

VALOR NUTRICIO Y CONTENIDO DE SAPONINAS EN GERMINADOS DE HUAUZONTLE (*Chenopodium nuttalliae* Saff.), CALABACITA (*Cucurbita pepo* L.), CANOLA (*Brassica napus* L.) Y AMARANTO (*Amaranthus leucocarpus* S. Watson syn. *hypochondriacus* L.)

M. R. Barrón-Yáñez¹; C. Villanueva-Verduzco¹;
M. R. García-Mateos^{1,2}; M. T. Colinas-León¹

¹Instituto de Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carretera México–Texcoco
Chapingo, Estado de México, C. P. 56230. MÉXICO

²Departamento de Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo.
Km 38.5 Carretera México–Texcoco. Chapingo, Estado de México, C. P. 56230. MÉXICO.
Correo-e: rosgar08@hotmail.com (*Autor responsable).

RESUMEN

Los germinados pueden ser considerados vegetales frescos, producidos a bajo costo en cualquier temporada y pueden contribuir con una dieta rica en nutrimentos. El propósito de este estudio fue evaluar el efecto de la germinación en la composición nutricional y contenido total de saponinas en germinados de huauzontle (*Chenopodium nuttalliae* Saff.), calabacita (*Cucurbita pepo* L.), canola (*Brassica napus* L.) y amaranto (*Amaranthus leucocarpus* S. Watson syn. *hypochondriacus* L.). Se realizó un análisis proximal y la cuantificación de saponinas en semillas y germinados de las cuatro especies. El contenido de proteína fue más alto en los germinados de canola que en las semillas, pero en huauzontle, calabacita y amaranto no varió. El contenido de lípidos en las semillas de canola, huauzontle y amaranto disminuyó en sus germinados, pero se incrementó en calabacita. El contenido de saponinas en los germinados fue de 2,873.23 en huauzontle, 155.40 en calabacita, 429.81 en canola, y 491.45 mg 100·g⁻¹ de peso seco en amaranto. El contenido de saponinas en semillas fue de 5280.57, 0.00, 35.77 y 42.84 mg 100·g⁻¹ en peso seco, respectivamente. Los niveles del contenido de saponinas en semillas y germinados para las cuatro especies estudiadas no representan toxicidad para humanos. El valor nutricio fue mejor en el germinado de canola que en el de huauzontle, calabacita y amaranto. El sabor de los germinados de huauzontle y amaranto fue mejor que en los de canola y calabacita.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: germinación, análisis proximal, saponinas, semillas

NUTRITIENT VALUE AND SAPONIN CONTENT OF HUAUZONTLE (*Chenopodium nuttalliae* Saff.), ZUCCHINI (*Cucurbita pepo* L.), CANOLA (*Brassica napus* L.) AND AMARANTO (*Amaranthus leucocarpus* S. Watson syn. *hypochondriacus* L.) SPROUTS

ABSTRACT

Sprouts are a low-cost fresh vegetable that can be grown indoors in any season and can contribute many nutrients to the diet. The purpose of this study was to evaluate the effect of sprouting on nutritional composition and total saponin content of huauzontle (*Chenopodium nuttalliae* Saff.), zucchini (*Cucurbita pepo* L.), canola (*Brassica napus* L.) and amaranth (*Amaranthus leucocarpus* S. Watson syn. *hypochondriacus* L.) sprouts. A proximal analysis and quantification of saponins were performed in seeds and sprouts from the four species. The protein content in canola sprouts was higher than in the corresponding seeds but did not vary in huauzontle, zucchini and amaranth. Lipid content in canola, huauzontle and amaranth seeds decreased in the sprouts, but in zucchini it increased. Saponin content in sprouts was: 2,873.23 in huauzontle, 155.40 in squash, 429.81 in canola, and 491.45 mg 100·g⁻¹ dry weight in amaranth. Saponin content in seeds was: 5,280.57, 0.00, 35.77 and 42.84 mg 100·g⁻¹ dry weight, respectively.

The levels of saponin content found in seeds and sprouts of the four species studied are not toxic for human beings. The nutrient value was better in canola sprouts than in huauzontle, amaranth and zucchini. Taste was better in huauzontle and amaranth than in canola and zucchini.

