

Efecto de la luz en la concentración de ácidos grasos de la verdolaga (*Portulaca oleracea* L.): planta prometedora para disminuir el colesterol sérico

The effect of light on fatty acid concentrations of purslane (*Portulaca oleracea* L.): A promising plant for decreasing serum cholesterol levels

A. Páez¹, P.M. Páez², M.E. González¹, J.A. Urdaneta¹,
D. Ringelberg³ y T.J. Tschaplinski⁴

¹Laboratorio de Ecofisiología, Departamento de Biología, Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

²Facultad de Medicina, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

³Microbiologist, U.S. Army-CRREL 72 Lyme Rd. Hanover, NH 03755.

⁴Environmental Sciences Division, Oak Ridge National Laboratory, P.O. Box 2008, Oak Ridge, Tennessee 37831-6422.

Resumen

La verdolaga (*Portulaca oleracea* L.), planta herbácea ampliamente distribuida a nivel mundial, creció bajo tres niveles de irradiación para determinar el efecto de la luz en las concentraciones de ácidos grasos en las hojas, y establecer su efecto potencial para reducir los niveles de colesterol sérico en conejos. Las plántulas crecidas bajo tres niveles lumínicos: luz solar total, parcial (30% de luz solar) y sombra profunda (10% de luz solar), fueron analizadas mediante cromatografía de gases para determinar las concentraciones de ácidos grasos y para alimentar conejos a los que se les había inducido un nivel elevado de colesterol sanguíneo, mediante una dieta rica en aceite de coco. Las bajas irradiaciones tendieron a aumentar las concentraciones de la fracción polar de los ácidos grasos en las hojas, incluyendo 18:w3, un ácido graso omega 3 y el 18:2w6. La proporción relativa de ácidos grasos cambió con la baja irradiancia, la cual también redujo la fracción molar de ciertos ácidos grasos saturados, incluyendo el 14:0, 23:0, 24:0 y 25:0. Los experimentos con conejos que habían sido alimentados con la dieta rica en colesterol reflejaron que la verdolaga disminuyó las concentraciones elevadas de colesterol sérico en los conejos. La verdolaga crecida en niveles

Recibido el 20-4-2012 ● Aceptado el 20-6-2013

Autor de correspondencia e-mail: apaezsalsar@gmail.com

bajos de luz fue una fuente de ácidos grasos poli-insaturados, y tuvo un gran potencial para reducir el colesterol sérico.

Palabras clave: verdolaga, *Portulaca oleracea*, colesterol, ácidos grasos, irradiancia.

Abstract

Purslane (*Portulaca oleracea* L.), a widely-distributed annual herb, was grown under three irradiances to determine the effect of light on fatty acid concentration of leaves, and to establish its potential effect on lowering serum cholesterol levels in rabbits which were previously submitted under a coconut oil rich diet. The seedlings grown under full sun, partial (30% of full sun) and deep shade (10% of full sun) were analyzed by gas chromatography for fatty acid concentrations, and fed to rabbits with induced high serum cholesterol. The lower irradiances tended to increase concentrations of polar fraction fatty acids in leaves, including 18:3w3, an omega 3 fatty acid and 18:2w6. The relative proportion of fatty acids changed under low irradiance which also reduced the mole fraction of a number of saturated fatty acids, including 14:0, 23:0, 24:0 and 25:0. The experiments with rabbits, fed with a coconut oil rich diet to induce high blood cholesterol, indicated that Purslane rapidly decreased the high cholesterol concentration. Low light-grown Purslane was a good source of polyunsaturated fatty acids, and had the potential to lower serum cholesterol.

Key words: Purslane, *Portulaca oleracea*, colesterol, fatty acids, irradiance.

Introducción

La verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) ha sido estudiada y descrita como una maleza prejudicial, y se han utilizado diferentes herbicidas para controlarla. Sin embargo, de acuerdo a los datos disponibles y presentados en el presente trabajo, la verdolaga es la fuente más rica de ácido alfa-linolénico LNA (18:3w3) que se conoce entre los vegetales verdes (4 mg.g⁻¹ biomasa fresca), Simopoulos *et al.* (1992) y Omara-Alwala *et al.* (1991) reportaron que la verdolaga contiene 18:3w3, al igual que una pequeña cantidad de ácido eicosapentaenoico, EPA, 20:5w3 (0,01 mg.g⁻¹ de biomasa fresca), 22:6w3 (ácido decosahexaenoico, DHA) y 22:5w3 (ácido docosa-pentaenoico, DPA).

