alimento, presencia de álcalis, forma conjugada de la vitamina, área de la superficie del alimento; más que por el método de cocción empleado.

ABSTRACT

A relatively simple and sensitive method for the quantification of nicotinic acid, pyridoxine, riboflavin and thiamin by reverse phase HPLC in foods of plant and animal origin was developed. The food was cooked by microwaves and traditional methods.

The loss of vitamins depended on multiple factors as: temperature, cooking time, light, presence of alkalis and air, relation between water and food, conjugated form of vitamin, surface of the pieces of food, more than the cooking method, which was applied.

INTRODUCCIÓN

Las vitaminas son un grupo de compuestos orgánicos que difieren entre ellos por su forma molecular y sus funciones. Son moléculas esenciales para muchas de las reacciones químicas necesarias para el mantenimiento de la vida y deben ingerirse en la dieta porque el metabolismo humano no es capaz de elaborarlas a partir de materiales más simples.

Es muy difícil analizarlas, debido a que tienen diferentes propiedades químicas, el punto de partida podría ser su solubilidad, algunas son solubles en lípidos (A, D, E, K) y otras en agua (Complejo B, Ácido Nicotínico, Biotina, Ácido fólico, C, Ácido pantoténico). Estos dos grupos tienen una particularidad, las liposolubles se acumulan en el organismo y en exceso pueden causar toxicidad (hipervitaminosis). Cuando hay un exceso de hidrosolubles tienden a eliminarse por vía renal. Sólo la vitamina C puede almacenarse hasta cierta cantidad.

Las vitaminas hidrosolubles tienen una función catalítica muy importante dentro del organismo, ya que van a actuar como coenzimas de varias

enzimas responsables del metabolismo de lípidos, carbohidratos y proteínas; por lo que la deficiencia prolongada o carencia de éstas produce lo que se conoce como enfermedades carenciales. Las enfermedades carenciales sólo las van a producir las vitaminas hidrosolubles ya que las liposolubles se acumulan en el organismo. Algunos de estos padecimientos son: pelagra, beriberi, arriboflavinosis, dermatitis seborreica, anemia perniciosa, anemia macrocítica, etc. (1,2).

Tanto las condiciones naturales, como los diversos procesamientos, pueden afectar especialmente el contenido de vitaminas y minerales en el producto final, al compararlos con su contenido en la materia prima.

Pueden señalarse los siguientes parámetros que influyen en el contenido vitamínico de materias primas en alimentos: diferencias genéticas, condiciones climáticas, características de los suelos, grados de madurez, distribución post-cosecha, ingesta de nutrimentos del animal (en el caso de carnes y pescados).

Dentro de los diferentes procesos usados en la elaboración de alimentos, especialmente la



aplicación de calor puede originar efectos positivos y también algunos negativos producidos por este procesamiento. Entre los primeros, pueden señalarse los siguientes:

-En proteínas, el logro de una estructura más laxa que favorece su digestibilidad por enzimas, una liberación parcial de algunos aminoácidos y un aumento de su valor biológico.

-A la vez provoca hinchamiento o gelatinización del almidón aumentando su digestibilidad por las amilasas.

-Destrucción térmica de componentes naturales tóxicos, lábiles al calor húmedo, como las hemaglutininas, glucósidos cianogénicos de leguminosas y los factores biogénicos.

-Inactivación térmica de componentes naturales antifisiológicos, como son los inhibidores de enzimas (tripsina, amilasas) en cereales y leguminosas, además de ciertas enzimas no deseadas como la tiaminasa de mariscos y algunos peces y la lipoxidasa capaz de destruir los carotenos y la vitamina A, a través de los peróxidos formados.

-Destrucción de algunos componentes antihistamínicos como la avidina, nucleoprotido de la clara de huevo que inactiva la biotina, al formar un complejo estable.

-Aumento de la biodisponibilidad del ácido nicotínico al liberarla de su forma combinada en muchos cereales.

-Preservación frecuente de las propiedades sensoriales de un alimento, aumentando con esto su aceptabilidad por el consumidor.

Entre los aspectos negativos que puede producir la acción del calor sobre componentes de alimentos, pueden señalarse los siguientes:

-Cierta pérdida en la biodisponibilidad de proteínas, debido ya sea a un desdoblamiento de algunos aminoácidos por exceso de calor o por reaccionar éstos con carbohidratos, generando la conocida reacción de pardeamiento no enzimático según Maillard; aunque el color, sabor y aromas resultantes son a veces deseables.

