

Ingredientes funcionales de plantas ecuatorianas

Jorge Dávila, Andrés Calero, Stalin Roldán y Francisco Benítez
Departamento de Ciencias de los Alimentos y Biotecnología (DECAB)

jorge.davilat@epn.edu.ec

Resumen

El Ecuador tiene una biodiversidad vegetal inmensa gracias a su posición geográfica que genera múltiples microclimas y permite el cultivo de diversas plantas con propiedades útiles para el hombre. Existen plantas con ingredientes funcionales que se han venido utilizando desde hace mucho tiempo y que son objeto de estudio en muchas partes del mundo por su utilidad en la prevención de enfermedades crónicas como el cáncer, el deterioro mental, visual y las enfermedades cardiovasculares entre otras.

La demanda de productos con ingredientes funcionales en alimentos, hierbas o té, es creciente especialmente en los países desarrollados como Estados Unidos de América, Japón, Canadá y algunos países de Unión Europea, que buscan oferta de buena calidad en los países en vías de desarrollo como el nuestro.

El Ecuador, gracias a sus características climáticas singulares, es capaz de proveer algunos de los productos demandados a nivel mundial y a nivel nacional. Consecuentemente, la demanda de productos con ingredientes funcionales puede generar fuentes agroindustriales de producción con efectos socio económicos muy interesantes.

Se realizó una búsqueda cuidadosa de productos con ingredientes funcionales, de los cuales, algunos conocidos como alimentos nutricionales solamente, otros usados como condimento en forma muy limitada y otros desconocidos pero con una funcionalidad digna de estudio.

Las plantas seleccionadas contemplaron 2 frutos, uno de la costa, fruto del pan, (*Artocarpus camansi*); uno de la sierra, mortiño (*Vaccinium floribundum*); y una hierba, ajo de monte (*Mansoa alliacea*) proveniente de la Región Oriental.

El fruto de pan resultó ser una buena fuente de vitamina B3, el mortiño una fruta rica en polifenoles, y el ajo de monte, una buena fuente de antioxidantes, con un contenido de allina, fuente de allicina, muy importante, además de vitamina E, vitamina C, Selenio y Cromo.

Palabras claves: Ingredientes funcionales, ajo, mortiño, fruto de pan.

Abstract

Ecuador has a huge vegetal biodiversity due to its geographical position which generates many microclimates and allows the cultivation of plants with useful properties for humans. There are plants with functional ingredients that have been used for a long time and are being assessed in many parts of the world for its usefulness in the prevention of chronic diseases like cancer, mental impairment, visual decay, cardiovascular diseases and others.

The demand for functional ingredients in foods, herbs and teas is increasing specially in developed countries as the United States of America, Japan, Canada and countries of the European Union which are looking for good quality supply from developing countries like ours.

Ecuador is able to provide some of the demanded products overseas and in the country itself. The demand on these products can stimulate the development of industrial sources of functional products with very interesting economic and social effects.

It was conducted a careful search of products with functional ingredients including some foods known as nutritional foods only, others used as a condiment and others with functionality still unknown, although referred as functional products by people of some communities, but worthy of research.

The selected plants were two fruits, one of the coastal region, known as breadfruit (*Artocarpus camansi*) and one of the mountain regions known as mortiño (*Vaccinium floribundum*) and one herb known as mountain garlic (*Mansoa alliacea*).

The fruit of bread was a good source of vitamin B3, the mortiño a fruit rich in polyphenols, and garlic mountain, a good source of antioxidants, containing alliin, allicin source, very important, plus vitamin E, vitamin C, selenium and chromium.

1 Introducción

Fruto de pan: (*Artocarpus camansi*). Se ha realizado ya alguna investigaciones relacionadas con las características y propiedades del árbol de pan [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8]. En ellas se ha evaluado las características agronómicas, propiedades químicas y tecnología para su aprovechamiento, pero no se ha evaluado sus propiedades funcionales y las posibilidades de enriquecimiento con buenas fuentes de proteína.

