

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE “*In vivo*” DE TRES FRUTOS DE LA AMAZONÍA: *Gustavia augusta* L., *Grias neuberthii* Macbr y *Theobroma bicolor*

Dora García^{1*}, Víctor Sotero², Dalva Mancini³, Rosângela Pavan Torres⁴,
Jorge Mancini Filho⁴

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó la actividad antioxidante “*in vivo*” del chope (*Gustavia augusta* L), sachamangua (*Grias neuberthii* Macbr), y macambo (*Theobroma bicolor*), de frutos colectados en la región amazónica peruana. Fueron utilizados 32 ratones albinos del linaje Wistar. Se les dividió en cuatro grupos de ocho animales y un grupo de control. Se les administró 200 µl de los extractos acuosos de los frutos en estudio, y a los de control una solución de glucosa al 1%. Se evaluó en un periodo de 28 días y se obtiene que: En el tejido adiposo, los ácidos grasos poliinsaturados fueron superiores a los de control, destacando el grupo de macambo con 40%. En el hígado, el sachamango logró proteger mejor los ácidos grasos y presenta el valor de 51,11%. En el cerebro, hubo un incremento en la concentración de ácido oleico para los grupos de sachamango 21,55% y macambo 21,77%; ácido linoleico para los grupos chope y sachamangua (1,29 y 1,37%). Los ácidos grasos poliinsaturados fueron superiores a los de control, destacando chope 48,14% y macambo 48,57%.

Palabras clave: *Gustavia augusta*, *Grias neuberthii*, *Theobroma bicolor*, antioxidantes.

EVALUATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITY “*In vivo*” OF THREE AMAZON FRUITS: *Gustavia augusta* L., *Grias neuberthii* Macbr AND *Theobroma bicolor*

ABSTRACT

In the present study the antioxidant activity was evaluated “*in vivo*” of the chope (*Gustavia augusta* L), sachamangua (*Grias neuberthii* Macbr), and macambo (*Theobroma bicolor*), of fruits collected in the Peruvian Amazon region. They were utilized 32 albino mice of the lineage Wistar. It was divided them into four groups of eight animals and a control group. It was administered them water extracts of the fruits in study, in the concentration of 200 µl and to those of control a solution of glucose to the 1%. It was evaluated in a period of 28 days and is obtained the following results: Fat tissue: the polyunsaturated fatty acids were over those of control, emphasizing the group of macambo with 40%. Sachamango group protected better to the fatty acids in the liver and presents the value of 51,11%, as well as in the brain there was an increment in the concentration of oleic acid, for the groups of sachamango 21,55% and macambo 21,77%; linoleic acid, for the groups chope and sachamangua (1,29 and 1,37%). The polyunsaturated fatty acids were over those of control, emphasizing chope 48,14% and macambo 48,57%.

Key words: *Gustavia augusta*, *Grias neuberthii*, *Theobroma bicolor*, antioxidants

¹ Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. UNAP-Iquitos-Perú.

² Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. IIAP-Iquitos-Perú

³ Laboratorio de Virología, Instituto Butantã, São Paulo, Brasil.

⁴ Facultad de Ciencias Farmacéuticas de la Universidad de Sao Paulo

* dora@usp.br, doegato@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Los frutos chope (*Gustavia augusta* L.), sachamangua (*Grias neuberthii* Macbr) y macambo (*Theobroma bicolor*) son originarios de la amazonía peruana, siendo los dos primeros pertenecientes a la familia Lecytidaceae y el tercero a la familia sterculiaceae; sus frutos son parte de la dieta del poblador amazónico, sea en forma directa, como es el caso de chope y sachamangua o tostando sus semillas, como es el caso del macambo¹.

Se ha encontrado que tanto la pulpa de chope y sachamangua, así como las semillas de macambo presentan un importante porcentaje de inhibición de la actividad antioxidante tanto de sus extractos acuosos, alcohólicos y etéreos, cuando evaluados “in vitro” y comparados con el BHT sintético^{2,3,4}.

Los antioxidantes son sustancias que presentan la propiedad de inhibir las alteraciones oxidativas que puede sufrir una molécula. Todas las moléculas presentes en la naturaleza son blancos potenciales del daño oxidativo: lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, carbohidratos y otras. Entre los principales antioxidantes naturales se tiene a los compuestos fenólicos, el ácido ascórbico, el α -tocopherol, los carotenoides, siendo encontrados con mayor frecuencia en las fuentes vegetales, destacándose los frutos, semillas y aceites vegetales⁵.