Introduction

Purslane (*Portulaca oleracea* L.) has been studied and described as a harmful weed, and different herbicides have been used for controlling it. However, according to the available data and, presented in the current research, purslane is the richest source of alpha-linolenic acid LNA (18:3w3) known among green vegetables (4 mg.g⁻¹ fresh biomass), Simopoulos *et al.*, (1992) and Omara-Alwala *et al.* (1991) reported that purslane contains 18:3w3, as well as a small quantity of eicosapentaenoic acid, EPA 20:5w3 (0.01 mg.g⁻¹ of fresh biomass), 22:6w3 (decosahexaenoic acid, DHA) and 22:5w3 (docosapentaenoic acid, DPA).

El contenido de ácidos grasos de la verdolaga puede variar con la edad de la planta, con el cultivar, la distribución geográfica, el estado del desarrollo de la planta y los factores ambientales (Simopoulos *et al.*, 1992). En este trabajo se determinó la composición en ácidos grasos de plantas de verdolaga provenientes de semillas recolectadas en Venezuela. Se germinaron las semillas y crecieron las plántulas bajo diferentes condiciones de irradiancia para determinar el régimen lumínico que permitiera obtener un cultivar con una mejor calidad en cuanto al contenido de ácidos grasos.

El contenido de ácidos grasos varía con la edad de la planta, con la cadena más larga w3 (20:5, 22:5 y 22:6) incrementándose con la edad (Simopoulos *et al.*, 1992). De tal forma que el contenido de ácidos grasos de cadena más larga es mayor a los 59 días de crecimiento que a los 30 ó a los 49 días. Asimismo, las hojas se reportan con una mayor cantidad de ácidos grasos que los tallos.

La presencia de EPA (20:5w3) en la verdolaga, el cual entre las plantas verdes se pensaba que estaba restringido a ciertas algas, puede depender también del tipo de cultivar al igual que de factores ambientales y de la fase del crecimiento y desarrollo de las plantas. Esto es un indicativo de que la verdolaga puede representar una fuente alternativa de ácidos grasos w-3 (Omara-Alwala *et al.*, 1991). Se ha demostrado que una dieta rica en ácido linolénico es efectiva para bajar el colesterol en humanos (Chan *et al.*, 1991).

A lo largo de la historia, la verdolaga ha sido usada como alimen-

The content of fatty acids of purslane can vary with the age of the plant, with the cultivar, the geographic distribution, the development of the plant and the environmental factors (Simopoulos *et al.*, 1992). In this research was determined the composition in fatty acids of purslane plants coming from seeds collected in Venezuela. Seeds were germinated and the plants grew under different irradiance conditions to determine the light regime that would allow obtaining a cultivar with a better quality regarding the content of fatty acids.

The content of fatty acids vary with the age of the plant, with the longest chain w3 (20:5, 22:5 and 22:6), increasing with the age (Simopoulos *et al.*, 1992). Likewise, the longest chain content of fatty acids is higher in n59 days of growth than in 30 or 49 days. Likewise, the leaves are reported with a higher quantity of fatty acids in the stems.

The presence of EPA (20:5w3) in purslane, which among green plants was expected to be restricted to some seaweeds, can also depend on the type of cultivar as well as of environmental factors and the growth phase and development of plants. This is an indicator that purslane can represent an alternative source of fatty acids w-3 (Omara-Alwala *et al.*, 1991). It has been proved that a diet rich in linoleic acid is effective to reduce the cholesterol in human beings (Chan *et al.*, 1991).

Throughout the history, purslane has been used as food and medicine by Hippocratic doctors because of its anthelmintic, an-scorbutic and

to y medicina por los médicos hipocráticos por sus propiedades antihelmínticas, antiescorbúticas y catárticas. Considerando sus atributos y su amplia distribución climática, el cultivo de la verdolaga como un agrocultivo, parece ser una posibilidad que merece consideración. No obstante, sus técnicas de cultivo han sido poco investigadas (Cros *et al.*, 2007, Lara y Fernández 2008).