ADDITIONAL KEY WORDS: sprouting, proximal analysis, saponin, seeds

INTRODUCCIÓN

Los germinados son de los pocos alimentos que se consumen cuando se encuentran en etapa de desarrollo. Los germinados presentan características propias de una hortaliza como plántulas suculentas de ciclo vegetativo corto que va de tres a diez días según la especie y son cultivados bajo condiciones de manejo intensivo. Es un alimento rico en enzimas (Nestlé, 1997; Kirlin *et al.*, 1999), aminoácidos y proteínas, clorofila, vitaminas, minerales y oligoelementos. En algunas especies las semillas durante la germinación aumentan en gran medida su peso, volumen y valor nutricional. Al respecto, Marero *et al.* (1988) señalan un aumento de la calidad de proteína y micronutrientes durante la germinación de las semillas de cereales y leguminosas. Los germinados se consumen en fresco, lo que evita la alteración del valor nutricional por la cocción, como sucede con otros alimentos; además, son de fácil producción y de bajo costo. Estos pueden contribuir en parte a resolver problemas de desnutrición y a corregir las carencias de una alimentación moderna a base de alimentos procesados (Dominguez de Diez, 1992).

Los germinados cobran gran importancia por el buen balance dietético, composición química y su contenido de vitaminas. Además, la presencia de nutraceuticos como antioxidantes (Cav *et al.*, 1996) y fitoestrógenos en germinados de algunas especies (alfalfa), proporcionan a los consumidores mecanismos de defensa endógeno de una manera natural (Berry *et al.*, 1988; Kurtzer y Xu, 1997; Takaya *et al.*, 2003).

Aunque existe el consumo de germinados de diferentes especies a nivel comercial, no existe un estudio detallado que describa la variación de fitoquímicos, en particular, la de saponinas durante el proceso de germinación, las que comprenden un grupo de terpenoides frecuentes en los vegetales. Se conocen por sus propiedades tensoactivas y hemolíticas, son tóxicas para los animales de sangre fría, propiedades no comunes para todas y dependen de las características estructurales y de la fuente vegetal. Se le atribuyen importantes propiedades medicinales (Bruneton, 2001). El consumo de saponinas, a través de la dieta, proporciona beneficios en la prevención de enfermedades crónicas, como cáncer o desórdenes cardiovasculares y disminución de los niveles de colesterol. Las saponinas identificadas en las semillas de alfalfa son las responsables de bajar la concentración de colesterol en el plasma de aves de corral (Chekee, 2000), también señala que en ratas hay una reducción significativa de las concentraciones de colesterol en respuesta a la alimentación con saponinas comerciales o saponinas aisladas de soja, frijol o chícharos.

Adicionalmente, se han identificado saponinas en algunas especies vegetales con actividad antileucémica, antitumoral, antihipertensiva, analgésica, antipirética y antiinflamatoria (Kaufman *et al.*, 1999).

Aunque existen numerosos estudios sobre la ventaja del consumo de germinados (Zhu *et al.*, 2005); son pocos los que tratan sobre la variación del valor nutricional y del contenido de saponinas durante la germinación. Asimismo, no se encuentra documentado el valor nutricional de los germinados de huauzontle (*Chenopodium nuttallia* Saff.), calabacita (*Cucurbita pepo* L.), canola (*Brassica napus* L.) y amaranto (*Amaranthus hypocondriacus*) a pesar del consumo tradicional de las semillas en la población mexicana. Por lo tanto, los objetivos de estudio consistieron en realizar un análisis proximal y cuantificar el contenido total de saponinas en semillas y germinados de huauzontle, calabacita, canola y amaranto, con la finalidad de conocer la variación de proteínas, lípidos, fibra y saponinas al término de la germinación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se utilizaron semillas de huauzontle tipo criollo nativo, cosechadas en Atlixco, Puebla, México en 2001; de calabacita variedad experimental 'Fitomex' que posee semillas sin cáscara y es de hábito de crecimiento de vía corta; de canola la variedad 'Hyola', ambas cosechadas en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) en 2004; finalmente, las semillas criollas de amaranto fueron traídas de la comunidad de Huazulco, Morelos, México.