La destrucción de moléculas lipídicas se manifiesta por la peroxidación, la cual es definida como el deterioro oxidativo de los lípidos poliinsaturados⁶. La oxidación lipídica origina la rancidez debido a la producción de compuestos responsables de los malos olores y la ocurrencia de elevado número de reacciones de polimerización y de rompimiento molecular. Estas reacciones no sólo disminuyen el tiempo de vida y el valor nutritivo de los productos alimenticios, sino que también pueden generar compuestos nocivos al organismo. Los fenómenos de oxidación de los lípidos dependen de mecanismos de reacción diversos y extremadamente complejos, los cuales están relacionados con el tipo de estructura lipídica y el medio donde los lípidos se encuentran, El número y la naturaleza de las insaturaciones presentes, el tipo de interfase³ entre los lípidos y el oxígeno, la exposición a la luz y al calor, la presencia de prooxidantes o de antioxidantes, son factores determinantes para la estabilidad oxidativa de los lípidos⁷.

De acuerdo con la literatura, los ácidos grasos ingeridos en la dieta, que se encuentran en la posición sn-2 de los triglicéridos son los más importantes desde el punto de vista nutricional. Siendo que el destino de los sn-2 monoalquilglicéridos resultantes de la digestión, van a depender de las características fisicoquímicas del ácido graso. Si éste fuera saturado y de cadena larga (de pequeña ocurrencia en la posición sn-2, con excepción del ácido esteárico), no va a ser soluble, siendo arrastrado en las heces y si fuera un ácido graso monoinsaturado o poliinsaturado o sn-2 monoalquilglicerol será absorbido y reesterificado en las células intestinales en sus posiciones libres (sn-1 y sn-3), por los ácidos grasos de origen endógena, y los triglicéridos resultantes serán llevados a circulación como quilomicron^{8,9}.

El objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad antioxidante “in vivo” de tres especies amazónicas, como son el chope, macambo y sachamangua, mediante la ingesta de extractos acuosos a ratones por 28 días y, entre éstos el análisis comparativo de su perfil de ácidos grasos.

PARTE EXPERIMENTAL

Material.

Se utilizaron frutos de chope (*Gustavia augusta* L), sacha mangua (*Grias neuberthii* Macbr) y macambo (*Theobroma bicolor*), colectados en los alrededores de la ciudad de Iquitos, y 32 ratones machos albinos del linaje Wistar, (*Rattus norvegicus*, variedad Albinus Rodentia), recién desmamados y obtenidos a partir de la colonia procedente del Bioterio de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas de la Universidad de São Paulo (FCF/USP).

Obtención de la harina para los análisis

Los frutos fueron descascarados, despulpados y retiradas las semillas, manualmente. Las pulpas de los frutos de chope, sachamangua y las semillas del macambo, fueron secadas a 60°C en estufa ventilada. Parte de este material fue colocada en frascos con atmósfera de nitrógeno y almacenada en freezer a -18°C; la otra parte fue triturada en un mixer a la temperatura ambiente (24±1°C) y tamizada (tamiz 32-Mesh). Las harinas así obtenidas fueron acondicionadas en frascos color ámbar bajo una atmósfera de nitrógeno y almacenadas en freezer a -18°C, hasta la realización de cada una de las determinaciones.

Obtención de los extractos

El extracto etéreo, etanólico y acuoso de las harinas de chope, sachamangua y macambo, fueron obtenidos por el método de extracción secuencial (figura 1).

Se pesaron 20 gramos de harina de cada una de las muestras, adicionados 100 ml de éter etílico y agitado en el homogenizador por una hora a temperatura ambiente (24°C); en seguida la solución es filtrada en embudo de Buchner y completado el volumen a 100 ml con éter etílico. Los residuos fueron recuperados a través de secado en estufa a 60°C; se pesó. Para la obtención de los demás extractos (alcohólico y acuoso), se siguió el mismo procedimiento de obtención que para el extracto etéreo, en la misma proporción de 1:5. Fueron colocados en frascos color ámbar, con atmósfera de nitrógeno y almacenados a -18°C.