En la actualidad, la principal fuente de ácidos grasos poli-insaturados la constituyen los aceites de pescado y de algunas plantas como la soya. Sin embargo, el aceite de pescado es costoso y constituye un producto difícil de adquirir, sobre todo en los medios de escasos recursos. Es por ello que el presente estudio representa un aporte al tratamiento de hipercolesterolemia, para encontrar una fuente alternativa con ese fin, permitiendo la reducción de enfermedades cardiovasculares.

En consecuencia, en este trabajo se investiga la hipótesis de que la ingesta de verdolaga podría disminuir el contenido elevado de colesterol sérico en conejos previamente sometidos a una dieta rica en aceite de coco, el cual eleva el colesterol. El objetivo fue promover cultivos de verdolaga bajo tres niveles de irradiancia para tener una fuente alternativa de alimento y medicina.

Materiales y métodos

En este estudio se sembraron las plantas de verdolaga bajo las condiciones de crecimiento previamente descritas (Páez *et al.*, 2007) bajo tres regímenes lumínicos: luz solar total, 30%

cathartic properties. Considering its attributes and its wide weather distribution, purslane crop, as an agro-crop, seems to be a possibility that should be researched. Nevertheless, its crop techniques have not been deeply evaluated (Cros *et al.*, 2007, Lara and Fernández 2008).

Currently, the main source of polyunsaturated fatty acids is constituted by fish oils and some plants as soy. However, fish oil is expensive and is a product difficult to find, especially for those with limited resources. For this reason, this research represents a contribution for treating hypercholesterolemia to find an alternative source for such purpose, allowing lowering heart diseases.

Consequently, in this research is studied the hypothesis that the spurlane ingest might reduce the elevated serum cholesterol levels in rabbits, which were previously submitted to a diet rich in coconut oil, which elevates the cholesterol. The objective was to promote a spurlane under three irradiance levels to obtain an alternative source of food and medicine.

Materials and methods

Purslane plants were sowed under the growth conditions described before (Páez *et al.*, 2007) under three light regimes: total solar light, 30% of solar light and 10% of solar light, with the aim of obtaining the highest production of polyunsaturated fatty acids (Páez *et al.*, 2007). Once obtained the plants, these were stored to prepare the different treatments of the diet to feed the rabbits.

de luz solar y 10% de luz solar, a fin de obtener la mayor producción de ácidos grasos poli-insaturados (Páez *et al.*, 2007). Una vez obtenidas las plantas, se almacenaron para preparar los diferentes tratamientos de dieta para alimentar a los conejos.

Se realizaron análisis de muestras de plantas crecidas en cada irradiancia para determinar el contenido de ácidos grasos (Páez *et al.*, 2007). Las plantas fueron previamente pesadas y liofilizadas por 48 horas. Luego fueron llevadas al Laboratorio de Oak Ridge (USA) para el análisis indicado. Se realizó extracción en agua caliente a 60°C por 30 minutos seguida de otra liofilización. Los extractos fueron tratados toda la noche (Tschaplinski *et al.*, 1993) con 1 mL de Tri-Sil "Z" (Pierce Chemical Co., Rockford, IL) y se inyectó un µL en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard (HP 5872 GC-MS Hewlett-Packard Co., Avondale, PA). Los ácidos grasos de clases glyco y polares fueron agrupados y esterificados para producir ésteres metílicos, y analizados por cromatografía de gases. Las variables ambientales fueron obtenidas de la Estación Climatológica de la Universidad del Zulia.

Se realizó un arreglo factorial completamente al azar con cinco repeticiones. Los regímenes de irradiación fueron duplicados. Los datos fueron analizados mediante análisis de variancia, seguido de la prueba de Tukey para separación de medias.

Se obtuvieron 12 conejos certificados provenientes del IVIC. Se encontraban bastante jóvenes y de bajo peso, en promedio 800 g. Cada conejo fue ubicado en una jaula individual y se le asig-

The analyses of the plants that grew on the irradiance were carried out to determine the content of fatty acids (Páez *et al.*, 2007). The plants were previously weighted and freeze-dried for 48 hours. Later, were taken to the laboratory of Oak Ridge (USA) for doing the indicated analysis. The extracts were treated all the night (Tschaplinski *et al.*, 1993) with 1 mL of Tri-Sil "Z" (Pierce Chemical Co., Rockford, IL) and one µL was injected with a gas chromatograph Hewlett Packard (HP 5872 GC-MS Hewlett-Packard Co., Avondale, PA). Glyco and polar fatty acids were grouped and esterified to produce methyl ethers and analyzed by gas chromatography. The environmental variables were obtained from the Weather Station of Universidad del Zulia.