Desinfestación de la semilla

Semillas de las cuatro especies libres de contaminantes físicos y alto porcentaje de germinación fueron lavadas con detergente en una proporción de tres gramos por litro de agua destilada. Se colocaron separadamente semillas de huauzontle, calabacita y canola en una solución desinfestante (0.06 % p/v de hipoclorito de calcio por 8 h) para eliminar los microorganismos que pudieran haber quedado adheridos a las semillas. Posteriormente, se enjuagaron tres veces en agua destilada para eliminar los residuos de los químicos empleados en su desinfestación. Las semillas de amaranto se desinfestaron en una solución de yoduro de potasio al 0.005 % p/v y se enjuagaron como en las semillas anteriores.

Producción de germinados

La unidad experimental en cada especie comprendió de 20 g de semillas colocadas en charolas de plástico perforadas de 40 x 25 x 12 cm con una capa de yute y otra superior de tela de organza, previamente desinfectadas con hipoclorito de sodio (1 % v/v). Se cubrieron las semillas con otra tela de yute, previamente tratada, para guardar humedad. Cada charola se dividió en tres partes iguales, una se utilizó para realizar el análisis sensorial, la segunda para el análisis proximal y la tercera para la cuantificación de saponinas. Las charolas con las semillas esterilizadas se mantuvieron en la oscuridad parcial para promover la germinación a temperatura ambiente (25 °C). El riego con agua destilada se realizó cada tres días ya que el yute mantuvo la humedad. Se utilizó un diseño experimental de completamente al azar con cuatro repeticiones.

Las variables a evaluar fueron: Longitud de la radícula del germinado (Lg), Índice de conversión de semilla a germinado (Ic), que se obtuvo a partir de: peso del germinado seco (Pg)/ peso de semilla (Ps).

Análisis sensorial

Para determinar el grado de satisfacción de los germinados se realizó una prueba con escala hedónica (Anzaldúa-Morales, 2005). Se eligieron a 10 personas (jueces consumidores) al azar. A los que se les proporcionó una muestra de aproximadamente 1 g de cada germinado, agua y un cuestionario. Se evaluó la apariencia, el olor y el sabor.

Análisis proximal de semilla y germinado

El análisis proximal de los germinados de huauzontle, calabacita, canola y amaranto se realizó en cuatro repeticiones. Los germinados se secaron en una estufa a 40 °C, y posteriormente, se mantuvieron a peso constante. Las muestras de semillas (200 g) y germinados (300 g peso seco) se molieron finamente en un molino hasta obtener partículas no mayores de 0.5 mm. La determinación de proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y cenizas, se realizó de acuerdo a la metodología convencional descrita por la AOAC (1990). La cantidad de carbohidratos contenidos en semillas y en germinado se calculó mediante la siguiente fórmula: % de carbohidratos totales = 100 - (% proteína cruda + % extracto etéreo + cenizas) según Harrison y Vanderstoep (1984). El contenido de calorías se obtuvo multiplicando por cuatro los gramos de carbohidratos y proteínas; por nueve los gramos de lípidos (Kylen y McReady, 1975).

Cuantificación de saponinas

La muestra finamente molida (50 g) y desengrasada de semillas y de germinados de cada especie, se colocó a reflujo con acetato de etilo por 48 h en un soxhlet; posteriormente, el extracto se llevó a sequedad en un

rotaevaporador Büchi. La determinación del contenido total de saponinas, se realizó de acuerdo al método de hemólisis (Woldemichael y Wink, 2001).

Se centrifugó (1,500 g·15 min⁻¹) una mezcla de: 5 mL de sangre de conejo con anticoagulante (0.1 mL de heparina; 5000 UI·mL⁻¹) y una solución salina de NaCl al 0.9 % p/v en una proporción 1:5; el sobrenadante se eliminó por decantación y el contenido de glóbulos rojos se diluyó al 4 %, es decir, por cada mililitro de eritrocitos se añadieron 24 mL de solución salina (0.9 %). Posteriormente, 1 mL de solución de proteasa se agregó a 10 mL de solución de glóbulos rojos al 4 %; la mezcla se colocó en la incubadora por espacio de una hora a 37 °C, después se realizaron tres lavados consecutivos con agua destilada, y para eliminar los residuos de la enzima la solución se centrifugó a 1,500 x g durante 15 minutos con solución salina (0.9 %), finalmente, se colocó la suspensión de eritrocitos en un matraz.