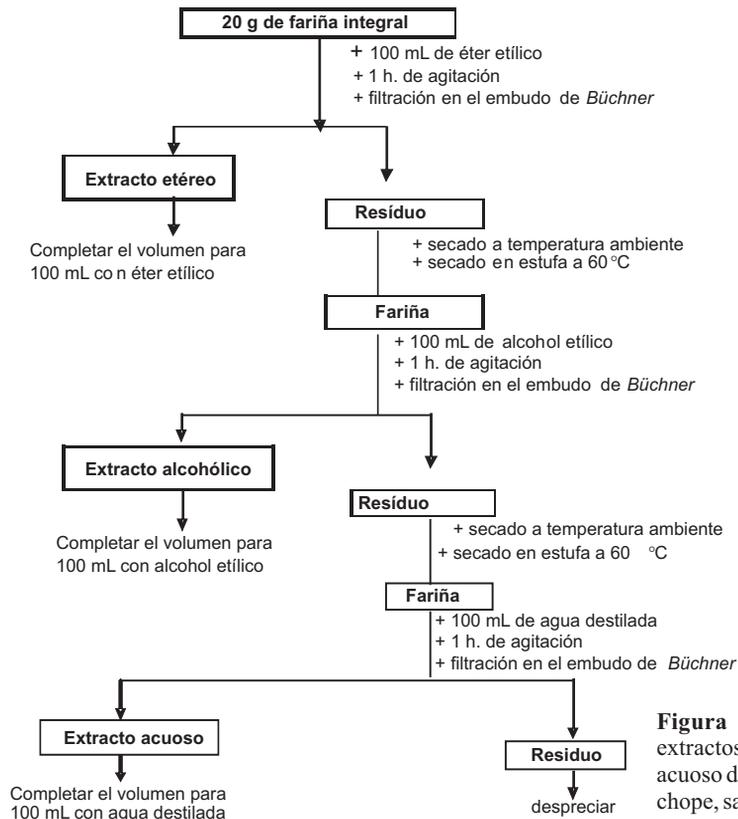


Figura 1. Obtención de los extractos etéreo, alcohólico y acuoso de la harina de los frutos de chope, sachamangua y macambo.

Actividad antioxidante “in vivo”

Para evaluar la actividad antioxidante in vivo, se realizó de la siguiente manera:

Todos los grupos fueron de ocho ratones cada uno, y se les administró extractos acuosos en medidas de 200 μ l de los diferentes frutos en estudio. Se mantuvo un grupo control, al cual se les administró 200 μ l de un placebo de glucosa al 1%. El consumo de agua y ración alimenticia fue “ad libitum”. El periodo del experimento fue de 28 días.

Para diferenciar la evolución de la actividad antioxidante de los extractos, se sacrificaron los ratones y se les realizó análisis de perfil de ácidos grasos en el tejido adiposo, cerebro, hígado y plasma. Para lo cual se mutilan las muestras y se someten a comparación con un estándar de ésteres metílicos de ácidos grasos, utilizando un cromatógrafo de gases, marca Shimadzu modelo 17-A, equipado con detector de ionización de llama y una columna capilar de 30 m por 0,25 mm de diámetro interior (carboxmax 20). La temperatura para la operación fue inicialmente de 150°C, y programada para incrementarse hasta 210°C a 3°C/min. Se utilizó helio como gas de arrastre, a razón de 1 ml/min¹⁰.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan los promedios y porcentajes de aumento de peso de los ratones del grupo control y de los ratones que recibieron 200 μ l de los extractos acuosos de chopé, sachamangua y macambo durante 28 días. Se observa que el mayor aumento de peso fue en los ratones del grupo que recibió el extracto del chopé.

Los animales presentaron un desarrollo dentro de lo esperado demostrando así que no hay efectos antinutricionales en los extractos estudiados que pueda comprometer el crecimiento de los animales.

Tabla 1. Media del porcentaje del aumento de peso de los ratones control y de los ratones que fueron administrados con 200 μ l del extracto acuoso de los frutos de chopé, sachamangua y macambo durante 28 días

Días	control	chopé	sachamangua	macambo
0	56,85 \pm 4,10	53,76 \pm 11,83	58,79 \pm 2,57	57,98 \pm 3,70
7	83,65 \pm 7,35	86,51 \pm 6,18	84,51 \pm 3,83	86,99 \pm 5,38
14	109,86 \pm 10,02	116,46 \pm 8,55	114,74 \pm 9,92	117,35 \pm 8,46
21	129,29 \pm 11,81	148,09 \pm 11,65	146,67 \pm 11,62	141,80 \pm 13,68
28	158,19 \pm 15,65	173,94 \pm 19,37	168,74 \pm 16,24	164,10 \pm 16,76
Peso ganado (g.)	101,34^a	120,18^a	109,95^a	106,12^a

^a No difieren estadísticamente entre sí al nivel de 5%.

Tabla 2. Perfil de ácidos grasos del tejido adiposo de los ratones del grupo control y de los ratones que fueron administrados con 200 µl del extracto acuoso de los frutos durante 28 días.