A randomized Split plot design with five replications was used. The irradiation regimes were duplicated. The data was analyzed using the variance analysis followed by the Tukey test for the means.

12 certified rabbits coming from IVIC were obtained. These were very young and had a low weight, an average of 800 g. Each rabbit was put in an individual cage and were named at random, and weighted at the beginning of the research. The alimentation based in rabbit chow, and supplemented with coconut oil in those cases that required increment of cholesterol levels.

The necessary routine was done to deworm the rabbits and at the end of two weeks of acclimatization to the vivarium conditions, at the beginning of each treatment the first blood samples were taken to determine the

nó un nombre al azar, se pesaron al inicio del estudio. La alimentación fue en base a conejarina y suplementada con aceite de coco para el caso que se fuera a inducir aumento del colesterol.

Se realizó la rutina necesaria para desparasitar a los conejos y al final de dos semanas de aclimatación a las condiciones del bioterio, se realizó la primera toma de muestra de sangre para determinar el nivel de colesterol antes de iniciar los tratamientos respectivos. En esta primera etapa todos se alimentaban con conejarina. Se realizaron pruebas de colesterol total (CT), lipoproteínas de alta densidad (HDL) y lipoproteínas de baja densidad (LDL).

Se dividieron los conejos en cuatro grupos al azar y se establecieron dos fases con cuatro tratamientos en cada una: la Fase I del estudio tuvo un mes de duración y consistió en provocar un aumento del colesterol en dos grupos de conejos, esto se logró alimentándolos con conejarina y aceite de coco al 30% durante un mes. Otros dos grupos de conejos continuaron siendo alimentados con conejarina solamente.

A y B Conejarina con aceite de coco 30%.

C y D Conejarina.

Posteriormente en la Fase II, se procedió a incluir verdolaga a la dieta de los conejos previamente alimentados con conejarina y aceite de coco, pero quitando el aceite de coco al tratamiento B, esto permitió determinar la disminución en el nivel de colesterol que había sido aumentado en la Fase I, y comprobar que la ingesta continua de aceite de coco influyó en la respuesta. De tal forma que en esta segunda fase los tratamientos fueron:

cholesterol levels. In this first phase, all rabbits were fed with rabbit chow. The samples of total cholesterol (CT), high density lipoproteins (HDL) and low density lipoproteins (LDL) were carried out.

The rabbits were divided into four groups at random and two phases with four treatments were established in each phase: Phase I of the research lasted one month and consisted on provoking an increment in the cholesterol levels in two groups of rabbits, this was achieved feeding the rabbits with rabbit chow and coconut oil at 30% for a month. Other two groups of rabbits continued being fed with rabbit chow only.

A and B Rabbit chow with coconut oil 30%

C and D Rabbit chow.

Later in Phase II, was proceeded to include purslane to the diet of the rabbits previously fed with rabbit chow and coconut oil, but eliminating the coconut oil to the treatment B, this allowed determining the reduction in the cholesterol level that had been increased in Phase I, and prove that the continuous ingest of coconut oil influenced in the answer. Likewise, in this second phase the treatments were:

Rabbit chow with coconut oil and purslane

Rabbit chow and purslane

Rabbit chow

Purslane

The levels of total serum cholesterol (CT), high density lipoproteins (HDL) and low density lipoproteins (LDL) were determined in the blood plasma of each group of rabbits using the colorimetric methods done in the Laboratory of IPPLUZ,

A. Conejarina con aceite de coco y verdolaga

B. Conejarina y verdolaga

C. Conejarina

D. Verdolaga

Los niveles de colesterol sérico total (CT), lipoproteínas de alta densidad (HDL) y lipoproteínas de baja densidad (LDL) fueron determinados en el plasma sanguíneo de cada grupo de conejos mediante métodos colorimétricos realizados en el Laboratorio del IPPLUZ, Universidad del Zulia. Los resultados obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) utilizando el paquete estadístico SAS.