Las lecturas se realizaron en un espectrofotómetro Spectronic 21D Milton Roy empleando solución salina como blanco a una transmitancia de 100 %. La lectura de la suspensión de eritrocitos se ajustó a 26 % ± 0.5 de transmitancia.

La micro titulación se realizó en placas tipo "U", con el pipeteador de gota, se colocaron en cada pozo 50 mL de solución salina (0.9 %). Se llenó el microdilutor con 50 mL del extracto problema o del estándar de saponina que fueron de digitonina y quillaza en relación 1:1, y se calibró el volumen con las placas

Una vez calibrado el volumen, a partir de 50 µL se realizaron 12 diluciones sucesivas desde el primer pozo (siguiendo la hilera horizontal hasta el último pozo) y se eliminó el residuo de la última dilución. Finalmente, con el pipeteador de gota se colocaron 50 mL de la última suspensión de glóbulos rojos ya sensibilizados y ajustados en cada uno de los pozos de la placa, teniendo siempre un control negativo con solución salina (0.9 %) sin extracto problema y otro positivo con solución salina (0.9 %) y el estándar de saponinas (relación 1:1 de saponinas de digitonina y saponinas de quillaza) al 0.5 % en solución salina 0.9 %.

Se giró la placa en forma circular sobre una superficie plana, para homogenizar la muestra, y se colocaron en la incubadora por una hora a 37 °C; una vez transcurrido el tiempo de incubación se puso la placa con todo cuidado sobre un espejo para obtener el título de la hemólisis. El título de la hemólisis se determinó de la siguiente manera: los pozos se enumeraron, tomando hileras horizontales y de izquierda a derecha, del 1 al 12 para cada una de las muestras. Se localizó en la hilera horizontal de la placa, el número que correspondió al último pozo donde se produjo la hemólisis, en donde el contenido del pozo se observó de

color rojo transparente, que resultó ser la mínima cantidad de muestra que produce prueba positiva de hemólisis.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS, 2000). Los análisis de comparación de medias fueron de Tukey con un $P = 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de germinados

La edad de cosecha de los germinados de calabacita, amaranto, huauzontle y canola se estableció cuando éstos alcanzaron la mayor longitud (Lg) (Cuadro 1). En huauzontle se obtuvo un índice de conversión (Ic) de 5.8 g en germinados de 13 cm a los 10 días para la cosecha (Cuadro 1). Canola presentó el mayor Ic (12.0 g) y mayor longitud del germinado (15.2 cm), donde se obtuvieron 240.75 gramos de a partir de 20 g de semilla; los Ic de calabacita y amaranto fueron los menores encontrados (4.0 g).

En apariencia y olor, no hubo diferencias significativas en las cuatro especies de germinados, sin embargo, los germinados de huauzontle y amaranto presentaron el mejor sabor, de acuerdo al análisis estadístico (Cuadro 2).

CUADRO 1. Características del germinado de cuatro especies en el tiempo de cosecha

Especie	Ps (g)	Pg (g)	Germinación (%)	Ic (cm)	L g (días)	T c
Huauzontle	20	115.00 b ^z	89.00 b	5.8 b	13.0 b	10.0
Calabacita	10	40.00 d	98.50 a	4.0 c	0.3 d	1.0
Canola	20	240.75 a	96.50 a	12.0 a	15.2 a	12.0
Amaranto	20	80.00 c	90.50 b	4.0 c	7.0 c	9.0
DMSH	-	30.82	4.37	1.54	1.32	-

Ps: Peso seco de semilla; Pg: Peso seco de germinado; Ic: Índice de conversión= Pg/Ps ; Lg: Largo de la radícula del germinado; Tc: Tiempo de cosecha del germinado.

^zPromedios seguidos por la misma letra, dentro de cada columna, son iguales, según la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

CUADRO 2. Análisis sensorial en escala hedónica de germinados de huauzontle, calabacita, canola y amaranto.