-Como es sabido, algunas vitaminas son sensibles a la acción del calor durante el procesamiento, siéndolo en mayor grado las hidrosolubles: vitamina C y tiamina, y en menor proporción las liposolubles.

-Los minerales no son sensibles al calor, pero su biodisponibilidad suele disminuir por interacciones en el alimento (3).

Actualmente, una de las técnicas de calentamiento que está teniendo mucho éxito son las microondas. Este proceso permite un cocinado

rápido y efectivo, tanto en hogares, instituciones y establecimientos comerciales. En el ámbito industrial se le considera un medio para procesar alimentos rápidamente (4,5), ya que la energía se deposita dentro del alimento y así el tiempo para que éste se cocine se reduce, haciendo posible la obtención de un producto de buena calidad con un mayor ahorro de trabajo y de consumo de combustible, lo que conlleva a una reducción en su costo (6,7). Al evaluar los efectos del procesamiento sobre el valor nutritivo, debe considerarse también la posible adición de suplementos alimenticios que puedan compensar pérdidas nutritivas. En México, al igual que en otros países se tienen numerosos datos acerca de la composición en vitaminas, proteínas y otros nutrimentos en productos alimenticios en su estado natural, sin haberse sometido a ningún proceso de elaboración; sin embargo, la información es muy escasa en lo que se refiere a los alimentos tal y como se consumen, es decir, después de haber sufrido los procesos de cocinado o de elaboración.

Los datos sobre la composición en factores nutritivos en alimentos cocinados o preparados son de valor, no únicamente como una curiosidad científica o para el investigador, sino que tienen una aplicación inmediata de importancia práctica muy grande, tanto para el dietista y el nutriólogo, que así pueden calcular y formular dietas sobre una base más real, como también para los que manejan y elaboran alimentos, quienes al aplicar estos conocimientos pueden evitar pérdidas innecesarias de nutrimentos.

El presente trabajo es una contribución al conocimiento de los efectos de la cocción tradicional y por microondas sobre el contenido de tiamina, riboflavina, piridoxina y niacina en algunos de nuestros alimentos, y se considera que los datos presentados serán de utilidad en los aspectos a los que nos acabamos de referir. Se tomó especial interés en estas vitaminas ya que deben estar presentes para que proteínas, lípidos y carbohidratos puedan ser aprovechados por el organismo para su buen funcionamiento.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Los alimentos analizados en este trabajo se seleccionaron de acuerdo a su alto contenido de vitaminas hidrosolubles, con el fin de que se pudiera cuantificar claramente la retención o pérdida de estos compuestos cuando el alimento fuera sometido a los diferentes tipos de cocción.

Las muestras se adquirieron en diferentes mercados y supermercados de la Ciudad de México, escogiéndose las que por apreciación personal de acuerdo a las características de cada producto se consideraron en mejores condiciones.

Una vez adquiridas se llevaron al laboratorio, donde se lavaron superficialmente las muestras vegetales con agua a temperatura ambiente con el fin de eliminar la tierra y cuerpos extraños que tuvieran en su exterior, sin dañar las muestras y evitando contacto prolongado con el agua, inmediatamente se procedió a separar las partes de cada alimento que en nuestro país se emplean como comestibles. La porción comestible de cada muestra se fraccionó en submuestras representativas y correspondientes, hasta donde fue posible, una a otra.

Cada alimento crudo se dividió en tres partes; a una de ellas se le hizo determinación de humedad por secado en estufa (AOAC), a la otra se le hizo la cuantificación de ácido nicotínico, piridoxina, tiamina y riboflavina por cromatografía líquida de alta resolución, hidrolizando previamente las

muestras. La tercera parte de los alimentos se sometió a los diferentes tipos de cocción (cocción húmeda: olla exprés, estufa, microondas; cocción seca: asado, freído, microondas), de acuerdo a como normalmente se acostumbra preparar a los alimentos, hasta que éstos estuvieran perfectamente cocidos (Tabla 1) y bajo las condiciones que se dan en la Tabla 2. Una vez cocidos fueron separados del agua de cocimiento y se dejaron enfriar hasta temperatura ambiente. Posteriormente fueron homogeneizados, ya sea en un mortero o con un procesador mecánico, dependiendo de la muestra, separándose en dos fracciones: a una de ellas (a) se le determinó humedad y a la otra (b) se le sometió inmediatamente a hidrólisis para cuantificar las mismas vitaminas que en las muestras crudas. En la Figura 1 se muestra la secuencia de trabajo.