Mortiño: (*Vaccinium floribundum* Kunth). Llamado también el blueberry andino es un miembro de la familia ericaceae. Se encuentra en los páramos en alturas que van de 3400 a 3800 msnm. Es un fruto negro, redondo de unos 7 mm de diámetro, con muchas semillas casi indetectables y más ácido que el blueberry de Norte América [9]. Es una fruta con gran valor agregado por sus componentes antioxidantes dados sus altos contenidos de polifenoles (antocianinas). En el estudio de la Doctora Vasco [9] se caracterizó por primera vez la composición química, los compuestos fenólicos totales, la capacidad antioxidante y el perfil de compuestos fenólicos. En el presente estudio se determinó las características del mortiño (cuantificación de polifenoles solubles totales) (Folin Ciocalteu), capacidad antioxidante (TEAC Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) y antocianinas en pulpas frescas de mortiño en diferente grado de madurez en mortiño liofilizado en grado óptimo de cosecha y en mortiño secado al vacío en grado óptimo de cosecha de una zona específica del país (comunidad de Quinticusig del cantón Sigchos en la provincia de Cotopaxi).

Ajo de monte: *Mansoa alliacea* (Lam.) A. Gentry. El ajo de monte fue seleccionado básicamente por su semejanza en las características sensoriales con el ajo de bulbo planteándose la hipótesis preliminar de que podría tener los mismos principios biológicamente activos que posee el ajo de bulbo. Hay algunas referencias que hablan de esta hierba. [11], [12], [13] y en ellas se habla ya de sus características funcionales.

En el presente estudio se buscó la semejanza del ajo de monte con el ajo de bulbo [14] en lo que se refiere a sus propiedades funcionales, pues se pretende sustituirlo de alguna manera en cuanto a utilidad, facilidad de uso y economía con el ajo de bulbo con las consiguientes ventajas económicas. Es conocido con algunos nombres comunes: Ajo del monte; bejuco de ajo, ajo sacha (FAO), etc.

2 Métodos

Fruto de pan: (*Artocarpus camansi*). Las frutas del árbol de pan (*Artocarpus camansi*) fueron recolectadas en el campo, en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas en la parroquia rural Santa María del Toachi a 27 km al este de la Parroquia de Patricia Pilar.

La recolección de la fruta se la realizó manualmente recogiendo frutas recién caídas o directamente del árbol, ya que en este sector tienen una producción regular durante todo el año. La fruta recolectada directamente del árbol debe presentar un color que puede variar entre amarillo y café oscuro, lo cual indica el estado de madurez de la misma. Para la caracterización química (Análisis proximal) se utilizaron los métodos específicos de la AOAC.

Para la determinación de la vitamina B3, se aplicó el método MAL-76 HPLC.

Los elementos Magnesio, Potasio, Sodio, Calcio fueron determinados mediante la espectrofotometría de absorción atómica.

El fósforo fue determinado de acuerdo al método MAL-24.

Mortiño: (*Vaccinium floribundum* Kunth). Se escogió como sitio de recolección de muestras, cultivos presentes en la provincia de Cotopaxi (Comunidad de Quinticusig). Para realizar el estudio se recolectaron los frutos de mayor acogida en los mercados de Quito. Puesto que los mortiños de la comunidad de Quinticusig del cantón Sigchos en la provincia de Cotopaxi son los que el comerciante recomienda, dada su acogida en el mercado, se realizó una recolección a campo abierto en esta zona con una metodología predeterminada.

La caracterización funcional del mortiño se refiere a la preparación de extractos y análisis de cuantificación de polifenoles solubles totales (Folin Ciocalteu), capacidad antioxidante (TEAC Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) y antocianinas en pulpas frescas de mortiño en diferente grado de madurez en mortiño liofilizado en grado óptimo de cosecha y en mortiño secado al vacío en grado óptimo de cosecha.

Para cuantificar el contenido de antocianinas se homogenizó la fruta y se trató a pH 1 y 4.5; en estas condiciones, las antocianinas sufren transformaciones estructurales y se manifiestan por la diferencia en los espectros de absorbancia, los cuales fueron captados por medio de espectrofotometría UV-Visible.

Para la determinación de polifenoles, se cuantificaron los polifenoles solubles totales eliminando la vitamina C. El método consiste en una reacción de oxidación-reducción entre los compuestos fenólicos y el compuesto FOLIN CIOCALTEU. Se utilizaron patrones de ácido gálico entre 10 y 100 mg/L correspondientes a valores de absorbancia entre 0.2 y 0.9.

Para determinar el poder o capacidad antioxidante se realizó la lectura del espectro luminoso de la solución resultante de la reacción de oxidación-reducción entre los antioxidantes presentes en el extracto de la muestra y los radicales libres formados por la reacción entre el reactivo ABTS y el peroxidisulfato de potasio.