Ác. grasos	Control	Chopé	Sacha mangua	Macambo
C 10:0	0,14 ± 0,09 ^a	0,09 ± 0,04 ^a	0,11 ± 0,05 ^a	0,16 ± 0,08 ^a
C 12:0	0,36 ± 0,21 ^a	0,26 ± 0,12 ^a	0,29 ± 0,09 ^a	0,40 ± 0,16 ^a
C 14:0	1,67 ± 0,15 ^a	1,57 ± 0,23 ^a	1,52 ± 0,25 ^a	1,61 ± 0,15 ^a
C 15:0	0,26 ± 0,05 ^a	0,25 ± 0,02 ^{ab}	0,26 ± 0,06 ^{abc}	0,33 ± 0,08 ^{ac}
C 16:0	24,84 ± 1,97 ^a	24,10 ± 1,96 ^a	23,31 ± 2,18 ^a	23,03 ± 0,92 ^a
C 17:0	0,25 ± 0,04 ^a	0,25 ± 0,02 ^{ab}	0,25 ± 0,04 ^{abc}	0,30 ± 0,06 ^{ac}
C 18:0	3,96 ± 0,51 ^a	3,83 ± 0,36 ^a	3,77 ± 0,58 ^a	3,82 ± 0,64 ^a
C 20:0	0,09 ± 0,01 ^a	0,07 ± 0,01 ^a	0,07 ± 0,02 ^a	0,07 ± 0,01 ^a
	Σ 31,57	Σ 30,42	Σ 29,58	Σ 29,72
Saturados				
C 16:1	4,98 ± 0,91 ^a	4,95 ± 1,16 ^a	4,56 ± 1,55 ^a	4,42 ± 0,93 ^a
C 17:1	0,26 ± 0,12 ^a	0,22 ± 0,03 ^a	0,23 ± 0,04 ^a	0,28 ± 0,07 ^a
C 18:1	24,87 ± 1,16 ^a	25,65 ± 1,10 ^{ab}	24,77 ± 0,98 ^{abc}	24,17 ± 0,49 ^{ac}
C 20:1	0,38 ± 0,06 ^a	0,34 ± 0,04 ^a	0,37 ± 0,08 ^a	0,37 ± 0,06 ^a
	Σ 30,49	Σ 31,16	Σ 29,93	Σ 29,24
Monoinsaturados				
C 18:2	30,75 ± 1,77 ^a	33,74 ± 3,09 ^{ab}	35,92 ± 3,41 ^b	35,84 ± 1,42 ^b
C 18:3	2,01 ± 0,21 ^a	1,99 ± 0,31 ^a	2,10 ± 0,37 ^a	2,17 ± 0,26 ^a
C 20:3	0,26 ± 0,14 ^a	0,23 ± 0,03 ^a	0,21 ± 0,04 ^a	0,22 ± 0,02 ^a
C 20:4 (n -6)	1,35 ± 0,30 ^a	1,28 ± 0,26 ^a	1,19 ± 0,33 ^a	1,32 ± 0,26 ^a
C 20:5	0,09 ± 0,02 ^a	0,11 ± 0,02 ^a	0,08 ± 0,03 ^a	0,10 ± 0,02 ^a
C 22:5	0,17 ± 0,04 ^a	0,17 ± 0,06 ^a	0,12 ± 0,05 ^a	0,13 ± 0,04 ^a
C 22:6	0,35 ± 0,09 ^a	0,32 ± 0,08 ^a	0,30 ± 0,10 ^a	0,34 ± 0,07 ^a
	Σ 34,98	Σ 37,84	Σ 39,92	Σ 40,12
Poliinsaturados				
	nd 2,96	nd 0,58	nd 0,57	nd 0,92

Nota:

Los valores están expresados en media desvío padrón.

nd = no detectado

^{a,b,c} Medias en la misma línea seguidas de letras diferentes, difieren estadísticamente entre sí al nivel de 5%, comparando las muestras con el grupo control.

En la tabla 2 se presenta el perfil de ácidos grasos del tejido adiposo de los ratones del grupo control y de los ratones de los grupos experimentales que recibieron los extractos acuosos de las muestras de chopé, sachamangua y del macambo.

Dentro de los datos presentados, se puede observar una mayor incidencia de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados. Se verifica también que dentro de éstos, el ácido linoleico se presentó en mayor cantidad en los animales que recibieron extractos acuosos de los frutos en relación al grupo control. Es posible que este efecto esté relacionado con la acción protectora de los compuestos fenólicos en los extractos administrados.

Las sumatorias de los ácidos grasos poliinsaturados fueron superiores en los animales que recibieron los extractos acuosos de macambo, sachamangua y chopé cuando son comparados con el grupo control, indicando así que existe un posible efecto protector de los extractos sobre los ácidos grasos poliinsaturados.

De acuerdo a la tabla 3 donde son presentados los resultados de la peroxidación lipídica de los hígados de los ratones, tanto del grupo control como de los grupos experimentales, se observa que hubo una diferencia estadísticamente significativa en relación al grupo control, y la mejor protección fue para el macambo (0,06 μmol de MDA/mg de proteína) que presentó mejores resultados comparados con los otros dos extractos.

Se puede atribuir esta diferencia a la acción de los compuestos fenólicos de los extractos administrados toda vez que actuarían como antioxidantes de los ácidos grasos.