Especie	Apariencia	Olor	Sabor
Huauzontle	1.30 a ^z	0.80a	1.70 a
Calabacita	1.10 a	0.70 a	-1.50 c
Canola	0.90 a	1.00 a	-0.50 b
Amaranto	1.40 a	1.00 a	1.00 a
DMSH	0.95	0.89	0.72

^zPromedios seguidos por la misma letra, dentro de cada columna, son iguales, según la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

Análisis proximal de semilla y germinado

El contenido de proteínas fue mayor en las semillas de calabacita (31.50 g 100·g⁻¹ muestra en peso seco) en comparación a las especies restantes (Cuadro 3). Muñoz *et al.* (1996) señalan un contenido de 36.90 y 12.90 g 100·g⁻¹ de semilla de calabacita y de amaranto, respectivamente. Cabe señalar que no se ha encontrado en la literatura el contenido de estos metabolitos en germinados de las especies en estudio.

El análisis estadístico mostró que el germinado de canola fue el que presentó un incremento de proteína, pero no hubo diferencias significativas del contenido de proteína en semillas con respecto al germinado de huauzontle, calabacita y amaranto (Cuadro 3). La explicación podría ser a que existe un recambio de proteínas durante los primeros seis días de la germinación en las dicotiledóneas, eso implica la degradación de proteínas de reserva de la aleurona, para su reutilización de los aminoácidos en la síntesis de nuevas enzimas hidrolíticas (Azcon-Bieto y Talon, 1996).

Sin embargo, Harrison y Vanderstoep (1984) observaron un incremento de proteína en alfalfa. En contraste Chen y Thacker (1978) señalan que después de cinco días de la germinación de semillas de chícharo encontraron un descenso de nitrógeno proteico, pero un marcado incremento de aminoácidos libres y nitrógeno no proteico, lo cual también explica los resultados del presente trabajo.

La especie que presentó mayor contenido de extracto etéreo fue la semilla de canola, como era de esperarse, por ser una oleaginosa, después calabacita, y finalmente, amaranto y huauzontle. En semilla de amaranto, Muñoz *et al.* (1996) describen una concentración similar (7.20 g 100·g⁻¹ de muestra seca) a la encontrada en este estudio (7.03 g 100·g⁻¹ muestra seca). También, se observó que el contenido de extracto etéreo disminuyó durante la germinación en las semillas de huauzontle, canola y amaranto, como resultado de varios procesos metabólicos de degradación por la demanda energética, reflejándose en un aumento en la tasa respiratoria (King y Puwastien, 1987; Azcon-Bieto y Talon, 1996; Taiz y Zeiger, 2002) (Cuadro 3). En el estudio realizado Kylan y McReady (1975), describen la misma tendencia en frijol de soya, frijol mungu, lenteja y alfalfa durante la germinación, sin alguna explicación. En calabacita se observó un aumento de la concentración (29.24 g 100·g⁻¹) en el germinado lo que permitió inferir que los lípidos no contribuyeron a la demanda energética.

Sólo se encontraron diferencias significativas en el contenido de cenizas entre semillas y germinados de amaranto. Además, en los germinados de calabacita, canola y amaranto se encontraron diferencias significativas en el contenido de fibra cruda entre semillas y germinados; calabacita y canola presentaron una disminución durante la germinación, en cambio amaranto presentó el efecto

CUADRO 3. Contenido proximal de semillas y germinados en cuatro especies cultivadas (g 100-g⁻¹ peso seco).

Componente	Huauzontle	Calabacita	Canola	Amaranto	DMSH	
Proteína (g)	Semilla	17.83 c ^z	31.56 a ^z	17.38 c	16.73 c	8.57
	Germinado [▼]	21.19 bc	34.4 a	27.81 ab	20.43 bc	
Extracto etéreo (g)	Semilla	6.21 c	18.75 b	28.42 a	7.03 c	2.8
	Germinado [▼]	2.26 d	29.24 a	8.47 c	3.19 d	
Cenizas (g)	Semilla	4.97 c	6.77 ab	4.87 c	2.72 d	1.44
	Germinado [▼]	5.22 c	7.45 a	5.78 bc	4.38 c	
Fibra cruda (g)	Semilla	6.59 cd	22.68 a	24.37 a	4.40 d	4.81
	Germinado [▼]	10.77 c	9.89 c	15.82 b	9.67 c	
Humedad (g)	Semilla	9.71 e	7.91 f	8.21 f	11.25 c	0.55
	Germinado [▼]	12.78 a	6.22 g	10.67 d	11.81 b	
Carbohidratos(g)	Semilla	71.0a	42.91 c	49.33 bc	73.51 a	8.87
	Germinado [▼]	71.32a	28.90 d	57.95 b	72.00 a	
Energía (calorías)	Semilla	411.18cd	466.68 b	522.64 a	424.29 c	15.12
	Germinado [▼]	390.45e	516.40 a	419.22 c	398.43 de	

