



Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 1 (2): 244-261. Julio-Diciembre, 2010
http://www.rvcta.org
ISSN: 2218-4384 (versión en línea)
© Asociación RVCTA, 2010. RIF: J-29910863-4. Depósito Legal: ppi201002CA3536.

Comunicación

Valor nutritivo de pan con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), fortificado

Nutritive value of bread with partial substitution of wheat flour (*Triticum aestivum*) by arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), fortified

María Elena **León Marrou***, Misael Ydilbrando **Villacorta González**

Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Agroindustrial.
Avenida Larco, Cuadra 17, Distrito de Víctor Larco Herrera, Provincia de Trujillo,
Departamento de La Libertad, Perú

*Autora para correspondencia: mleon@ucv.edu.pe

Aceptado 08-Enero-2011

Resumen

Se realizó un estudio de la composición química y el valor nutricional de pan fortificado con hierro, elaborado en Perú, con sustitución parcial de harina de trigo en un 40 % por una masa de consistencia pastosa de raíces de Arracacha, un cultivo andino subexplotado por la aplicación de tecnologías empíricas y desplazado por patrones de consumo foráneo. Se describen brevemente aspectos tecnológicos de la elaboración del pan. El pan fortificado presenta contenidos de proteína 8,32 %; grasa 10,11 % y carbohidratos 55,13 % con un valor energético de 344,79 kcal/100 g; aporta principalmente K (77,05 mg/100 g), Fe (> 5 mg/100 g), P (19,87 mg/100 g), Ca (19,29 mg/100 g) y Mg (11,93 mg/100 g), entre otros y vitaminas A (28,52 UI) y C (10,75 UI), estando presentes en menor cuantía las vitaminas E y del complejo B. Para los elementos y vitaminas, el pan satisface parte de las Cantidades Diarias Recomendadas y en ninguno de los casos los Niveles de Ingesta Máximos Tolerables son excedidos.

Palabras claves: *Arracacia xanthorrhiza*, cultivos andinos, fortificación del pan, sustitución parcial de harinas.

Abstract

A study of the chemical composition and nutritional value of iron-fortified bread, made in Peru, with partial replacement of wheat flour (40 %) by Arracacha roots (pasty mass consistency), an Andean crop underexploited by empirical application of technologies and shifted by foreign consumption patterns, was realized. Briefly, the technological aspects of bread elaboration are described. Fortified bread contains protein 8.32 %; fat 10.11 % and carbohydrates 55.13 % with an energy value of 344.79 kcal/100 g; mainly contributes with K (77.05 mg/100 g), Fe (> 5 mg/100 g), P (19.87 mg/100 g), Ca (19.29 mg/100g) and Mg (11.93 mg/100 g), among others, and vitamin A (28.52 IU) and C (10.75 IU), being present vitamins E and B complex in smaller amount. For elements and vitamins, bread satisfies part of the Recommended Dietary Allowance and in any case the Tolerable Upper Intake Levels are exceeded.

Key words: Andean crops, *Arracacia xanthorrhiza*, fortification of bread, partial flour substitution.

INTRODUCCIÓN

Gracias a la biodiversidad andina, el Perú tiene un banco de productos, aún no aprovechados adecuadamente, entre estos, los granos seudocereales como la Kiwicha (Amaranto - *Amaranthus caudatus*), la Quinoa (*Chenopodium quinoa*) y la Cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) (Barbieri-Gambini, 2010), caracterizados por contener proteínas de alto valor biológico (Repo-Carrasco *et al.*, 2003) y el Tarwi (Chocho - *Lupinus mutabilis*), leguminosa caracterizada por la presencia de aminoácidos azufrados (metionina y cisteína) (Ayala, 2004). Algunos otros cultivos andinos que permanecen en nuestro medio sin haber alcanzado altos niveles de explotación comercial se encuentran en el rubro de las raíces y tubérculos. Entre los tubérculos, la Oca (*Oxalis tuberosa*), el Olluco (Ulluco, Melloco, Papalisa - *Ullucus tuberosus*) y la Mashua (Mashua, Isaño, Añu - *Tropaeolum tuberosum*), que representan buenas fuentes de energía por su alto contenido de almidones; y entre las raíces la Achira (Sagú, Achera - *Canna edulis*), el Yacón (Aricoma - *Polymnia sonchifolia*), el

Chago (Mauca - *Mirabilis expansa*), la Ahipa (Ajipa, Jicama - *Pachyrrhizus ahipa*), la Maca (Chichira, Maimo - *Lepidium meyenii*) y la Arracacha (Racacha, Zanahoria Blanca, Apio Criollo - *Arracacia xanthorrhiza*), todas ellas fuentes de energía por su alto contenido de almidones completos y aceites; además, de vitaminas y minerales (Ayala, 2004; Espín *et al.*, 2004).

Estos cultivos andinos, subexplotados en parte, por la aplicación de tecnologías empíricas y desconocimiento de una tecnología apropiada para su transformación, son cultivados por familias campesinas. Han sido y están siendo desplazados por cultivos que responden a patrones de consumo foráneo, por lo que es necesario el aprovechamiento adecuado de estos recursos agrícolas para el autoconsumo y la generación de ingresos, permitiendo participar a las familias campesinas en la economía de mercado.

Los productos elaborados a partir del trigo, especialmente el pan, fideos y harinas, forman parte importante de la dieta en el Perú y en la mayoría de los países del mundo. Sin embargo el Perú no es un país productor del

trigo y tiene que importar grandes cantidades de este cereal, cuyas fluctuaciones en el precio representan una agresión a la economía nacional.

La sustitución parcial de la harina de trigo con harinas de cultivos andinos permite mejorar el valor nutritivo del pan y otros productos elaborados en base a este cereal, aporta un ahorro de divisas por menor importación de trigo y da impulso a la agricultura e industria local por la creación de una demanda cada vez mayor de productos nativos (INIAP, 2000; Matos-Chamorro y Muñoz-Alegre, 2010).