Resultados y discusión

La proporción relativa de los ácidos grasos cambió con la baja irradiancia, tendiendo a aumentar las concentraciones de la fracción de los ácidos grasos en las hojas, incluyendo los ácidos grasos insaturados tan importantes como el ácido el linoleico y el linolénico es decir, el 18:2w6 y el 18:3w3 (cuadro 1). El ácido linoleico fue mayor en la sombra profunda (10%) mientras que el linolénico presentó su mayor fracción molar en la sombra parcial (30%). La presencia de ácidos grasos omega-3 en la verdolaga ha sido reportada en la literatura (Simopoulos 1987, Simopoulos y Salem 1986, Simopoulos *et al.*, 1992, Páez *et al.*, 2007). Sin embargo, el efecto de niveles diferentes de irradiancia sobre el crecimiento de esta planta y sobre la abundancia que ella posee en ácidos grasos omega-3 ha sido muy poco investigada (Páez *et al.*, 2007).

La baja irradiancia redujo la concentración de un grupo de ácidos

Universidad del Zulia. The results were submitted with the variance analysis (ANOVA) using the statistical software SAS.

Results and discussion

The relative proportion of fatty acids changed with the low irradiance, tending to increase the concentrations of the fraction of fatty acids in the leaves, including the unsaturated fatty acids such as the linoleic and linolenic acids, that is, 18:2w6 and 18:3w3 (table1). Linoleic acid was higher in deep shade (10%) while linolenic acid presented the highest mole fraction in the partial shadow (30%). The presence of omega-3 fatty acids in purslane has been reported in the literature (Simopoulos 1987, Simopoulos and Salem 1986, Simopoulos *et al.*, 1992, Páez *et al.*, 2007). However, the level effect of different irradiances on the growth of the plant, and the abundance of irradiance in omega-3 fatty acids have been little researched (Páez *et al.*, 2007).

The low irradiance reduced the concentration of a group of saturate fatty acids including 14:00, 23:00, 25:00 and 26:00 (table 2). With this was showed that the partial shadow did not only allow increasing the important polyunsaturated fatty acids, but it also reduced the fatty acids harmful for the health such as mirístico acid. Palmitici and estearico acids reduced in the shadow, but the difference was not significant compared to the one obtained in total sun light. Few researches have proved these results (Páez *et al.*, 2007).

Regarding the results of the essay with rabbits, it is important to mention

Cuadro 1. Concentración de ácidos grasos (nmol.mg⁻¹ de biomasa seca) de hojas de verdolaga crecidas en varios niveles de irradiancia.

Table 1. Concentration of fatty acids (nmol.mg⁻¹ of dry biomass) of purslane leaves grown at different irradiance levels.

Irradiancia	16:1w7c	16:1w13t	18:2w6	18:3w3
	Linoleico		Linolénico	
Luz solar total	01,65 ^b	20,5 ^b	51,1 ^b	464,1 ^b
Luz solar parcial	01,31 ^b	32,5 ^a	35,2 ^b	687,4 ^a
Sombra profunda	02,68 ^a	39,2 ^a	95,1 ^a	635,3 ^a

Letras diferentes entre las dos fases de la misma columna fueron significativamente diferentes al nivel del 5% para cada tratamiento.

grasos saturados, incluyendo el 14:0, 23:0, 24:0, 25:0 y 26:0 (cuadro 2). Con esto se manifestó que la sombra parcial no solo permitió aumentar los ácidos grasos poli-insaturados importantes, sino que también redujo los ácidos grasos tan nocivos para la salud como el ácido mirístico. Los ácidos palmítico y esteárico disminuyeron en la sombra, pero la diferencia no fue significativa en comparación con la obtenida en luz solar total. Muy pocas investigaciones reflejaron estos resultados (Páez *et al.*, 2007).