Asociando las informaciones entre el perfil de los ácidos grasos de los hígados (tabla 4) y la medida de la peroxidación lipídica (tabla 3) verificamos que hubo incremento en el contenido de los ácidos linoleico, araquidónico, y docosahexaenóico en los grupos experimentales en relación al control y menor concentración de malonaldehído se puede deducir que hay una fuerte evidencia de la acción inhibitoria de los compuestos fenólicos de los extractos sobre el proceso oxidativo en el tejido.

Tabla 3. Peroxidación lipídica de los hígados de los ratones control y de los ratones que fueron administrados con 200 μl del extracto acuoso de los frutos durante 28 días

Grupos	Peroxidación lipídica (μmol de MDA/mg de proteína)
Control	0,11 \pm 0,01 ^a
Chopé	0,09 \pm 0,02 ^b
Sachamangua	0,08 \pm 0,03 ^b
Macambo	0,06 \pm 0,01 ^c

Nota:

Los valores están expresados en medias desvío padrón.

^{a,b,c} Medias en la columna seguidas de letras diferentes, difieren estadísticamente entre sí al nivel de 5 % ($P < 0.05$) comparando las muestras con el grupo control.

Tabla 4. Perfil de ácidos grasos de los hígados de los ratones control y de los ratones que fueron administrados con 200 µl del extracto acuoso de los frutos durante 28 días

Ác. Grasos	Control	Chopé	Sacha mangua	Macambo
C 12:0	0,48 ± 0,08	nd	nd	nd
C 14:0	0,61 ± 0,26 ^a	0,31 ± 0,04 ^b	0,34 ± 0,06 ^b	0,36 ± 0,09 ^b
C 15:0	0,36 ± 0,05 ^a	0,41 ± 0,08 ^a	0,37 ± 0,09 ^a	0,43 ± 0,10 ^a
C 16:0	16,67 ± 1,77 ^a	16,83 ± 0,68 ^a	16,15 ± 1,79 ^a	16,56 ± 0,98 ^a
C 17:0	0,78 ± 0,06 ^a	0,73 ± 0,21 ^a	0,68 ± 0,12 ^a	0,90 ± 0,21 ^a
C 18:0	15,70 ± 2,51 ^a	17,04 ± 1,10 ^a	14,81 ± 1,42 ^{ab}	17,33 ± 0,81 ^{ac}
	Σ 34,6	Σ 35,32	Σ 32,35	Σ 35,58
Saturados				
C 16:1	1,22 ± 0,45 ^a	0,68 ± 0,23 ^b	0,74 ± 0,26 ^a	0,79 ± 0,09 ^b
C 17:1	nd	0,27 ± 0,11 ^a	nd	0,28 ± 0,07 ^a
C 18:1	13,82 ± 2,71 ^a	10,16 ± 0,55 ^b	11,15 ± 1,96 ^a	10,38 ± 0,94 ^b
C 20:1	nd	nd	nd	0,27 ± 0,07
	Σ 15,04	Σ 11,11	Σ 11,89	Σ 11,72
Monoinsaturados				
C 18:2	20,48 ± 1,25 ^a	22,52 ± 1,52 ^a	21,61 ± 1,95 ^a	21,84 ± 1,71 ^a
C 18:3	0,67 ± 0,21	0,55 ± 0,09	0,62 ± 0,21	0,54 ± 0,13
C 20:2	nd	nd	1,26 ± 0,77	0,75 ± 0,14
C 20:3	0,77 ± 0,13 ^a	0,76 ± 0,11 ^a	0,70 ± 0,21 ^a	nd
C 20:4 (n-6)	17,79 ± 2,65 ^a	21,40 ± 1,79 ^b	18,21 ± 2,28	22,37 ± 1,91 ^b
C 20:4 (n-3)	nd	0,30 ± 0,09	2,07 ± 0,89	0,33 ± 0,09
C 20:5	nd	0,29 ± 0,05	nd	0,26 ± 0,05 ^a
C 22:3	nd	nd	2,43 ± 1,00	nd
C 22:5	0,62 ± 0,14 ^a	0,80 ± 0,11 ^a	0,81 ± 0,25 ^a	0,79 ± 0,13 ^a
C 22:6	3,28 ± 0,52 ^a	3,84 ± 0,26 ^a	3,40 ± 0,53 ^a	3,41 ± 0,50 ^a
	Σ 43,61	Σ 50,46	Σ 51,11	Σ 50,29
Poliinsaturados				
	nd 6,75	nd 3,11	nd 4,65	nd 2,41

Nota:

Los valores están expresados en media desvío padrón.

nd=no detectado

^{a,b,c} Medias en la misma línea seguidas de letras diferentes, difieren estadísticamente entre sí al nivel de 5%, comparando las muestras con el grupo control.

Además, se puede observar también la presencia de ácidos grasos de cadena larga, tales como el C 20:4 (n-3) y C 20:5 productos de la elongación y desaturación de los ácidos grasos esenciales, los cuales son altamente susceptibles al proceso oxidativo por el elevado número de dobles enlaces, siendo esto una evidencia más de la inhibición de la oxidación de los compuestos fenólicos presentes en los extractos de las muestras.