En el caso de las Raíces y Tubérculos Andinos (RTAs) los países del grupo andino promueven el consumo de las mismas en formas fresca o procesada (García y Pacheco-Delahaye, 2008).

Entre las RTAs reviste importancia la Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), una raíz reservante de la cual existen morfotipos blancos, amarillos y morados (Pérez-Azahuanche y Caypo-Luna, 2007; García y Pacheco-Delahaye, 2008) y dependiendo de la variedad presenta contenidos porcentuales de proteína en intervalos de 3,48-3,82; grasa 0,59-0,84; fibra dietética 6,22-13,24; almidón 55,86-79,39 y cenizas 2,10-5,50 (Alfaro *et al.* 1999; García y Pacheco-Delahaye, 2008) e incluso ha sido determinado que presenta capacidad antioxidante (Peñarrieta *et al.*, 2005), siendo además un cultivo resistente a las condiciones climáticas y al ataque de plagas o enfermedades, y por tanto se siembra en armonía con el medio ambiente, no siendo necesario el uso de agroquímicos.

Importantes trabajos se han venido desarrollando para el aprovechamiento de esta especie y ha sido indicado que la harina de Arracacha puede ser empleada en la formulación de productos instantáneos, como por ejemplo, bebidas, papillas o atoles (García y Pacheco, 2009). Con la finalidad de diversificar el consumo de las raíces de Arracacha, Noguera y Pacheco (2000) elaboraron hojuelas con y sin

escaldado, fritas en aceite de girasol o manteca vegetal, donde las hojuelas sin escaldar fritas en aceite de girasol presentaron un alto contenido de fibra dietética, retuvieron menos grasas y en calidad global fueron las de más alto puntaje en el análisis sensorial. Para añadir valor agregado a la harina de Arracacha, García *et al.* (2007) diseñaron un alimento tipo sopa considerando recetas culinarias de la raíz, donde la metodología empleada permitió la obtención de una harina horneada y la propuesta de 4 formulaciones variando el contenido de la harina de 40 a 65 %; la viscosidad de gel formado de las sopas durante y después del calentamiento, resultó un factor importante para definir el producto final y su consideración para usos industriales por su alto poder espesante y de viscosidad con bajos niveles de retrogradación en los almidones.

García-Méndez y Pacheco de Delahaye (2007) formularon y elaboraron galletas dulces tipo 'wafer' u oblea, a partir de una harina compuesta de trigo con raíces de Arracacha (relaciones de harinas de trigo:arracacha de 90:10 % y 88:12 %), incorporando emulsificantes (yema de huevo, lecitina, aceite vegetal), saborizantes y aromatizantes (azúcar, sal vainillina y polvo de cacao), además de leche entera o completa como aporte proteico. En la evaluación sensorial de las galletas, la preferencia fue por la harina compuesta con 12 % de Arracacha. En la comparación de las propiedades funcionales de la harina de Arracacha (12 %) con una muestra control (100 % harina de trigo), se encontró una mayor capacidad de absorción de agua y menor de aceite en la masa elaborada con la harina de Arracacha. Con el mismo patrón de comparación en la evaluación de la composición química, se determinaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en los contenidos de fibra dietética y los minerales fósforo, hierro y calcio a favor de la harina compuesta con Arracacha 12 % y de proteína a favor de la muestra control. Concluyendo las autoras que la harina de Arracacha mezclada en

un 12 % con la harina de trigo, resultó un adecuado ingrediente en la formulación y elaboración de galletas dulces tipo ‘wafer’ u oblea con alta aceptación sensorial, constituyendo una alternativa como fuente de fibra dietética y una forma de aprovechamiento de este material amiláceo de producción autóctona en las regiones de la Cordillera Andina.

El Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN) conjuntamente con el Centro Internacional de la Papa (CIP) presentó una propuesta ante el International Development Research Centre (IDRC), en Canadá, titulada “Desarrollo de agroindustrias y mercados para la arracacha (1999-2001)”, cuyo objetivo superior fue contribuir a disminuir los niveles de pobreza en el área rural, propiciando el desarrollo local en microcentros de biodiversidad en Ecuador (San José de Minas), Bolivia (San Juan de La Miel) y Perú (Sucse) (CONDESAN-CIP, 1998). En el primer informe anual periodo (Marzo 1999 - Marzo 2000) se abordó el tema de “Mejorar la competitividad comercial de la arracacha fresca y procesada”, mediante la Agroindustria Rural que genere valor agregado en beneficio de los pequeños productores. En Bolivia y Ecuador mejorar la competitividad del producto en fresco mediante la disminución de las pérdidas de poscosecha y desarrollo de mercados y en el Perú (Distrito de Súcota, Provincia de Cutervo) mejorar la competitividad del procesado tradicional llamado “rallado de arracacha” que es producido mediante la combinación de raíces de Arracacha y miel de caña de azúcar cuya tecnología data de tiempos inmemoriales y ha sido transferida de generación en generación. Dicho producto se vende en mercados locales y regionales en forma de pasta envuelta en cortezas de tallo de plátano, se expende en 17 localidades y llega hasta Chiclayo (ciudad de la costa). Sin embargo es una actividad totalmente informal con circuitos de comercialización no conocidos (CONDESAN-CIP, 1998; CONDE_

SAN-CIP, 2000). Culminado el proyecto, la metodología para mejorar la competitividad de sistemas productivos locales basada en el fortalecimiento de lo que existe, permitió en corto tiempo mejorar la cadena productiva, desarrollar mercados, contribuir a la seguridad alimentaria local y reforzar la identidad cultural de los hombres y mujeres involucrados en el proyecto (Salas-Domínguez *et al.*, 2002).

En otro sentido, la fortificación de alimentos en lugar del enriquecimiento, se realiza cuando la dieta en general es deficiente en micronutrientes particulares (WHO/FAO, 2006; Beizadea, 2009) para satisfacer necesidades particulares de alimentación de determinados grupos de la población (Osuna *et al.*, 2006), e incluso sean vulnerables o no, previo estudios de los contribuyentes principales a la dieta para mejorar su ingesta (FAO/WHO, 2001; Pynaert *et al.*, 2005).