^zPromedios seguidos por la misma letra, dentro de cada par de filas, son iguales según la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

[▼]Semilla y germinado en peso seco.

opuesto. Al respecto, los estudios realizados por Nishimura *et al.* (2000), destacan la importancia del contenido de fibra en los extractos de germinados de remolacha, col, rábano japonés, cebolla y frijol mungo, los cuales presentaron de 5 a 10 % de fibra, convirtiéndose en una fuente muy importante de fibra que ayuda a reducir las concentraciones de colesterol en el organismo.

En el contenido de carbohidratos no se encontraron diferencias entre semillas y germinados para huauzontle, canola y amaranto. En calabacita hubo diferencias entre las semillas y sus germinados, pero fue la única especie que mostró una disminución del contenido de carbohidratos durante la germinación debido posiblemente a la demanda de estos metabolitos en el proceso de respiración celular (Cuadro 3).

En el Cuadro 3 se observa que las semillas de calabacita y amaranto presentaron el mayor aporte energético (466.68 y 522.64 calorías, respectivamente), lo cual contrasta con el mayor contenido de lípidos y menor de carbohidratos, lo cual es congruente debido a que éstos aportan aproximadamente el doble de contenido calórico que los carbohidratos por ser compuestos más reducidos (Mathews *et al.*, 2002).

Las semillas de huauzontle, canola y amaranto aportan mayor cantidad de energía (411.18, 522.64 y 4,242.29 calorías, respectivamente) en comparación con sus respectivos germinados (390.45, 419.22 y 398.43 calorías, respectivamente). En calabacita se observaron resultados opuestos. La misma tendencia se encontró en semillas y germinados de alfalfa, lentejas, frijol de soya (Kylen y McReady, 1975). De las cuatro especies

estudiadas, el germinado de huauzontle es el que aporta menor cantidad de calorías (390.42) que el resto de las especies.

De las cuatro especies estudiadas sólo una mejoró su calidad nutricia (canola). Chung *et al.* (1989), encontró un aumento de la calidad nutricia en los germinados de cebada al compararlos con los de canola, por lo tanto, estos resultados sugieren que el aumento del valor nutricional de germinados podría depender de las especies.

Cuantificación de saponinas

Las semillas y el germinado de huauzontle presentaron la mayor cantidad de saponinas (5,280.57 y 2,873.23 mg 100-g⁻¹ materia seca, respectivamente) (Cuadro 4); sin embargo, el valor es inferior al descrito para alcanzar la dosis letal (6,000 mg·kg⁻¹ corporal) (Cheeke, 2000). Adicionalmente, Cheeke (2000) señala que la toxicidad, los efectos fisiológicos y las propiedades farmacológicas están íntimamente relacionados con la estructura química de las saponinas. Actualmente, la literatura señala un bajo valor antinutricional de estos metabolitos, debido a que estudios recientes señalan propiedades anticancerígenas, hipocolesteromizantes e inmunoestimuladoras de algunas saponinas (Berry *et al.*, 1988; Rao y Koratkar, 1997; Kaufman *et al.*, 1999; Cheeke, 2000).

Durante la germinación de las semillas de calabaza, canola y amaranto el contenido de saponinas aumentó. Pero, en los germinados de calabaza con menor tiempo de germinación se incrementó drásticamente el contenido de saponinas totales, en contraste con huauzontle, que disminuyó durante la germinación. Estos resultados

CUADRO 4. Contenido de saponinas en semillas y germinados en cuatro especies cultivadas.