Los diferentes pasos en la preparación de las muestras, desde el lavado con agua hasta la homogeneización y análisis, se llevaron a cabo inmediatamente uno después del otro, con objeto de reducir al mínimo la pérdida de vitaminas por oxidación, acción de luz u otras causas.

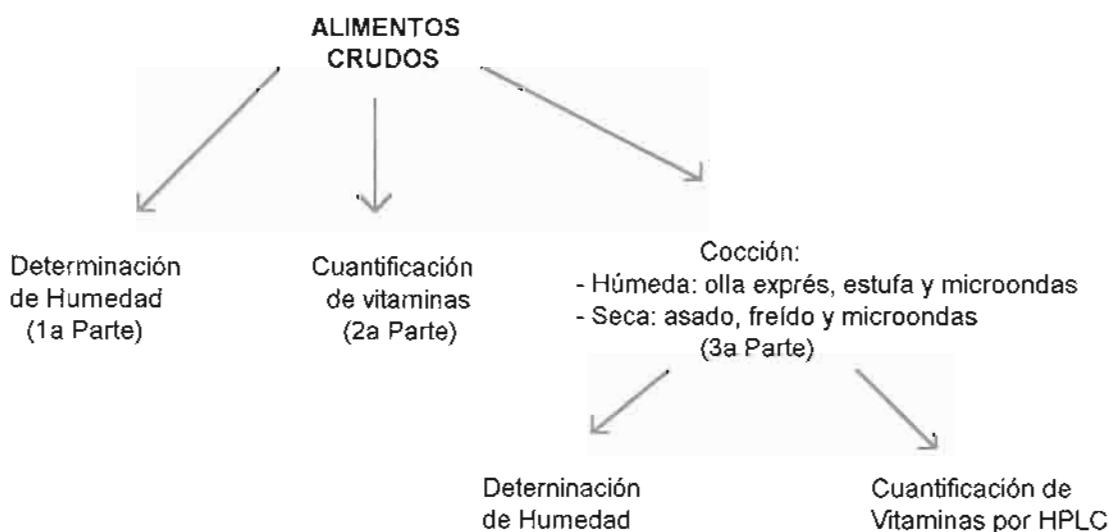


Figura 1. Secuencia del trabajo experimental.



Tabla 1. Alimentos analizados y tipos de cocción a los que fueron sometidos.

Alimento	Estufa	Olla Exprés	Microondas Húmedo	Microondas Seco	Microondas Asado	Asado	Freído
Carne de res	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
Carne de cerdo	♦	♦	♦	♦		♦	♦
Pescado				♦	♦	♦	♦
Hígado de res					♦	♦	♦
Hígado de pollo	♦		♦				
Carne de pollo	♦	♦	♦		♦	♦	♦
Hongos	♦		♦	♦			♦
Haba Verde	♦	♦	♦				
Calabaza	♦	♦	♦				
Ejote	♦	♦	♦				
Chile Poblano					♦	♦	
Ejote	♦		♦				
Chícharos	♦		♦				

Tabla 2. Condiciones de cocción.

Olla Exprés*	15 psig 121 °C
Estufa*	Presión atmosférica 92 °C (agua en ebullición) Olla con tapa
Microondas Húmedo*	160 °F Nivel de Poder 9 Alimento sumergido agua
Microondas Seco	176 °F Nivel de Poder 9 Alimento sin agua
Microondas Asado	450 °F Cocimiento por convección en parrilla
Asado	Cocción en parrilla Expuesto al aire y a la luz
Freído	Cocción con aceite Expuesto al aire y a la luz

* la cantidad de agua empleada durante la cocción fue la necesaria para cubrir al alimento.