La anemia por deficiencia de hierro, es un importante problema de salud pública mundial y muchas poblaciones de los países latinoamericanos sufren una carga especialmente elevada. La deficiencia de hierro, entre otras causas, puede conducir a deterioro mental y problemas de conducta en los niños, incrementa el riesgo de resultados adversos durante el embarazo y disminuye la capacidad de trabajo físico y la productividad (WHO/FAO, 2006; Ramakrishnan y Semba, 2008).

La harina de trigo ha sido utilizada como vehículo para la fortificación y también la harina de maíz y arroz (Imhoff-Kunsch *et al.*, 2007; Beizadea, 2009). Guatemala fortifica la harina de trigo con 45 mg/kg de fumarato ferroso (Imhoff-Kunsch *et al.*, 2007).

El pan es un vehículo adecuado para la fortificación ya que forma parte de la dieta común en todo el mundo (Natri *et al.*, 2006) y en todas las clases sociales (Osuna *et al.*, 2006). Diversos trabajos se han realizado para fortificar el pan. En Perú, un producto denominado “Papapan” que se elabora sustituyendo parcialmente harina de trigo con

papa sancochada y harina de maíz se fortifica con mínimo 5 mg Fe/100 g (PRONAA-UGATSAN. 2008). También es de hacer notar la fortificación con vitamina B12 y ácido fólico (Winkels *et al.*, 2008), colecalciferol (Natri *et al.*, 2006), carbonato de calcio (Piscoya-Magallanes, 2002) y cinc (Abascal de la Vega, 2005).

Por lo expuesto, el objetivo de este trabajo fue realizar un estudio de la composición química y el valor nutricional de pan con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), no como harina, sino como masa pastosa en el proceso de elaboración de pan fortificado con hierro, lo que trae como ventajas la disminución de la pérdida de nutrientes que se da en el proceso de secado y de los costos que involucra la transformación a harina; aportando además nuevos conocimientos sobre el procesamiento a escala industrial del cultivo andino Arracacha y ofertando un pan con menor contenido de gluten dentro de su composición, lo cual beneficiaría a un gran sector de consumidores intolerantes al mismo (celíacos).

Finalmente, este trabajo está basado en una experiencia consolidada en el Perú a través de un producto con el nombre comercial de VIGO PAN y su elaboración implica innovación tecnológica utilizando materia prima procedente de nuestra biodiversidad genética, protegiendo de esta manera su conservación y proporcionándole un mayor valor agregado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materias primas e insumos. Criterios de selección

Las materias primas y los insumos deben ser aptos para consumo humano y preferentemente de procedencia nacional, los mismos deben contar con hoja técnica o informe de ensayo de calidad del producto por parte

del proveedor.

Las materias primas están constituidas por los componentes presentes en mayor cantidad en la formulación, como son las harinas de trigo y maíz (opcional), azúcar rubia, manteca vegetal y la raíz andina Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft).

Las harinas de trigo y maíz a utilizar deben estar adecuadamente procesadas, elaboradas en forma tal que se reduzca el contenido de fibra, se eliminen los taninos y otras sustancias fenólicas que puedan reducir la digestibilidad de las proteínas e interacciones con otros nutrientes. Deberán provenir de grano maduro, limpio, sano y seco.

El azúcar debe ser de granulometría fina, para facilitar el amasado en la preparación del producto.

Grasas y aceites deben ser de origen vegetal para añadirse al preparado a fin de aumentar la densidad energética del producto y satisfacer los requisitos mínimos exigidos.

La Arracacha debe cumplir con los siguientes requisitos: fresca y estar exenta de humedad (sin brotamientos), libre de olores y sabores extraños, libre de impurezas y materias extrañas visibles, libre de infecciones e infestaciones y estar exenta de cortes y cicatrices.

La Arracacha debe ser obtenida de la variedad “amarilla” prioritariamente, y posteriormente es sancochada, pelada y pasada por un prensador de papa. Este material se almacena en una cámara de conservación de capacidad 150 kg, en bolsas de polipropileno y se ingresa totalmente frío al proceso productivo del pan fortificado.

Los insumos son los componentes presentes en menor cantidad en la formulación, como es el caso de los emulsionantes, mejoradores de masa, sal yodada, esencias, levaduras, minerales y saborizante (sabor anís).

Para la fortificación se utiliza sulfato ferroso, una forma altamente soluble de hierro usualmente empleada en la fortificación de fórmulas infantiles y pan (Ramakrishanan y

Semba, 2008), para lo cual se considera su porcentaje de pureza.

El uso de bromatos en la preparación del pan fortificado de Arracacha, no está permitido, en cumplimiento con lo indicado en Resolución Ministerial del Ministerio de Salud (2002) y Ley del Congreso de la República (2003).

Formulación

En diversos ensayos previos realizados

con diferentes RTAs andinos, se determinó que la composición de los almidones de *Arracaccia xanthorrhiza* presentaron mayor digestibilidad (del 70 al 85 %) dependiendo de la variedad. Posteriormente se determinó que la relación óptima de harina de trigo:*Arracaccia xanthorrhiza* fue de 60:40 (datos no mostrados). En el Cuadro 1 se presenta la fórmula del pan fortificado VIGO PAN.

Cuadro 1.- Fórmula de pan fortificado (VIGO PAN) elaborado a partir de una masa fermentada conteniendo 60 % de harina de trigo y 40 % de Arracacha (*Arracaccia xanthorrhiza*).

Materia Prima	Rango aceptable de variabilidad (% en peso)	Porcentaje seleccionado (%)	Cantidad (kg)
Harina de trigo	58 - 60	60,0	18,0
Arracacha	38 - 41	40,0	12,0
Azúcar rubia	0,8 - 1,5	1,0	3,0
Manteca vegetal	1,3 - 1,8	1,5	0,5
Mejorador de masa	0,5 - 1,0	0,9	0,3
Sal yodada	0,8 - 1,0	0,9	0,3
Levadura seca	0,05 - 1,0	0,06	0,02

Obtención de la masa de Arracacha

La Arracacha ingresa al proceso de elaboración de pan **no como harina** sino como una masa de consistencia pastosa, es decir, la raíz previamente seleccionada es lavada, pelada, cortada, remojada, escurrida y nuevamente lavada, sancochada, prensada y enfriada a temperatura de 6-8 °C para ser mezclada con los demás ingredientes. De manera gráfica, en las Fig. 1 se presentan los pasos operacionales.