Especies	Contenido total de saponinas \forall (mg 100·g ⁻¹ peso seco)		Potencial tóxico (mg 100 ⁻¹ ·g peso seco)	
	Semilla	Germinado	Semilla	Germinado
Huauzontle	5,280.57 a ^z	2,873.23 b	719.42	3,126.76
Calabacita	0.00 e	155.40 cd	6,000	5,844.59
Canola	35.77 de	429.81 c	5,964.22	5,570.18
Amaranto	42.84 de	491.45 c	5,957.15	5,508.54
DMSH	4.57			

^z Promedios seguidos por la misma letra, dentro del par de columnas, son iguales, según la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$; DMSH: Diferencia mínima significativa honesta. ^z Semillas y germinado materia seco. Es el resultado de la diferencia del contenido de saponinas de la semilla o el germinado y la dosis letal (6,000 mg·kg⁻¹ de peso corporal).

coinciden con lo descrito por Kataria *et al.* (1989) al encontrar un incremento de la concentración de saponinas al aumentar el tiempo de germinación en frijol mungu.

En la literatura no se encontró descrita la concentración y el perfil de saponinas en huauzontle. Al respecto, Woldemichael y Wink (2001) reportan la presencia de 16 saponinas triterpenoides en semilla de *Chenopodium quinoa*, especie peruana de la misma familia que huauzontle. En cambio, en amaranto se ha descrito la presencia de cuatro nuevas saponinas (Junkuszew *et al.*, 1998). La presencia de saponinas en germinados no se ha encontrado reportado en la literatura.

CONCLUSIONES

Las semillas de calabaza presentaron el mayor contenido de proteína en comparación a huauzontle, amaranto y canola. Estadísticamente, la concentración de proteínas no se incrementó durante la germinación, con excepción de canola. Ésta fue la especie que mejoró su calidad nutricia durante la germinación. Los germinados de huauzontle y amaranto presentaron el mejor sabor. En las semillas de calabacita la concentración de saponinas aumentó considerablemente durante la germinación (155.4 %), en canola y amaranto éste fue menor, en cambio en huauzontle disminuyó durante la germinación. En todos los casos la concentración fue inferior a los niveles tóxicos descritos, por lo tanto, pueden contribuir como fitoquímicos a reforzar el sistema inmunológico, entre otros beneficios.