En cuanto a los resultados del ensayo con los conejos, es importante señalar que el valor normal de colesterol en los conejos fue 50 mg.dL⁻¹. En el cuadro 3 se presentan los valores de colesterol sérico total (CT), lipoproteínas de alta densidad (HDL) y lipoproteínas de baja densidad (LDL) obtenidos en la Fase I, es decir, después de un mes de estar alimentando a los conejos con conejarina y aceite de coco al 30%, y los valores correspondientes a la Fase II. También se indi-

that the normal value of the cholesterol in rabbits was 50 mg.dL⁻¹. In table 3 are presented the values of the total serum cholesterol (CT), high density lipoproteins (HDL) and low density lipoproteins (LDL) obtained in Phase I, that is, a month after have been feeding the rabbits with rabbit chow and coconut oil at 30%, and the corresponding values in Phase II. Are also mentioned the reduction percentage of total cholesterol (%), the reduction percentage of high density lipoproteins (HDL) and the reduction percentage of low density lipoproteins (LDL) measured by difference among the phases.

Rabbits fed with a diet with rabbit chow and purslane in Phase II had 48% of reduction in the total cholesterol. Such reduction was significant (table 3), while in the rabbits fed with rabbit chow, coconut oil and purslane in Phase II had 24% of reduction in the total cholesterol. The reduction was significant, but lower than in the rabbits which intake of coconut oil was

Cuadro 2. Concentración de ácidos grasos saturados ($\text{nmol}\cdot\text{mg}^{-1}$ de biomasa seca) obtenidos de hojas de verdolaga provenientes de plantas cultivadas en tres niveles de irradiancia.

Table 2. Concentration of saturate fatty acids ($\text{nmol}\cdot\text{mg}^{-1}$ de dry biomass) obtained from purslane leaves coming from plants cropped at three irradiance levels.

Irradiancia	14:0	16:0	18:0	23:0	24:0	25:0	26:0
	Mirístico	Palmitico	Estearico				
Luz	0,35a	18,13	2,24	0,09 ^a	0,54 ^a	0,16	0,22 ^a
Solar total							
Luz	0,16b	17,33	2,22	0,02 ^b	0,44 ^b	0,12	0,21 ^a
Solar parcial							
Sombra	0,14b	16,24	1,96	0,00 ^b	0,44 ^b	0,11	0,14 ^b
Profunda							

Letras diferentes entre las dos fases de la misma columna fueron significativamente diferentes al nivel del 5% para cada tratamiento.

Cuadro 3. Colesterol sérico Total (CT), HDL y LDL mg·dL⁻¹ determinados en conejos antes y después de ser alimentados con dietas ricas en aceite de coco. Se incluyen también los controles alimentados con conejarina solamente y los controles alimentados antes con conejarina y después con verdolaga durante todo el ensayo. También se presentan los porcentajes de disminución de los valores correspondientes.

Table 3. Total serum cholesterol (CT), HDL and LDL mg·dL⁻¹ determined in rabbits before and after being fed with diets rich in coconut oil. Are also included the controls fed with conejarina only and the controls fed before with conejarina and later with purslane during the essay. Also, are presented the reduction percentages of the corresponding values.

Dieta	TC	Disminución %	HDL	Disminución %	LDL	Disminución %
Fase 1						
Conejarina y aceite coco	123 ^b		77 ^b		46 ^a	
Fase 2						
Conejarina, aceite coco, Verdolaga	94 ^a	24%	53 ^a	31%	41 ^a	11%
Fase 1						
Conejarina y aceite coco	106 ^b		57 ^b		49 ^b	
Fase 2						
Conejarina y verdolaga	55 ^a	48%	30 ^a	47%	25 ^a	49%
Fase 1						
Conejarina	38 ^a		36 ^a		2 ^a	
Fase 2						
Conejarina	36 ^a	5%	34 ^a	11%	2 ^a	
Fase 1						
Conejarina	39 ^a		35 ^a		4 ^b	
Fase 2						
Verdolaga	35 ^a	10%	32 ^a	9%	3 ^a	25%

can el porcentaje de disminución del colesterol total (%), el porcentaje de disminución las lipoproteínas de alta densidad (HDL) y el porcentaje de disminución de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) calculado por diferencia entre ambas fases.