Las hidrólisis que se llevaron a cabo en las muestras para la extracción de las vitaminas analizadas, se realizaron de acuerdo al método propuesto por Tabekhia (8) para muestras vegetales y Unkiesbay (9) para muestras animales. El tratamiento de la muestra empezó con una hidrólisis ácida para liberar a la vitamina de la matriz, para este propósito se usó ácido clorhídrico 0.1 N y 6 N o ácido sulfúrico 0.1 N en autoclave por 30 min., después de enfriar la muestra a temperatura ambiente el pH se ajustó entre 4-4.5 para que la hidrólisis enzimática se pudiera llevar a cabo, en dicha hidrólisis se emplearon takadiastasa (α -amilasa, tipo X-A fungal de *Aspergillus oryzae*) y papaína (1.5-3.5 unidades/mg de sólido); la primera permite que los ésteres fosfato de las vitaminas se hidrolisen y se obtengan valores totales de cada vitamina y la segunda permite la hidrólisis con complejos proteínicos. En este método se requirió de un paso de desnaturalización de proteínas con ácido tricloroacético para que las vitaminas pudieran ser extraídas del medio acuoso, con el fin de alargar la

vida útil de la columna. Después se filtró con papel y membrana de 0.45 µm y la solución resultante se corrió en un cromatógrafo líquido de alta resolución Waters 600 E, con columna Nova-Pak C-18, detector UV Waters 486 e integrador Waters 746; bajo las siguientes condiciones cromatográficas: Flujo 0.8ml/min, Aufs 0.5, λ 254nm, fase móvil 25% metanol, 75% agua, 0.01M PIC B₆ (ácido 1- hexansulfónico).

MANEJO DE DATOS

Una vez cuantificado el contenido de vitaminas hidrosolubles (ácido nicotínico, piridoxina; riboflavina y tiamina) en los alimentos naturales y en los cocinados por los métodos antes mencionados, se procedió a analizar el grado de retención vitamínica, la cual es la proporción de

vitaminas que se conserva en la porción sólida de los alimentos ya cocinados, tomando como base el contenido original en el alimento crudo referido en base seca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de los métodos mencionados anteriormente (8,9) aunados al sistema cromatográfico empleado permitió obtener la separación adecuada de los picos de las vitaminas analizadas. En las Figuras 2 y 3, se muestran los cromatogramas de los estándares hidrolisados para muestras de origen animal y vegetal utilizados como referencia; en ellos se pueden observar los picos de las cuatro vitaminas con sus correspondientes tiempos de elución o retención.

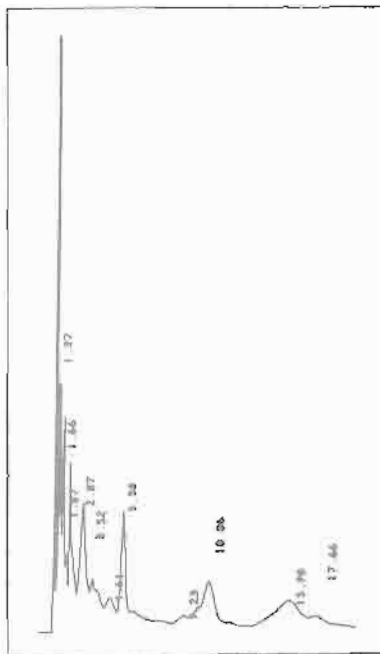


Figura 2. Cromatograma de estándares animales.

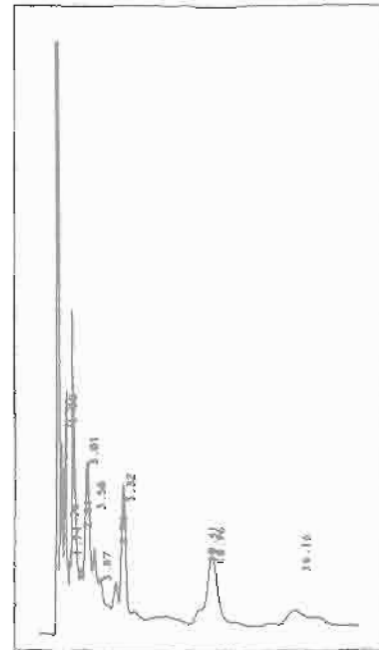


Figura 3. Cromatograma de estándares vegetales.

VITAMINA
 Ácido nicotínico
 Piridoxina
 Riboflavina
 Tiamina

ESTÁNDAR ANIMAL (min)
 1.87
 3.52
 5.38
 15.9

ESTÁNDAR VEGETAL (min)
 1.94
 3.5
 5.32
 16.16



En los cromatogramas de las muestras analizadas, algunas veces se dio el problema de un cambio no significativo en los tiempos de retención comparándolos con los del estándar, este problema se origina por la fuerza iónica de los extractos de las muestras reales que es más alta que aquella de los estándares puros (10).

En la Tabla 3, se muestran mayores porcentajes de retención de ácido nicotínico en los procesos vía seca que en los que utilizan agua como medio de calentamiento, dentro de los primeros puede notarse una menor pérdida en el proceso de cocción por asado en microondas, seguido de freído, microondas seco y por último asado.