No fue verificada diferencia estadística en el contenido del DHA y del EPA; pero hubo incremento en los grupos experimentales; por tanto, se hace necesario investigar si tanto el aumento del tiempo de consumo como la concentración de los extractos puedan tener una mayor acción antioxidante sobre los ácidos grasos de los tejidos.

De acuerdo con los datos del perfil de ácidos grasos de los cerebros de los ratones del grupo control y de los ratones de los grupos experimentales presentados en la tabla 5, se puede observar que en los grupos experimentales sachamangua y macambo hubo un incremento en el contenido de ácido oleico, así como el ácido linoleico tuvo la misma tendencia para los grupos chopé y sachamangua, siendo que este incremento no fue estadísticamente significativo cuando es comparado con el grupo control. Sin embargo, fue observado la presencia de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga como C 20:5 y C 22:5 en los grupos experimentales. Tales ácidos grasos son resultantes de la síntesis a partir del ácido linoleico, lo que lleva a suponer que también en el cerebro los extractos administrados a los ratones presentaron acción antioxidante del ácido linoleico, permitiéndose así que hubiese la síntesis de esos compuestos. Acentuando la evidencia de la acción protectora de los compuestos fenólicos de los extractos testados

Tabla 5. Perfil de ácidos grasos de los cerebros de los ratones control y de los ratones que fueron administrados con 200 µl del extracto acuoso de los frutos durante 28 días

Ác. grasos	Control	Chopé	Sachamangua	Macambo
C 14:0	0,16 ± 0,03 ^a	0,15 ± 0,02 ^{ac}	0,28 ± 0,16 ^b	0,16 ± 0,03 ^{ac}
C 16:0	19,32 ± 0,46 ^a	19,99 ± 0,89 ^{ab}	19,23 ± 0,93 ^a	18,74 ± 0,60 ^{ab}
C 17:0	0,29 ± 0,06 ^a	0,40 ± 0,3 ^a	0,26 ± 0,03 ^a	0,31 ± 0,03 ^a
C 18:0	21,68 ± 0,40 ^a	21,31 ± 0,6 ^{a 3}	21,66 ± 0,20 ^a	21,55 ± 0,17 ^a
C 20:0	0,42 ± 0,12 ^a	0,30 ± 0,05 ^a	0,35 ± 0,06 ^a	0,35 ± 0,09 ^a
C 22:0	0,29 ± 0,06 ^a	nd	nd	nd
	Σ 42,16	Σ 42,15	Σ 41,78	Σ 41,11
Saturados				
C 16:1	0,53 ± 0,05 ^a	0,51 ± 0,08 ^{ac}	0,38 ± 0,05 ^{bd}	0,57 ± 0,12 ^{ac}
C 17:1	4,42 ± 0,15 ^a	4,26 ± 0,13 ^a	4,39 ± 0,25 ^a	4,49 ± 0,20 ^a
C 18:1	21,27 ± 0,96 ^a	20,09 ± 0,90 ^{ac}	21,55 ± 0,81 ^{ab}	21,77 ± 1,00 ^{ab}
C 20:1	1,87 ± 0,43	1,54 ± 0,40	2,06 ± 0,41	2,10 ± 0,58
	Σ 28,09	Σ 26,40	Σ 28,38	Σ 28,93

sigue pág. 52 ...

...viene de pág. 51

Monoinsaturados				
C 18:2	1,17 ± 0,31 ^a	1,29 ± 0,48 ^a	1,37 ± 0,64 ^a	1,02 ± 0,15 ^a
C 20:2	0,14 ± 0,05 ^a	0,53 ± 0,19 ^a	nd	0,39 ± 0,09
C 20:3	0,20 ± 0,09 ^a	0,19 ± 0,03 ^a	nd	nd
C 20:4 (n-6)	9,99 ± 0,47 ^a	9,96 ± 0,68 ^a	9,54 ± 0,49 ^a	9,59 ± 0,69 ^a
C 20:5	nd	0,25 ± 0,05	0,29 ± 0,05	0,31 ± 0,05
C 22:5	nd	0,45 ± 0,12	0,36 ± 0,06	0,40 ± 0,08
C 22:6	11,40 ± 0,50	11,60 ± 0,38 ^a	11,25 ± 0,26 ^a	11,18 ± 0,47 ^a
	Σ 22,90	Σ 24,27	Σ 22,81	Σ 22,89
Poliinsaturados				
	nd 6,85	nd 7,18	nd 7,03	nd 7,07

Nota:

Los valores están expresados en media ± desvío padrón.

nd = no detectado

^{a,b,c,d} Medias en la misma línea seguidas de letras diferentes, difieren estadísticamente entre sí al nivel de 5%, comparando las muestras con el grupo control.