Los conejos que fueron alimentados con la dieta de conejarina y verdolaga en la Fase II, tuvieron un 48% de disminución del colesterol total. En ellos la disminución del colesterol fue significativa (cuadro 3), mientras que en los conejos que fueron alimentados con conejarina, aceite de coco y verdolaga en la Fase II, tuvieron un 24% de disminución del colesterol total. En ellos la disminución fue significativa, pero menor que en aquellos conejos a los que se les suspendió el aceite de coco. Los conejos que fueron alimentados con verdolaga solamente en la Fase II tuvieron un 10% de disminución en el colesterol, aún cuando a estos conejos nunca se les indujo aumento del colesterol en la Fase I. Esta diferencia no fue significativa (cuadro 3).

La disminución del colesterol sérico en conejos inducido por la ingesta de verdolaga, confirmó las investigaciones reportadas en la literatura que destacaron la importancia de esta planta por su contenido de ácidos grasos omega-3 y además antioxidantes (Cross *et al.*, 2007; Omara-Alwala *et al.*, 1991; Páez *et al.*, 2007, Simopoulos *et al.*, 1995; Simopoulos, 1999; Simopoulos *et al.*, 1999; Simopoulos 2001a; Simopoulos 2001b; Simopoulos, 2004).

Se observó en los datos del cuadro 3, que por diferencia entre el colesterol total y el HDL, la ingesta de

suspended. The rabbits fed with purslane only in Phase II had 10% of reduction in the cholesterol, even when the cholesterol in these rabbits was never induced in Phase I. This difference was not significant (table 3). The reduction of the serum cholesterol in rabbits induced by the ingest of purslane, confirmed the researchers reported in the literature, which highlighted the importance of this plant by its content of omega-3 fatty acids and other antioxidants (Cross *et al.*, 2007; Omara-Alwala *et al.*, 1991; Páez *et al.*, 2007, Simopoulos *et al.*, 1995; Simopoulos, 1999; Simopoulos *et al.*, 1999; Simopoulos 2001a; Simopoulos 2001b; Simopoulos, 2004).

It was observed in the data shown in table 3, that because of the difference between the total cholesterol and HDL, the ingest of purslane during the Phase II reduced in five units the LDL cholesterol in rabbits which diet was rabbit chow, coconut oil and purslane; meanwhile, in the rabbits which diet in this phase was rabbit chow and purslane, the low density cholesterol LDL reduced in 24 units. This result was important because the harmful cholesterol was the one with low density. Hence, this result was significant because the harmful cholesterol was the one with low density. For this reason, this cholesterol is called bad cholesterol, while HDL is called good cholesterol.

Conclusion

It can be concluded that the consumption of purslane reduced the total serum cholesterol. There was a reduction of the total cholesterol even

verdolaga durante la Fase II redujo en cinco unidades el colesterol LDL, en los conejos cuya dieta fue conejarina, aceite de coco y verdolaga, mientras que en los conejos cuya dieta en esa fase fue conejarina y verdolaga, el colesterol de baja densidad LDL se redujo en 24 unidades. Este resultado tuvo importancia porque el colesterol nocivo fue el de baja densidad. Por ello se le denomina colesterol malo, mientras que el HDL se le denomina el colesterol bueno.

Conclusión

Puede concluirse que el consumo de verdolaga redujo el colesterol sérico total. Aún cuando los conejos fueron alimentados con una dieta rica en aceite de coco, hubo una disminución del colesterol total. El porcentaje de disminución del colesterol total fue mayor en los conejos que no continuaron con aceite de coco. Fue evidente que la verdolaga redujo el nivel de colesterol sérico en conejos. El tratamiento con conejarina y verdolaga permitió mantener un nivel alto del colesterol bueno (HDL) y bajar muy significativamente el colesterol LDL. Estos resultados fueron promisorios, ya que permitieron utilizar una fuente alternativa de menor costo y de tipo vegetal para solucionar el problema del aumento en los niveles de colesterol.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al CONDES (Universidad del Zulia) y al FONACIT por financiar la parte de esta investigación realizada en Venezuela. Asimismo, expresan su

when the rabbits were fed with a diet rich in coconut oil. The reduction percentage of the total cholesterol was higher in rabbits that did not continue taking the coconut oil. It was evident that purslane reduced the serum cholesterol level in rabbits. The treatment with rabbit chow and purslane allowed keeping a high level of good cholesterol (HDL) and significantly reduce the LDL cholesterol. These results were promissory, since these allowed using a low-cost vegetal alternative source to solve the problem in the increment in cholesterol levels.