Elaboración del pan fortificado

Pesado

En el área de Dosimetría se procede al pesado de la Arracacha sancochada, las harinas de trigo y maíz, azúcar rubia y manteca vegetal,

en una balanza electrónica (marca EXCELL®, modelo FB530 – con indicador de peso e impresora) de 120 kg de capacidad.

El pesado de los insumos emulsionantes, mejoradores, sal, esencias, levaduras y minerales se realiza en una balanza electrónica (marca METTLER, modelo AC 100) de 5 kg de capacidad con 4 decimales (Fig. 2a).

Mezclado, amasado y sobado

Los ingredientes se mezclan, previa disolución en agua para el caso de la sal, azúcar y levadura. El resto se adiciona con la harina. El mezclado, amasado y sobado se realiza en una máquina amasadora-sobadora (marca NOVA, modelo KN50) por un tiempo de 15 min. La manteca vegetal se añade transcurrido la mitad de dicho tiempo (Fig. 2b).



a) Lavado de *Arracaccia xanthorrhiza*. b) Pelado y cortado. c) Remojo en agua potable fría con gotas de limón. d) Escurreido y lavado. e) Prensado (previamente sancochada). f) Arracacha prensada (consistencia pastosa).

Figura 1.- Pasos operacionales para la obtención de la masa de Arracacha.



a) Pesado de los insumos. b) Batido de los ingredientes. c) Reposo de la masa. d) Cortado de la masa. e) Boleado de la masa. f) Ingreso a la cámara de fermentación.

Figura 2.- Elaboración del pan fortificado. Formación de la masa.

La masa de Arracacha, con consistencia pastosa, se añade fría durante el proceso de batido de la masa evitando que ésta se recaliente y se separe la manteca del resto de los componentes; por otro lado, la adición del fortificante (sulfato ferroso), se lleva a cabo en esta etapa.

Finalmente, la masa se deja en reposo (Fig. 2c) durante un tiempo que fluctúa entre 8 y 12 h, en enfriamiento; extendida en forma laminar para que se enfríe de manera homogénea.

División y boleó

Después del mezclado, amasado y sobado, la masa se traslada a una máquina divisora de pedestal (marca NOVA, modelo 30M). El objeto de esta operación es asegurar siempre un tamaño uniforme y el mismo rendimiento (Fig. 2d). El boleó tiene por objeto acondicionar la masa para el moldeo. Este se realiza apretando suavemente cada porción de masa con la palma de la mano y dando un ligero movimiento de rotación hacia adentro (Fig. 2e).

Fermentación

El objetivo de esta etapa es conseguir el crecimiento final de tal forma que el pan alcance buen volumen. Se lleva a cabo en el área de fermentación en una cámara de fermentación (marca NOVA, modelo Max 750), siendo los parámetros: temperatura de 30° a 35 °C, humedad relativa 80 a 90 % y tiempo 90 min (Figs. 2f y 3a). Es de hacer notar que en pruebas preliminares, la adición de la levadura a la masa previo al ingreso a la cámara de refrigeración, permitió determinar una reducción radical del tiempo de fermentación, quedando establecido un tiempo de 90 min.

Horneado

El objetivo es cocer la masa. El horneado se lleva a cabo en un horno marca

NOVA, modelo Max 2000. Los parámetros son: temperatura 170-180 °C y tiempo de 15 a 18 min (Fig. 3b).

Enfriamiento

Luego del horneado, los panes en bandejas se enfrían a temperatura ambiental por un tiempo de 2 h (Fig. 3c).

Selección y empaçado

Mediante acciones manuales se efectúa el retiro total de las unidades que no reúnan las condiciones y características físicas de textura, uniformidad, color, entre otras, que deben tener los panes fortificados previo a su empaque y son depositadas en un tacho exclusivo para este producto. Los panes conformes se empaquetan en bolsas de polipropileno. Se colocan 25 panes de 75 g cada uno.

Sellado

Luego del empaçado se procede a sellar las bolsas de polipropileno, a través de selladoras manuales.

Almacenamiento

Luego se procede a estibar las bolsas en forma ordenada y adecuada sobre las parihuelas en rumas separadas (distancia entre parihuelas y con la pared de 0,5 m; distancia al techo de 0,6 m) en el almacén de uso exclusivo de producto terminado. El control de los panes producidos se lleva mediante kárdex.

Control de calidad

Concluida la producción, se verifica el buen estado del producto y la calidad de éstos de acuerdo a las fichas técnicas o informes de ensayo y la evaluación sensorial que se realiza. Se procede al muestreo de los lotes por un laboratorio acreditado ante el Instituto Nacional



a) Fermentación (Cámara de fermentación NOVA, Max 750). b) Horneado (Horno NOVA, Max 2000). c) Producto terminado.

Figura 3.- Elaboración del pan fortificado. Fermentación, horneado y enfriamiento.

de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), el cuál realiza los análisis microbiológicos y fisicoquímicos y emite un certificado de conformidad. Los requisitos que debe cumplir el pan fortificado se presentan en el Cuadro 2.

Distribución

En esta etapa se verifica que las condiciones higiénicas del transporte sean las adecuadas para transportar alimentos, así como se vigila que los bolsones de panes fortificados lleguen en buenas condiciones sanitarias a los centros educativos, congregaciones y/o centros de acopio. Se cuenta con un procedimiento de distribución.

Cuadro 2.- Requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que debe tener un pan para ser considerado fortificado (PRONAA-UGATSAN, 2010).