Trabajando con dietas¹¹ conteniendo 100 ppm de α -tocoferol, 100 ppm de BHT y 1,4 gr de extracto de alecrín proporcionados a los peces (paco) en cautiverio, se demostró que el uso de antioxidantes en la dieta alteró la composición de los ácidos grasos en los filetes del “paco”, siendo que los valores de TBARS y la irradiación confirmaron el papel importante de los antioxidantes para proteger a los ácidos grasos frente a la oxidación lipídica concordando con nuestros resultados.

En la tabla 6 están presentados los ácidos grasos del plasma de los ratones control y de los animales experimentales; observándose mayores contenidos de los ácidos grasos insaturados en comparación con los ácidos grasos del plasma del grupo control (39,92%). Destacándose los ácidos grasos insaturados en los animales que recibieron extracto de macambo (48,57%) y de chopé (48,14%) y con menor contenido para la sachamangua (47,12%). De la misma forma, como ya fue comentado en los otros experimentos, el mantenimiento de la integridad de los ácidos grasos insaturados se debe a diversos mecanismos, siendo uno de ellos la capacidad de los antioxidantes que el organismo presenta. Dentro de los factores que puedan estimular esta propiedad en los organismos están los antioxidantes consumidos.

Individualmente se destaca el ácido linoleico (C 18:2) en las tres muestras cuyos contenidos fueron significativamente superiores a los del grupo control. Vale también resaltar la diferencia producida del contenido del ácido araquidónico (C20:4). Estos valores incrementados sugieren que los compuestos fenólicos pudieran ser absorbidos y transportados a través del plasma para alcanzar los tejidos estudiados del hígado, el tejido adiposo y el cerebro, teniendo una acción protectora durante todo el proceso fisiológico y metabólico de los animales.

Tabla 6. Perfil de ácidos grasos del plasma de los ratones control y de los ratones que fueron administrados con 200 µl del extracto acuoso de los frutos durante 28 días

Ác. grasos	Control	Chopé	Sacha mangua	Macambo
C 12:0	0,33 ± 0,10 ^a	0,38 ± 0,08 ^a	0,40 ± 0,10 ^a	0,39 ± 0,14 ^a
C 14:0	2,86 ± 0,78 ^a	2,49 ± 0,37 ^a	2,56 ± 0,43 ^a	2,38 ± 0,32 ^a
C 15:0	0,58 ± 0,17 ^a	0,56 ± 0,09 ^a	0,64 ± 0,11 ^a	0,65 ± 0,08 ^a
C 16:0	22,50 ± 1,44 ^a	18,82 ± 0,98 ^b	19,43 ± 0,99 ^b	18,86 ± 1,17 ^b
C 17:0	0,95 ± 0,52 ^a	1,17 ± 0,57 ^c	1,06 ± 0,42 ^a	1,53 ± 1,43 ^a
C 18:0	8,23 ± 1,68 ^a	9,93 ± 0,99 ^b	9,61 ± 0,76 ^{ab}	9,96 ± 0,66 ^b
	Σ 35,45	Σ 33,35	Σ 33,70	Σ 33,77
Saturados				
C 16:1	1,81 ± 0,63 ^a	1,55 ± 0,33 ^a	2,08 ± 0,31 ^a	1,62 ± 0,47 ^a
C 17:1	0,63 ± 0,27 ^a	0,93 ± 0,38 ^{ab}	0,87 ± 0,25 ^{ab}	0,49 ± 0,08 ^{ac}
C 18:1	13,54 ± 1,65 ^a	12,92 ± 1,20 ^a	13,57 ± 1,41 ^a	13,18 ± 1,21 ^a
	Σ 15,98	Σ 15,40	Σ 16,52	Σ 15,29
Monoinsaturados				
C 18:2	23,07 ± 1,17 ^a	27,50 ± 2,09 ^b	28,73 ± 1,82 ^b	28,94 ± 1,59 ^b
C 18:3	1,26 ± 0,57 ^a	1,05 ± 0,29 ^a	1,10 ± 0,19 ^a	1,00 ± 0,15 ^a
C 18:4	0,67 ± 0,20 ^a	0,50 ± 0,19 ^a	0,57 ± 0,04 ^a	nd
C 20:2	1,22 ± 0,45 ^a	0,88 ± 0,22 ^{ab}	1,15 ± 0,25 ^{ab}	0,67 ± 0,46 ^b
C 20:4 (n-6)	12,57 ± 2,66 ^a	16,86 ± 1,16 ^b	14,41 ± 2,52 ^{ab}	16,51 ± 1,87 ^b
C 22:6	1,13 ± 0,27 ^a	1,35 ± 0,12 ^b	1,16 ± 0,22 ^{ab}	1,45 ± 0,19 ^b
	Σ 39,92	Σ 48,14	Σ 47,12	Σ 48,57
Poliinsaturados				
	nd 8,65	nd 3,11	nd 2,66	nd 2,37

Nota:

Los valores están expresados en media desvío padrón.

nd = no detectado

^{a,b,c} Medias en la misma línea seguidas de letras diferentes, difieren estadísticamente entre sí al nivel de 5%, comparando las muestras con el grupo control.