Esto se debe a que el ácido nicotínico es estable al calor, ácidos y oxidación, pero inestable en presencia de un álcali o de la luz, por lo tanto, es relativamente poco afectada por operaciones de cocción, excepto en aquellas que utilizan agua o vapor, ya que la vitamina puede ser apreciablemente disuelta en el agua de cocimiento.

A pesar de la estabilidad de la vitamina, pudo comprobarse que el tiempo de cocción es un

factor primordial en su pérdida, por lo que los procesos más rápidos, como es el caso de asado por microondas, reportan los mayores porcentajes de retención. En cuanto al freído, durante el proceso de cocción el alimento queda cubierto por una capa lipofílica que impide la salida de los compuestos hidrosolubles. En los procesos de cocción por microondas seco y asado las mayores pérdidas se deben al lixiviado de las carnes que arrastran gran parte de las vitaminas, además en el asado el calentamiento es más drástico y se provoca una severa deshidratación.

En lo que respecta a los procesos vía húmeda la cantidad de agua juega un papel importante en la retención de la vitamina, es por esto que en las cocciones con mayor cantidad de agua, como en el caso del cocimiento a presión atmosférica, se presentan las mayores pérdidas vitamínicas. En el caso de la cocción por microondas vía húmeda se observa una mayor retención, debido a que además de emplear menor cantidad de agua, el proceso es mucho más rápido. Lo anterior concuerda con los estudios hechos por Thomas *et al* (11), los cuales reportan que el tiempo de cocción y la cantidad de agua que se emplea en la preparación de alimentos es determinante en la mayor o menor retención de vitaminas.

Tabla 3. Porcentaje de retención de ácido nicotínico.

Alimento	Estufa	Olla Express	Microondas Húmedo	Microondas Seco	Microondas Asado	Asado	Freído
Carne de res	12.0400	21.1083	23.9879	74.2792	82.9556	66.7881	79.3512
Carne de cerdo	26.8003	17.9052	13.0232	56.4826		73.5049	87.4011
Pescado				15.0894	73.9000	10.4856	28.6600
Hígado de res					106.1950	59.1590	96.6288
Hígado de pollo	0		46.1731				
Carne de pollo	5.8814	10.0887	10.1466		55.4932	10.1921	34.8672
Hongos	84.7457		92.6463	142.8199			57.8456
Haba verde	-	-	-				
Calabaza	-	-	-				
Elote	-	-	-				
Chile Poblano					-	-	
Ejote	111.6088		118.1932				
Chicharos	76.1676		80.7584				

(-) valores fuera de rango.

Algunos autores han reportado la presencia de un pico de interferencia que impide la cuantificación de ácido nicotínico en los alimentos (9,12). Chase y Soliman (12) demostraron que el ácido ascórbico coeluye con el ácido nicotínico y puede ser el responsable de dicha interferencia, a esto se debe que los valores de ácido nicotínico de las muestras vegetales analizadas que tienen un alto contenido de ácido ascórbico, sean muy altos, e inclusive en algunos casos haya sido imposible su cuantificación, por lo que los valores no se incluyen en la Tabla 3 y se reportan como fuera de rango (-).

En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos en porcentaje de retención de piridoxina. En ella no se observa un patrón definido en cuanto a pérdidas por proceso, esto se atribuye a la alta inestabilidad de la vitamina a diversos factores como calor, oxidación y luz (13). En este caso la pérdida de la vitamina se ve más afectada por dichos factores que por su solubilidad en las aguas de cocción.

La variabilidad de los datos reportados en porcentajes de retención de piridoxina entre los alimentos se puede deber a la variedad nutricional que se presenta dentro de animales con tipos de alimentación supuestamente similares o incluso aquella que se presenta dentro de un mismo producto o especie (14).

Wing y Alexander (15) reportaron una variación muy grande en la pérdida por cocción de muestra a muestra. La variación en las pérdidas por cocción además de la variación en el contenido entre muestras crudas hace difícil calcular la probabilidad de obtener una cantidad dada de vitamina B₆.

En algunos casos el porcentaje de retención en alimentos cocinados está reportado como cero en la Tabla 4, esto puede deberse a una sorprendente pérdida de piridoxina que pudo llegar a sobrepasar el límite de detección del método propuesto, tal como lo reportan McIntire et al (16) en estudios realizados en carnes cocinadas y en leche.