Requisitos fisicoquímicos				
Peso de la ración	75 g			
Energía por ración	Mínimo 255 kcal			
Proteína (N x 6,25)	Mínimo 10 % de energía total			
Grasa	20 - 35 % de la energía total			
Carbohidratos	La diferencia			
Humedad	Máximo 30 %			
Acidez	Máximo 0,70 % expresado en ácido láctico			
Ceniza	Máximo 2,5 %			
Hierro	Mínimo 5 mg			
Bromatos	Ausencia			
Requisitos microbiológicos				
Microorganismo	Límite por gramo			
	n	c	m	M
Aerobios mesófilos viables (UFC/g)	5	1	10 ⁴	10 ⁵
Coliformes (UFC/g)	5	1	10	10 ²
Mohos (UFC/g)	5	2	10 ²	10 ³
Salmonella en 25g	5	0	-	-

n = número de muestras examinadas.

c = número de aceptación.

m = límite microbiológico que, en un plan de dos clases, separa la calidad de la rechazable y en un plan de tres clases separa la calidad aceptable a la marginalmente (o medianamente) aceptable.

M = límite microbiológico que en un plan de tres clases separa la calidad marginalmente aceptable de la rechazable.

UFC: unidades formadoras de colonias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición química y valor nutricional del pan fortificado VIGO PAN

El Cuadro 3 presenta la composición química y el valor nutricional del pan fortificado con sustitución de 40 % de harina de trigo por Arracacha. La composición indica alto contenido de proteína (8,32 %), grasa (10,11 %) y carbohidratos (55,13 %), lo que ubica al alimento en una categoría de buen regulador del balance nutricional energético.

El valor aceptado por la FAO para un nivel seguro de ingesta de proteína es de 0,83 g/kg de peso corporal/día en adultos hombres y mujeres mayores de 18 años (FAO/WHO/UNU, 2002). Un adulto de 40 kg de peso corporal requiere 33,2 g/día y de 80 kg de peso corporal requiere 66,4 g/día. Niños de 7 a 10 años de peso corporal 28,1 kg requieren de 25,9 g/día y en niñas (peso corporal 28,5 kg) el requerimiento es de 26,2 g/día. Basándose en el nivel seguro de ingesta de proteína de la FAO, una ración de pan VIGO PAN (75 g) provee 18,8 %; 9,4 %; 24,1 % y 23,8 % de los requerimientos diarios de proteína para adultos de 40 kg, 80 kg, niños y niñas de 7 a 10 años, respectivamente.

En relación a la disponibilidad de minerales, el pan aporta principalmente potasio (77,05 mg/100 g), hierro (> 5 mg/100 g), fósforo (19,87 mg/100 g), calcio (19,29 mg/100 g) y magnesio (11,93 mg/100 g), lo que representa una contribución de elementos indispensables en las funciones fisiológicas del cuerpo humano.

Una ración de pan VIGO PAN (75 g) aporta 0,058 g de potasio a la AI ('Adequate Intake') o Ingesta Adecuada en niños de 4 a 8 años de 3,8 g/día; favoreciendo el normal funcionamiento de las células del organismo y previniendo la hipocalcemia (NAS, 2005); satisface parte de la RDA ('Recommended Dietary Allowance') o Cantidad Diaria Recomendada de hierro en niños, adolescentes

Cuadro 3.- Composición química y valor nutricional del pan con sustitución de 40 % de harina de trigo por Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla, fortificado.

Componente	Cantidad
Valor energético (kcal/100 g)	344,79
Grasa (g/100 g)	10,11
Proteínas (g/100 g)	8,32
Carbohidratos (g/100 g)	55,13
Fibra (g/100 g)	2,71
Potasio (mg/100 g)	77,05
Fósforo (mg/100 g)	19,87
Hierro (mg/100 g)	mín 5*
Sodio (mg/100 g)	1,39
Manganeso (mg/100 g)	0,40
Magnesio (mg/100 g)	11,93
Calcio (mg/100 g)	19,29
Cinc (mg/100 g)	0,48
Selenio (mg/100 g)	0,93
Vitamina A (UI/100 g)	28,52
Vitamina B1 (Tiamina) (mg/100 g)	0,11
Vitamina B2 (Riboflavina) (mg/100 g)	0,06
Vitamina B3 (Niacina) (mg/100 g)	1,24
Vitamina B6 (Piridoxina) (mg/100 g)	0,11
Vitamina C (UI/100 g)	10,75
Vitamina E (UI/100 g)	0,02

UI = Unidades Internacionales.

1 UI vitamina A = 0,3 µg de retinol.

1 µg de retinol = 1 RAE, 12 µg β-caroteno, 24 µg α-caroteno, o 24 µg β-criptoxantina.

1 UI vitamina C = 50 µg (0,05 mg) de vitamina C.

* La cantidad varía. La fortificación mínima es de 5 mg/100 g y nunca supera el Nivel de Ingesta Máximo Tolerable de 40 mg/día.

y adultos; promoviendo beneficios en las funciones de transporte de oxígeno (NAS, 2001a). En relación a este elemento, la cantidad puede variar y se ajusta de acuerdo al grado de pureza del ingrediente utilizado para alcanzar la

fortificación mínima de 5 mg/100 g acorde a la normativa PRONAA-UGATSAN (2010) (por ejemplo, para aportar 5 mg de hierro 25 mg de sulfato ferroso heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) son requeridos). Una ración de pan VIGO PAN (75 g) aportaría, fortificado con la cantidad mínima requerida en este caso de 3,75 mg; un 37,5 % de la RDA de niños de 4 a 8 años (10 mg/día), sin exceder el UL ('Tolerable Upper Intake Levels') o Nivel de Ingesta Máximo Tolerable de 40 mg/día (IOM, 2010b).

En fósforo aporta 14,90 mg de los 500 mg/día de RDA en niños de 4 a 8 años; contribuyendo a evitar la hipofosfatemia y sus efectos que incluyen anorexia, anemia, debilidad general e incremento a la susceptibilidad a infecciones, entre otros (NAS, 1997a); en calcio 14,47 mg; compensando las deficiencias de este elemento ampliamente conocido por su rol en la salud de los huesos (IOM, 2010a) y en magnesio 8,95 mg; el cual es un cofactor requerido como componente activador de múltiples sistemas enzimáticos y coadyuvante en la generación de energía en el metabolismo (NAS, 1997b).