Acknowledgments

The authors thank CONDES (Universidad del Zulia) and FONACIT by financing the part of the research carried out in Venezuela. Likewise, the authors express their gratitude by the finance and support provided by the program of the Bioenergy Feedstock Development, US Department of Energy in the Oak Ridge National Laboratory, managed by UT-Battelle, LLC of the US Department of Energy, under the contract No DE-AC05-00OR22725, and the Laboratory of IPPLUZ, Universidad del Zulia, where were carried out the determinations of the plasmatic cholesterol.

End of english version

gratitud por el financiamiento y apoyo recibido a través del programa de Bioenergy Feedstock Development de US Department of Energy en el Oak Ridge National Laboratory, gerenciado por UT-Battelle, LLC, del

US Department of Energy bajo el contrato No DE-AC05-00OR22725 y al Laboratorio del IPPLUZ, Universidad del Zulia donde se realizaron las determinaciones de colesterol plasmático.

Literatura citada

- Chan, J.K., V.M. Bruce y B.E. McDonald. 1991. Dietary gamma-linolenic acid is as effective as oleic acid and linoleic acid in lowering blood cholesterol in normolipidemic men. *Am. J. Clin. Nutr.* 53:1230-1234.
- Cross, V., J.J. Martínez-Sánchez y J.A. Franco. 2007. Good yields of common purslane with a high fatty acid content can be obtained in a peat-based floating system. *Hort Technology* 17(1):14-20.
- Lara, L.J. y J.A. Fernández. 2008. Optimización de la siembra manual de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) en bandejas flotantes tipo styrofloat. Proyecto Fin de Máster. Departamento de Producción Vegetal. Campus Paseo Alfonso XIII. ETSIA. Universidad Politécnica de Cartagena. 17 p.
- Páez, A., P.M. Páez, M.E. González, A. Vera, D. Ringelberg y T.J. Tschaplinski. 2007. Crecimiento, carbohidratos solubles y ácidos grasos de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) sometida a tres niveles de radiación. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 24:642-660.
- Omara-Alwala, T.R., T. Mebrahtu, D.E. Prior y M.O. Ezekwe. 1991. Omega-three fatty acids in Purslane (*Portulaca oleracea*) tissues. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 68(3):198-199.
- Simopoulos, A.P. 1987. Terrestrial sources of w3 fatty acids: purslane. pp. 93-107. En: Quebedeaux B. Bliss F.A. (Eds.). *Horticulture and Human Health: Contributions of Fruits and Vegetables*. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall.
- Simopoulos, A.P. y N. Salem Jr. 1986. Purslane: A terrestrial source of w-3 fatty acids. *N. Engl. J. Med.* 315(13):833.
- Simopoulos, A.P., H.A. Norman, J.E. Gillaspay y J.A. Duke. 1992. Common Purslane: A source of Omega-3 fatty acids and antioxidants. *J. Am. Coll. Nutr.* 11(4):374-382.
- Simopoulos, A.P., H.A. Norman y J.E. Gillaspay. 1995. Purslane in human nutrition and its potential for world agriculture. *World Rev. Nutr. Diet* 77:47-74.
- Simopoulos, A.P. 1999. Essential fatty acids in health and chronic disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 70(3 suppl):560S-569S.
- Simopoulos, A.P., A. Leafy y N. Salem Jr. 1999. Essentiality of and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. *Ann. Nutr. Metab.* 43:127-130.
- Simopoulos, A.P. 2001a. Mediterranean diets. What is so special about the diet of Greece? The Scientific Evidence. *J. Nutr.* 131:3065S-3073S.
- Simopoulos, A.P. 2001b. Evolutionary aspects of diet and essential fatty acids. pp. 88:18-27. En: T. Hamasaki, H. Okuyama (Eds.). *Fatty acids and lipids. New Findings*. World Rev. Nutr. Diet.
- Simopoulos, A.P. 2004. Omega-3 fatty acids and antioxidants in edible wild plants. *Biol. Res.* 37:263-277.
- Tschaplinski, T.J., R.J. Norby y S.D. Wullschlegler. 1993. Responses of loblolly pine seedling to elevated CO₂ and fluctuating water supply. *Tree physiol.* 13:283-296.