Es necesario hacer notar que existen evidencias de que las diferentes formas enlazadas de la vitamina son fácilmente hidrolizadas por la extracción ácida en autoclave, sin embargo, no es cierto del todo que bajo las condiciones fisiológicas

todas las sustancias enlazadas sean liberadas (10).

El procesamiento de alimentos puede causar una pérdida de actividad vitamínica por la formación de productos de reacción que no son disponibles al organismo (10). Por lo tanto, la extracción seguida del subsecuente análisis podría indicar una dieta adecuada de vitamina B₆ cuando de hecho, está en su mayor parte indisponible.

La determinación de biodisponibilidad como se opone al contenido vitamínico, presenta problemas reales para los analistas, por lo que los procedimientos de extracción deberían imitar la extracción del sistema digestivo animal o humano.

En la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos en porcentajes de retención de riboflavina en los alimentos sometidos a los diferentes procesos de cocción. En ellos se puede notar una mayor retención en los procesos que involucran microondas que en los procesos de cocción convencional, tal como lo reportan autores como: Korschgen y Baldwin (17) y Chung et al (18), los cuales realizaron estudios con carne de res y chícharos.

Dentro de los procesos de vía húmeda se puede observar una mayor retención en los alimentos cocinados a presión atmosférica, en comparación con los cocinados a 15 psig, a excepción de la carne de pollo y elote. Esto se atribuye a la proporción agua-alimento empleada, ya que a mayor cantidad de agua mayor será la pérdida de la vitamina por la extracción en las aguas de cocción.

Al igual que el ácido nicotínico, la riboflavina es resistente a los efectos del calor, ácidos y oxidación, pero inestable en presencia de un álcali o luz (19), por lo que es resistente a la destrucción durante el cocimiento si se protege de la luz (10). A esto se debe que los métodos de cocción en los que el alimento está expuesto a la luz directa, como asado y freído, tengan en general un menor porcentaje de retención que aquellos procesos en los que los alimentos están protegidos de la luz.

En los procesos vía seca, la pérdida en el asado es menor que en el freído. Esto puede deberse al tiempo de exposición a la luz que tuvo el alimento en cada proceso, siendo menor en el asado.



Tabla 4. Porcentaje de retención de piridoxina.

Alimento	Estufa	Olla Express	Microondas Húmedo	Microondas Seco	Microondas Asado	Asado	Freído
Carne de res	38.0961	22.4117	0	10.0853	7.8694	8.2202	9.1208
Carne de cerdo	10.8213	8.2416	11.7953	17.3474		9.5582	11.0727
Pescado				0	75.7669	134.2678	34.3769
Hígado de res					-	-	-
Hígado de pollo	-		-				
Carne de pollo	0	2.2161	32.6662		0	0	30.7292
Hongos	29.5484		0	15.2620			6.6850
Haba verde	0	0	29.7843				
Calabaza	43.7980	62.4829	69.6337				
Elote	-	-	-				
Chile Poblano					13.5003	8.6901	
Ejote	-		-				
Chicharos	-		-				

(-) valores fuera de rango.

Tabla 5. Porcentaje de retención de riboflavina.

Alimentos	Estufa	Olla Express	Microondas Húmedo	Microondas Seco	Microondas Asado	Asado	Freído
Carne de res	51.5471	38.2304	69.1381	81.7219	82.5254	47.5153	29.0600
Carne de cerdo	29.9706	24.5892	45.685	0		30.5946	27.4920
Pescado				61.3884	87.1937	54.8175	27.9294
Hígado de res					107.2883	93.7127	79.3926
Hígado de pollo	77.8132		98.0323				
Carne de pollo	29.3299	49.3139	58.4638		138.0547	126.2200	61.4699
Hongos	41.6393		49.5208	53.0921			19.1729
Haba verde	53.0068	49.7029	73.6997				
Calabaza	59.4159	0	127.5580				
Elote	0	71.9356	84.7474				
Chile Poblano					21.2404	21.1881	
Ejote	57.9258		96.9225				
Chicharos	53.4263		66.7376				

Como ejemplo de lo anterior, se ha encontrado que la leche expuesta a la luz del sol por 2 hrs. pierde más del 50% de riboflavina (10) y Cheldelin *et al* (20) sugirieron que la exposición a la luz durante el proceso de cocción era importante para promover la destrucción de la riboflavina, principalmente en huevos, leche y chuletas de cerdo.