El relación al contenido de vitaminas el pan aporta principalmente vitaminas A (28,52 UI) y C (10,75 UI), estando presentes en menor cuantía la vitamina E y vitaminas del complejo B. Estas últimas de importancia por su roles fisiológicos cumpliendo funciones como coenzimas en el metabolismo de carbohidratos (tiamina), aminoácidos (piridoxina) y numerosas reacciones de óxido-reducción (riboflavina) (FAO/WHO, 2001).

Una ración de pan VIGO PAN (75 g) aporta 6,42 μg de vitamina A expresados en μg de retinol o RAE ('Retinol Activity Equivalent') a la RDA en niños de 4 a 8 años (400 μg RAE/día); vitamina importante para la visión normal, reproducción, crecimiento y función inmune (NAS, 2001b); y aporta 0,40 mg de vitamina C a la RDA en niños de 9 a 13 años (45 mg/día) y adultos hombres y mujeres de 19 a > 70 años de 90 mg/día y 75 mg/día, respectivamente; contribuyendo a proveer protección

antioxidante (NAS, 2000).

En ninguno de los casos, para los elementos y vitaminas los ULs son excedidos.

Comparación con otros panes

Reyes-Aguilar *et al.* (2004) desarrollaron un producto de panificación (pan) con sustitución parcial de harina de trigo por harina de arroz a diferentes porcentajes de sustitución. Los autores determinaron en base a análisis estadístico de las características físicas y prueba de preferencia, al pan con 30 % de sustitución con harina de arroz, como el mas adecuado a fines del objetivo del estudio. El pan obtenido (trigo:arroz; 70:30) presentó un contenido de proteína mayor (11,36 %) y menor de carbohidratos y grasa (51,65 % y 4,48 %, respectivamente) al del pan VIGO PAN (Cuadro 3). Cabe destacar, que al comparar con un pan 100 % trigo, elaborado como patrón por los mismos autores, se presentan similares resultados (proteína 13,22 %; carbohidratos 49,40 % y grasa 3,85 %). Los contenidos de Na para ambos panes fueron de 184 y 173 mg/100 g (100 % trigo y trigo:arroz; 70:30), valores mayores al del pan VIGO PAN.

Mousa *et al.* (1992) compararon la composición química y el valor nutritivo de 6 diferentes tipos de panes de consumo local en Arabia Saudita (samouli, mafrood, burr, tannouri, tamees y korsan) elaborados con harina de trigo. Los contenidos de proteína oscilaron de 12,2 % (samouli) a 13,8 % (korsan), en carbohidratos de 70,8 % (korsan) a 82,3 % (mafrood) y en grasa de 0,6 % (burr) a 3,3 % (tamees). En este caso, el pan VIGO PAN, presenta valores inferiores de proteína y carbohidratos pero mayor contenido de grasa. En relación al contenido mineral, el pan VIGO PAN presenta menores valores de Na, K, P, Mg y Mn; mayor valor de Ca que los 6 panes árabes y un contenido de Zn que se ubica dentro del intervalo indicado por los autores (0,4-2,0 mg/g).

Al comparar con panes de mijo y maíz (variedades no especificadas) elaborados por

Al-Kanhal *et al.* (1999), el pan VIGO PAN presenta mayores contenidos de proteína, carbohidratos y grasa (mijo – proteína 8,1 %, carbohidratos 40,2 %, grasa 1,9 %; maíz – proteína 6,6 %, carbohidratos 41,9 %, grasa 0,7 %). La disponibilidad de minerales del pan VIGO PAN es mayor en Ca y menor en Na, K y P. Los contenidos de tiamina indicados por los autores en pan de mijo (0,02 mg/100 g) y de maíz (0,03 mg/100 g) son menores y los de riboflavina (0,13 y 0,09 mg/100 g, respectivamente) mayores a los del pan VIGO PAN y en relación al contenido de vitamina A 8,56 µg RAE/100 g (28,52 UI/100 g) el aporte es menor al contenido del pan de mijo de 122 µg RE/100 g (Retinol Equivalent).

Comparando con otro pan de mijo (*Pennisetum americanum*) de elaboración casera, no comercial que fue estudiado por Khalil y Sawaya (1984) en sus contenidos de minerales y vitaminas, el pan VIGO PAN presenta mayor contenido de Zn y niacina que los valores publicados por los autores (1,89 ± 0,06 mg/100 g y 0,87 mg/100 g, respectivamente).

En relación al valor energético del pan fortificado VIGO PAN (Cuadro 3), este es mayor a los valores en pan de mijo y maíz presentados por Al-Kanhal *et al.* (1999) de 202 kcal/100 g y 200 kcal/100 g, respectivamente; y menor al límite inferior del intervalo señalado por Mousa *et al.* (1992) de 354,6 kcal/100 g (korsan) a 398,1 kcal/100 g (tamees). Asimismo, el aporte de energía de la proteína equivale al 10 % y el de la grasa al 26 % del valor energético del pan, cumpliendo con la normativa peruana PRONAA-UGATSAN (2010) (Cuadro 2).

Las comparaciones anteriores se llevaron a cabo con panes elaborados con cereales siendo la Arracacha una raíz y en algunos casos el perfil de nutrientes fue superior; y por todo lo expresado, el pan fortificado VIGO PAN es un alimento nutritivo, y su ingesta favorecería el mantenimiento del

balance de nutrientes en la dieta diaria lo que promueve el equilibrio en la salud (Wicks *et al.*, 2006).