LITERATURA CITADA

- ANZALDÚA-MORALES, A. 2005. Las pruebas sensoriales, pp. 67-117. *In: La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y Práctica*. ANZALDÚA-MORALES, A. (ed.). Acriba, S. A. Zaragoza, España.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- AZCON-BIETO, J.; TALON, M. 1996. Fisiología y Bioquímica Vegetal. Interamericana McGraw-Hill. Madrid, España. 581 p.
- BERRY, S. K.; OKIANH, H. I.; NORDIN, A. K. 1988. Effect of germination on the biological quality of winged beans (*P. tetragonolobus*). Nutrition Reports International 37: 1237-1243.
- BRUNETON, J. 2001. Saponósidos, pp. 66-711 *In: Farmacognosia. Fitoquímica de Plantas Medicinales*. BRUNETON, J. (ed.). Editorial Acriba. España.
- CAV, G. H.; SOFIC, E.; PRIOR, R. L. 1996. Antioxidant capacity of tea and common vegetables. A news extract from. Journal of Agricultural and Food Chemistry 44: 3426-3431.
- CHEEKE, P. R. 2000. Glycosides, pp. 98-140. *In: Toxicants of Plant Origin*. CHEEKE, P. R. (ed.). CRC Press. Boca Raton, Florida. USA.
- CHEN, L. H.; THACKER, R. 1978. Germination and nitrogenous constituents of pee seeds (*Pisum sativum*). Journal of Food Science 43: 1994-1996.
- CHUN, T. Y.; NWOKOLO, E. N.; SIM, J. S. 1989. Compositional and digestibility changes in sprouted barley y canola seeds. Plant Foods for Human Nutrition 39: 276-278.
- DOMÍNGUEZ DE DIEZ, G. B. 1992. Germinados: el Alimento más Perfecto y Completo. 12ª Ed. Editorial Posada. México. 120 p.
- HARRISON, J. E.; VANDERSTOEP, J. 1984. Effect of germination environment on nutrient composition of alfalfa sprouts. Journal of Food Science 49: 21-23.
- JUNKUSZEW, M.; OLESZEK, W.; JURZYSTA, M.; PIANCENTE, S.; PIZZA, C. 1998. Triterpenoid saponins from the seeds of *Amaranthus cruentus*. Phytochemistry 49: 195-198.
- KATARIA, A.; CHAUHAN, B. M.; PUNIA, D. 1989. Antinutrients in amphidiploids (black gram x Mung bean): varietal differences and effect of domestic processing and cooking. Plant Food for Human Nutrition 39: 257-266.
- KAUFMAN, P. B.; CSEKE L. J.; WARBER, S.; DUKE, J. A.; BRIELMANN, H. L. 1999. Natural Products from Plants. CRC Press. Washington, DC. 356 p.
- KING, R. D.; PUWASTIEN, P. 1987. Effects of germination on the proximate composition and nutritional quality of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) seed. Journal of Food Science 46: 1069-1073.
- KIRLIN, W. G.; CAI, J.; DE LONG, M. J.; PATTEN, E. J.; JONES, D. P. 1999. Dietary compounds that induce cancer preventive Phase 2 Enzymes activate apoptosis at comparable doses in HT29 colon carcinoma cells. Journal of Nutrition 129: 1827-1835.
- KURTZER, M. S.; XU, X. 1997. Dietary phytoestrogens. Annual Review of Nutrition 17: 353-381.
- KYLEN, A. M.; MCCREADY, R. M. 1975. Nutrients in seed and sprouts of alfalfa, lentils, mung and soybeans. Journal of Food Science 40: 1008-1009.
- MARERO, L. M.; PAYUMO, E. M.; AGUILDO, A. R.; HOMMA, S. 1988. Nutritional characteristics of weaning foods prepared from

- germinated cereals and legumes. *Journal Food Science* 53: 1401-1402.
- MATHEWS, C. K.; VAN HOLDE, K. E.; ALHERN, K. G. 2002. *Bioquímica*. 3ª Ed. Editorial Addison Wesley. España. 1335 p.
- MUÑOZ, M., Ch.; CHÁVEZ V., A.; PÉREZ G., F.; ROLDÁNA., J.; LEDESMA S., J.; MENDOZAM., E.; HERNÁNDEZ C., S.; CHAPARRO F., A. 1996. *Tablas de Valor Nutritivo de los Alimentos de Mayor Consumo en México*. 1ª Ed. México, D. F. 330 p.
- NESTLÉ, M. 1997. Broccoli sprouts as inducers of carcinogen-detoxifying enzyme system: Clinical, dietary and policy implications. *Proceedings of the National Academy of Science* 94: 1149-1151.
- NISHIMURA, N.; TANIGUCHI, T.; KIRIYAMA, S. 2000. Plasma cholesterol-lowering effect on rats of dietary fiber extracted from immature plants. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry* 64: 2543-2551.
- RAO, A. V.; KORATKAR, R. 1997. Anticarcinogenic effects of saponins and phytosterols, pp. 313-324. *In: Antinutrients and Phytochemicals in Food*. SHAHIDI, F. (ed.). American Chemical Society. Washington, DC. USA.
- SAS, Institute. 2000. *SAS/STAT. User's Guide. Release 9.1.3*. ed. SAS Institute, Inc. Cary, North Carolina. USA.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2002. *Plant Physiology*. 3a Ed. Sinauer Associates, Inc. USA. 690 p.
- TAKAYA, Y.; KONDO, Y.; FURUKAWA, T.; NIWA, M. 2003. Antioxidant constituents of radish sprout (Kaiwarw-daikon), *Raphanus sativus* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 8061-8066.
- WOLDEMICHAEL, G. M.; WINK, M. 2001. Identification and biological activities of triterpenoid saponins from *Chenopodium quinoa*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: 2327-2332.
- ZHU, D.; HETTIARACHCHY, N. S.; HORAX, R.; CHEN, P. 2005. Isoflavone contents in germinated soybean seeds. *Plant Foods for Human Nutrition* 60: 147-151.