En la Tabla 6 se presentan los porcentajes de retención de tiamina en los alimentos cocinados. En ésta se observa un mayor porcentaje de retención en las muestras cocinadas por microondas que en las de los procesos de cocción convencional. Esto concuerda con los resultados publicados por Agar *et al* (21) y Chung *et al* (18).

El proceso de freído, en el caso de las carnes, representa una excepción al comportamiento antes mencionado, lo cual se puede atribuir a la formación de una capa lipofílica que impide la exudación de jugos que puedan acarrear la vitamina.

Puede notarse que en el caso de las muestras cocinadas a 15 psig el porcentaje de retención es menor que en el caso de las cocinadas a presión atmosférica. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Villegas (19).

En el caso de los procesos que involucran microondas se aprecia que no existe una diferencia significativa en el porcentaje de retención debido a que las microondas por sí mismas no tienen ningún efecto sobre la destrucción de tiamina, tal como lo demostraron Goldblith *et al* (22) al exponer una solución de tiamina a la radiación de microondas a 0°C durante 45 min y a 33°C por 30 min.

En lo referente a los valores de las muestras, como carne de pollo y ejote, que se reportan como cero, se puede suponer que el valor original de tiamina presente en el alimento crudo, era tan pequeño que al someter el alimento a los diferentes tipos de cocción, la pérdida llegó a ser tan grande que la concentración de tiamina presente en el alimento cocinado sobrepasó el límite de detección del método propuesto.

En general, no se puede decir que la pérdida de esta vitamina esté determinada por su solubilidad en agua, ya que también se ve afectada por el tiempo de cocción y la temperatura alcanzada, debido a que esta vitamina contiene un átomo de azufre en su molécula y se ve más afectada con el calor o la oxidación, particularmente en presencia de un álcali (19).

Tabla 6. Porcentaje de retención de tiamina.

Alimento	Estufa	Olla Exprés	Microondas Húmedo	Microondas Seco	Microondas Asado	Asado	Freído
Carne de res	86.0400	12.3811	86.6900	75.6675	74.6406	24.0672	90.1267
Carne de cerdo	47.8485	87.8713	87.3651	99.8861		66.2399	113.0934
Pescado				17.4008	11.1972	0	46.3731
Hígado de res					24.0924	5.2217	76.8396
Hígado de pollo	93.8161		127.7474				
Carne de pollo	0	0	0		0	0	0
Hongos	48.2155		65.0087	102.2076			30.4639
Haba verde	19.4608	0	98.4688				
Calabaza	57.1740	54.7423	67.5330				
Elote	70.3315	59.7019	94.1597				
Chile Poblano					43.1869	42.4319	
Ejote	0		0				
Chícharos	74.0071		118.1089				



CONCLUSIONES

Se sometieron alimentos de origen, tanto animal como vegetal, a cocción tradicional (olla exprés, estufa, asado y freído) y cocción por microondas, con el fin de cuantificar el contenido de vitaminas hidrosolubles (ácido nicotínico, piridoxina, tiamina y riboflavina), en dichos alimentos crudos y cocinados por los métodos antes mencionados.

Al analizar el grado de destrucción vitamínica en los alimentos cocinados, comparándolos con su contenido original, se pudo concluir lo siguiente:

- No existe un patrón definido en cuanto a pérdida de vitaminas hidrosolubles por método de cocción, ya que estos compuestos se ven más afectados por factores como luz, aire, tiempo, calor, proporción agua/alimento, presencia de álcalis, etc., que por el método de cocción por sí mismo. Debido a que las condiciones de cada proceso varían dependiendo del alimento.
- Un factor primordial en la retención de vitaminas hidrosolubles es la cantidad de agua agregada al alimento durante el proceso de cocción, ya que a mayor proporción de agua/alimento, la pérdida de nutrimentos será mayor.
- El proceso de cocción por microondas representa una opción recomendable debido a que la cantidad de agua empleada es mínima y el alimento queda protegido de factores ambientales como luz y aire. Con lo que la retención de vitaminas es mayor.
- En las microondas, al igual que en los otros procesos, la temperatura (nivel de poder) y el tiempo de cocción, afectan el contenido nutricional del alimento, por lo que se recomienda usar bajas temperaturas (nivel de poder bajo) y el menor tiempo posible.
- La variedad nutricional que se presenta dentro de animales con tipos de alimentación supuestamente similares, o incluso aquella que se presenta dentro de un mismo producto o especie puede causar una variación en los porcentajes de retención de las vitaminas.
- Es necesario considerar, en estudios posteriores, el porcentaje de extracción en las aguas de cocimiento del alimento, para poder establecer una comparación adecuada entre el

porcentaje de destrucción de la vitamina, el porcentaje de pérdida por extracción y el porcentaje de retención en la fracción sólida del alimento.