Teniendo en cuenta los resultados promisorios obtenidos en los diferentes experimentos de este trabajo, se percibe la necesidad de la realización de otros estudios en esta misma línea, visando una adecuación de la dosis con el efecto, y obtención de mayores informaciones volcada a la seguridad en el consumo de antioxidantes naturales por los humanos.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los análisis realizados se puede concluir que:

- Por el aumento del peso de los ratones que recibieron los extractos acuosos de los tres frutos testados se puede concluir que los animales se desarrollaron normalmente, demostrando así que las muestras no presentaron efectos antinutricionales aparentes.
- Las mejores “protecciones” de los extractos acuosos en las muestras sobre los ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados “in vivo” con respecto al control fueron:
 - a. En el tejido adiposo los extractos de las tres muestras presentaron buena protección.
 - b. En el cerebro los extractos presentaron buena protección siendo detectados los ácidos grasos de cadena larga en los grupos experimentales, tales como el C 20:5 y C 22:5.
 - c. En el plasma los extractos presentan buena protección y preservación de los ácidos grasos poliinsaturados, tales como el C 18:2 (ω -6), C 20:4 (ω -6) y C 22:6 (ω -3).
 - d. En el hígado, órgano que desempeña importante papel en la metabolización de los compuestos fenólicos y de los ácidos grasos, se destaca la elevada protección frente a la oxidación, siendo que el valor del TBARS fue menor para el grupo experimental “macambo”. Además de eso, se observó la aparición de ácidos grasos de cadena larga en los grupos experimentales, tales como el C 20:4 (ω -6), C 20:5 (ω -3) en los grupos del “chopé” y del “macambo” y C 22:3 (ω -3) en el grupo de la “sachamangua”.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a CAPES “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior”, por el apoyo financiero otorgado para poder desarrollar esta investigación; a la Facultad de Ciencias Farmacéuticas de la Universidad de São Paulo por el apoyo en la parte experimental. El presente trabajo fue parte de la Tesis de la autora principal para obtener el grado de Doctora en Ciencia de los Alimentos y, finalmente a la Sociedad Química del Perú por darnos la oportunidad de hacer realidad la publicación del artículo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Flores, P.S. Cultivo de frutales nativos amazónicos: Manual para el extensionista. Lima. Secretaría Pro Tempore, 1997, p. 307.
2. García, D.E.G., Mancini, D.A.P., Pavan Torres, R., Mancini-Filho, J. Antioxidant activity of macambo (*Theobroma bicolor*) extracts. *Eur. J. Lipid. Sci. Technol*, 2000; 104: 278-281.
3. García, D.E, Sotero V.E, Manzini D, Pavan Torres, R., Mancini filho J., Actividad antioxidante de los extractos del chope (*Gustavia augusta* L). *Rev. Soc. Quím. Perú*, 2009; (75)3: 374-381,
4. García de Sotero, D., Pavan Torres, R., Mancini Dalva, Portari, A., Jorge Mancini filho, J. Actividad antioxidante de los frutos de la sachamangua (*Grias neubertii* Macbr). *Alimentaria*, 2003; N° 343:87-92,

5. Gutteridge, J.M.C., halliwell, B. Antioxidants in nutrition, health and disease. Oxford. New York, Oxford University, 1994; p. 143
6. Halliwell, B, Gutteridge, J,M.C. Free radicals in biology and medicine. 2 ed. Oxford. Clarendon, 1989; p. 366-415.
7. Silva, F.A.M. Borges, M.F.M. Ferreira, M.A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. *Qui. Nova*. São Paulo, 1999; v. 22, n. 1, p. 94-103.
8. Miller, K.W., Small, D.M. Structure of trygliceride-rich lipoproteins and analysis of core and surphase phases. In: GOTTO Jr. A new comprehensive biochemistry: plasma proteins. New York. Elsevier, 1987; p. 1-75.
9. Valenzuela, A. Digestión de los triglicéridos. PUFA infocus: LC-polyunsaturasted fatty acids. Santiago, 1999; n.2, p. 2-4.
10. Hartman, L., Lago, B.C.A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids, *Lab. Pract*, 1973; 22:475-477.
11. Santana, L.S., Mancini-Filho, J. Influence of the addition of antioxidants *in vivo* on the fatty acid composition of fish fillets. *Food Chem. Amsterdam*, 2000; v.68; p. 175-178.