CONCLUSIONES

El pan fortificado VIGO PAN constituye una alternativa viable que permite la sustitución parcial de harina de trigo en un 40 % por Arracacha, aporta importantes contenidos de proteína, grasa y carbohidratos, además de minerales (especialmente K, Fe por la fortificación P, Ca y Mg) y vitaminas (especialmente vitaminas A y C), favoreciendo el balance de nutrientes mediante su ingesta y cumple los requisitos de la normativa para pan fortificado de PRONAA-UGATSAN (2010) en Perú.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abascal de la Vega, Luisa Fernanda. 2005. Propuesta de elaboración de pan blanco fortificado con zinc para el consumo de pacientes en el Hospital Roosevelt. Tesis. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2338.pdf
- Alfaro, Gonzalo; Illanes Walker; Vera, Blasco; Tórrez Edwin y Larondelle, Yván. 1999. Obtención de harinas de raíces y tubérculos andinos. En Raíces y tubérculos andinos. Avances de investigación (Tomo I). (pp. 223-241). Centro Internacional de la Papa (CIP) – Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN). Lima, Perú: Epígrafe Editores, S. A.
- Al-Kanhal, M.A.; Al-Mohizea, I.S.; Al-Othaimeen, A.I. and Khan, M. Akmal. 1999. Nutritive value of various breads in Saudi Arabia. *International Journal of Food Science and Nutrition*. 50(5):345-349.

- Ayala, Guido. 2004. Aporte de los cultivos andinos a la nutrición humana (7). En Raíces andinas: contribuciones al conocimiento y a la capacitación. Serie: conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: una década de investigación para el desarrollo (1993-2003). (pp. 101-112). N° 6. Universidad Nacional de Cajamarca - Centro Internacional de la Papa - Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. Lima, Perú.
- Barbieri-Gambini, Bruno. 2010. Agroalimentos. Perspectivas de granos y alimentos en la región. Asociación de Egresados de la Universidad Nacional Agraria La Molina. 1-10. http://www.lamolina.edu.pe/EXALUMNO_S/aeguna/pdfs/GRANOS_Y_ALIMENTO_S_2010-2011.pdf
- Beizadea, Elena. 2009. Fortification of wheat flour. Romanian Biotechnological Letters. 14(2):4300-4306.
- CONDESAN-CIP. 1998. Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina- Centro Internacional de la Papa. Promoción de cultivos andinos: Desarrollo de agroindustrias y mercados para la arracacha (1999-2001). <http://www.condesan.org/memoria/arracacha/arra21998.PDF>
- CONDESAN-CIP. 2000. Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina- Centro Internacional de la Papa. Promoción de cultivos Andinos: Desarrollo de agroindustrias y mercados para la arracacha. Informe Anual Periodo (Marzo 1999 - Marzo 2000). <http://www.condesan.org/memoria/arracacha/InformeAnual99-00.pdf>
- Congreso de la República. 2003. Ley que prohíbe el uso de la sustancia química bromato de potasio en la elaboración del pan y otros productos alimenticios destinados al consumo humano. Ley 27932.
- Espín, Susana; Villacrés, Elena y Brito, Beatriz. 2004. Caracterización físico - química, nutricional y funcional de raíces y tubérculos andinos (Capítulo IV). En Raíces y tubérculos andinos: alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. (pp. 91-116). N° 4. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias - Centro Internacional de la Papa - Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. Quito, Ecuador - Lima, Perú.
- FAO/WHO. 2001. Food and Agriculture Organization of the United Nations-World Health Organization. Human vitamin and mineral requirements. (Report of a joint FAO/WHO expert consultation Bangkok, Thailand), Rome.
- FAO/WHO/UNU. 2002. Food and Agriculture Organization of the United Nations-World Health Organization-United Nations University. Protein and amino acid requirements in human nutrition. (Report of a Joint WHO/FAO/UNU expert consultation on protein and amino acid requirements in human nutrition). WHO Technical Report Series, N° 935. Geneva.
- García, A.; Pacheco-Delahaye, E.; Tovar, J. y Pérez, E. 2007. Caracterización físicoquímica y funcional de las harinas de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) para sopas instantáneas. Ciencia y Tecnología Alimentaria. 5(5):384-393.
- García, Auris y Pacheco, Emperatriz. 2009. Hidrólisis enzimática *in vitro* y microscopía electrónica de la harina horneada y extrudida de arracacha. Agronomía Tropical. 59(3):297-308.
- García, Auris y Pacheco-Delahaye, Emperatriz. 2008. Caracterización postcosecha del apio criollo cultivado en el Municipio Tovar, Estado Mérida - Venezuela. Agronomía Tropical. 58(4):409-416.
- García-Méndez, Auris Damely y Pacheco de Delahaye, Emperatriz. 2007. Evaluación de galletas dulces tipo wafer a base de