Los datos obtenidos en este trabajo fueron comparados de una manera muy general con los obtenidos por otros autores, ya que además de las diferencias entre las variedades botánicas o de especies, las variables de cada proceso a los que se sometieron los alimentos, no fueron las mismas, por lo que se recomienda que en trabajos posteriores se establezcan las condiciones específicas para cada alimento en cada uno de los procesos, y así poder establecer un análisis estadístico que refleje la probabilidad de encontrar un contenido vitamínico específico en cada alimento después de haber sido sometido a un proceso de cocción determinado.

REFERENCIAS

1. Edmund Sigurd Nasset. *Manual de nutrición*. México. Edit. CECSA. 2a. Ed. 1985.
2. Donald S. Mc. Laren. *La nutrición y sus trastornos*. México. Edit. Manual Moderno. 3a. Ed. 1983.
3. Schmidt-Hebbel, H. Efectos del procesamiento de los alimentos sobre su valor nutritivo. *Alimentos* 15 (4): 45-47. 1990.
4. Good, D.I. Practical applications of microwave energy: introduction. *J. Food Prof.* 43(8): 617. 1980.
5. Campbell, C.I., Lin, T. Y. y Proctor, B.E. Microwave vs. Conventional cooking. *J. Amer. Diet. Assoc.* 34(4):365-370. 1958.
6. Collison, R. and Beer, N. J. Technical note: energy utilization during microwave cooking. *J. Food Tech.* 15(4): 455-457. 1980.
7. Moore, K. Microwave technology points to creative routes for new product ideas, developments. *Food Prod. Dev.* 13(7): 36-37. 1979.
8. Toma, R.B. y Tabehkia, M.M. *J. Food Sci.* 44: 263-268. 1979.
9. Dawson, K.R. Unklesbay, N.F. y Hendrick, H.B. HPLC determination of riboflavin, niacin and



- thiamine in beef, pork, lamb, after alternate heat processing methods. *J. Agric. Food Chem.* 36: 1176-1179. 1988.
10. De Leenheer, A. P., Lambert, W.E. *Modern chromatographic analysis of vitamin.* New York. M. Dekker. 2a. Ed. 1992.
 11. Thomas, M. H., Brenner, S., Eacton, A. y Carig, B. Effect of electronic cooking of nutritive value of foods. *J. Am. Diet. Assoc.* 25(1):39. 1949.
 12. Chase, G. W. y Soliman, A. N. *J. Micronutr. Anal.* 7: 15-25. 1990.
 13. Baldwin, R. E. Microwave cooking: an overview. *J. Food Prot.* 46(3):266-269. 1983.
 14. Vanderslice, J. T., Brownlee, S. R. y Cortissoz, M. E. Liquid chromatographic determination of vitamin b₆ in foods. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 67(5):999-1011. 1984.
 15. Wing, A. E. and Alexander, L. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 15:60-63. 1981.
 16. Mc. Intire. *J. Nutr.* 26:621. 1943.
 17. Korschgen, B. M. y Baldwin, R. E. Moist heat microwave and conventional cooking of round roasts of beef. *J. Microwave Power.* 13(1): 257-259. 1978.
 18. Chung, S. Y., Morr, C. V. y Jen, J. J. Effect of microwave and conventional cooking on the nutritive value of colossus peas. *J. Food Sci.* 46(1): 272-273. 1981.
 19. Villegas, E. Contribución al conocimiento de los efectos de la cocción en el contenido de tiamina, riboflavina y niacina en algunos alimentos mexicanos. México, D. F. 1955.
 20. Cheldelin. *J. Nutr.* 26:417,477. 1943.
 21. Apgar, J., Cox, N., Downey, I. y Fenton, F. Cooking pork electronically. *J. Am. Diet. Assoc.* 35(12): 1260-1269. 1959.
 22. Goldblith, S. A., Tannenbaum, S. R. y Wang, D. I. C. Thermal and 2450 mhz microwave energy effect on the destruction of thiamine. *Food Tech.* 22(10): 64-66. 1968.