- harina de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* B.). Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín. 60(2):4195-4212.
- Imhoff-Kunsch, Beth; Flores, Rafael; Dary, Omar and Martorel, Reynaldo. 2007. Wheat flour fortification is unlikely to benefit the neediest in Guatemala. The Journal of Nutrition. 137:1017-1022.
- INIAP. 2000. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Aplicaciones agroindustriales de raíces y tubérculos andinos. Informe técnico de avances. Línea de acción 34. Período septiembre 1999 a septiembre 2000. 8-45.
- IOM. 2010a. Institute of Medicine of the National Academies. Dietary reference intakes for calcium and vitamin D. Report Brief. <http://www.iom.edu/~media/Files/Report%20Files/2010/Dietary-Reference-Intakes-for-Calcium-and-Vitamin-D/Vitamin%20D%20and%20Calcium%202010%20Report%20Brief.pdf>
- IOM. 2010b. Institute of Medicine of the National Academies. ULs for vitamins and elements. <http://iom.edu/Activities/Nutrition/SummaryDRIs/~media/Files/Activity%20Files/Nutrition/DRIs/ULs%20for%20Vitamins%20and%20Elements.pdf>
- Khalil, J.K. and Sawaya, W.N. 1984. Mineral and vitamin contents of Saudi Arabia pearl millet flour and bread. Cereal Chemistry. 61(4):301-304.
- Matos-Chamorro, Alfredo y Muñoz-Alegre, Karen Isabel. 2010. Elaboración de pan con sustitución parcial de harina precocida de ñuña (*Phaseoleus vulgaris* L.) y tarwi (*Lupinus mutabilis*). Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos. 1(1):31-35.
- Ministerio de Salud. 2002. Declaran aditivo bromato de potasio inapto para el consumo humano. Resolución Ministerial 1608-2002-SA/DM. Perú.
- Mousa, E.I.; Al-Mohizea, I.S. and Al-Kanhal, M.A. 1992. Chemical composition and nutritive value of various breads in Saudi Arabia. Food Chemistry. 43(4):259-264.
- NAS. 1997a. National Academy of Science. Phosphorus. 146-189. In Dietary reference intakes for calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D and fluoride. The National Academies Press. http://books.nap.edu/openbook.php?record_id=5776&page=146
- NAS. 1997b. National Academy of Science. Magnesium. 190-249. In Dietary reference intakes for calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D and fluoride. The National Academies Press. http://books.nap.edu/openbook.php?record_id=5776&page=190
- NAS. 2000. National Academy of Science. Vitamin C. 95-185. In Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids. The National Academies Press. http://booksnap.edu/openbook.php?record_id=9810&page=95
- NAS. 2001a. National Academy of Science. Iron. 290-393. In Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium and zinc. The National Academies Press. http://books.nap.edu/openbook.php?record_id=10026&page=290
- NAS. 2001b. National Academy of Science. Vitamin A. 82-161. In Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium and zinc. The National Academies Press. http://books.nap.edu/openbook.php?record_id=10026&page=82
- NAS. 2005. National Academy of Science. Potassium. 186-268. In Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride and sulfate. The National Academies Press. <http://www.nap.edu/>

- openbook.php?record_id=10925&page=186
- Natri, Anna Mari; Salo, Pirjo; Vikstedt, Tiina; Palssa, Anette; Huttunen, Minna; Kärkkäinen, Merja U.M.; Salovaara, Hannu; Piironen, Vieno; Jakobsen, Jette and Lamberg-Allardt, Christel J. 2006. Bread fortified with cholecalciferol increases the serum 25-hydroxyvitamin D concentration in women as effectively as a cholecalciferol supplement. *The Journal of Nutrition*. 136:123-127.
- Noguera, Yamilet y Pacheco de Delahaye, Emperatriz. 2000. Caracterización física, química y sensorial de hojuelas fritas de arracacha. *Agronomía Tropical*. 50(2):241-252.
- Osuna, Mariana B.; Avallone, Carmen M.; Montenegro, Susana B. y Aztarbe, Marcela. 2006. Elaboración de pan fortificado con ácidos grasos Omegas 3 y 6. Universidad Nacional del Nordeste, Argentina. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Resumen: T-094. <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt2006/07-Tecnologicas/2006-T-094.pdf>
- Peñarrieta, J. Mauricio; Alvarado, J. Antonio; Åkesson, Björn and Bergenståhl, Björn. 2005. Total antioxidante capacity in Andean food species from Bolivia. *Revista Boliviana de Química*. 22(1):89-93.
- Pérez-Azahuanche, Fredy y Caypo-Luna, Carmen. Raíz de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) una buena fuente de carbohidratos. *Ciencia y Salud*. 1(1):14-16.
- Piscocya-Magallanes, Carol Rocio. 2002. Formulación, elaboración y prueba de aceptabilidad de pan francés fortificado con calcio en 2 concentraciones diferentes. Tesis. Facultad de Medicina Humana, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/tesis/salud/piscocya_m_c/indice.htm
- PRONAA-UGATSAN. 2008. Programa Nacional de Asistencia Alimentaria- Unidad Gerencial de Articulación Territorial y Seguridad Alimentaria y Nutricional. Pan fortificado. Especificaciones técnicas. Programa Integral de Nutrición (PIN) Sub-Programa Escolar, Perú.
- PRONAA-UGATSAN. 2010. Programa Nacional de Asistencia Alimentaria- Unidad Gerencial de Articulación Territorial y Seguridad Alimentaria y Nutricional. Pan fortificado. Especificaciones técnicas. Programa Integral de Nutrición (PIN) Sub-Programa Escolar, Perú.
- Pynaert, I.; Matthys, C.; Bellemans, M.; De Maeyer, M.; De Henauw, S. and De Backer, G. 2005. Iron intake and dietary sources of iron in Flemish adolescents. *European Journal of Clinical Nutrition*. 59:826-834.
- Ramakrishnan, Usha and Semba, Richard D. 2008. Iron deficiency and anemia. (pp. 479-505). In *Nutrition and health in developing countries*. (2nd. ed.). Totowa, NJ, USA: Humana Press.
- Repo-Carrasco, R.; Espinoza, C. and Jacobsen, S.-E. 2003. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International*. 19(1-2):179-189.
- Reyes-Aguilar, María José; de Palomo, Patricia y Bressani, Ricardo. 2004. Desarrollo de un producto de panificación apto para el adulto mayor a base de harina de trigo y harina de arroz. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 54(3):314-321.
- Salas-Domínguez, Sonia; Delgado, Raúl y Espinoza, Julio. 2002. Desarrollo de agroindustrias y mercados para la arracacha. Informe de Fase 1999-2002. <http://www.condesan.org/memoria/arracacha/InformeFase02.pdf>

WHO/FAO. 2006. Food and Agriculture Organization of the United Nations-World Health Organization. Guidelines on food fortification with micronutrients. ISBN 92-4-159401-2.

Wicks, R.; Trevena, L.J. and Quine, S. 2006. Experiences of food insecurity among urban soup kitchen consumers: insights for improving nutrition and well-being.

Journal of the American Dietetic Association. 106(6):921-924.

Winkels, Renate M.; Brouwer, Ingeborg A.; Clarke, Robert; Katan, Martijn B. and Verhoef, Petra. 2008. Bread cofortified with folic acid and vitamin B-12 improves the folate and vitamin B-12 status of healthy older people: a randomized controlled trial. The American Journal of Clinical Nutrition. 88:348-355.