Ajo de monte: *Mansoa alliacea* (Lam.). Las muestras de ajo de monte fueron recolectadas en el vivero de plantas que el INIAP tiene en su Estación Experimental del

Centro Amazonas (EECA) en San Carlos, cerca de la ciudad de Joya de los Sachas. Allí se recogieron raíces y hojas que fueron analizadas en sus principios funcionales. La muestra de ajo de bulbo fue encontrada en el Mercado mayorista de la ciudad de Quito.

Las muestras frescas se lavaron y se cortaron en pedazos pequeños, posteriormente se congelaron en fundas de polietileno con el propósito de someterlas a liofilización. Luego se procedió a molerlas a las raíces en un molino de discos hasta obtener un polvo fino de malla 50 y 100; mientras que las hojas del ajo de monte fueron molidas en un molino de malla y se consiguió un polvo fino de malla 50, y el ajo de bulbo variedad peruana se lo llevó al mortero hasta conseguir otro polvo fino.

Una vez obtenidas los alimentos en forma de harina se envasó en fundas de polietileno y almacenó bajo congelación (-23°C).

La caracterización de la materia prima fresca se realizó por métodos químicos. Se evaluó humedad, extracto etéreo (contenido de grasa), proteína, cenizas y fibra cruda.

- Determinación de la humedad: Se aplicó el método descrito por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC) No.920.151 (2000), edición XVII.
- Determinación de extracto etéreo: Se aplicó el método por la AOAC No.920.85(2000) 32.1.13 y se procedió como en: 920.39 C(4.5.01) o 932.01 (4.1.03), edición XVII.
- Determinación de proteína: Se utilizó el método descrito por la AOAC No.2001.11, edición XVII, 2000.
- Determinación de cenizas: Se aplicó el método descrito por la AOAC No.923.03(2000) 32.1.05, edición XVII.
- Determinación de fibra cruda: Se utilizó el método ICC-Estándar No. 113 Aprobado en 1972 y revisado el método en la última actualización, versión de Junio 26,2001.

La muestra fue sometida a digestión con una mezcla de ácidos: acético, nítrico y tricloroacético, a temperatura de ebullición. El residuo insoluble se lo separó y se incineró. El valor de fibra cruda se calcula de la pérdida por calcinación.

El contenido de alliina que es el componente madre de la allicina y de los precursores de la pungencia (sabor y olor) del ajo, fue determinado utilizando como referencia el método de extracción de allicina en el ajo de bulbo que se lo realiza por HPLC (High performance Liquid Chromatography).

Para ello se pesó 800 mg de polvo de cada una de las muestras del ajo de monte y bulbo en tubos de centrífuga de 50 mL y se añadió en el mismo tubo 15 mL de agua fría, se tapó inmediatamente el tubo y se agitó vigorosamente por 15 s, después de lo cual se añadió 15mL adicionales de agua fría que se mezcló por 30 s. Luego se centrifugó por 10 min a 8000g a 4°C. La solución resultante se filtró a través de un filtro Millipore 0.45- μ m antes de la inyección vial.

Se probó dos métodos, la muestra sólida con agua fría destilada, y la muestra sólida con 23 mg de ácido cítrico que se aforó en 250mL de agua fría destilada, pero no se encontró ninguna diferencia en la concentración de aliina.

El análisis fue realizado con un sistema HPLC (High Performance Liquid Chromatography). La separación se realizó en una columna C18 (150 mm) con una fase móvil metanol:agua (50:50 v/v) con un flujo constante de 0.8 mL/min. El tiempo de corrida fue variable.

3 Análisis

3.1 Fruto de pan: (*Artocarpus camansi*)

Caracterización química. Los resultados obtenidos en la caracterización química de la semilla fresca como de la semilla seca se detallan a continuación en la tabla 1 y en la tabla 2.

Comparando los datos obtenidos en la caracterización química de la semilla fresca con los datos presentados por Acero, se tiene que los porcentajes de proteína, grasa y valor energético son menores a los obtenidos por Benítez [8]; que los porcentajes de humedad, cenizas y carbohidratos son similares y que el porcentaje de fibra es mayor. Al comparar los datos obtenidos con los rangos presentados por Ragone [3], se tiene que: el contenido de proteína y carbohidratos obtenidos son ligeramente inferiores al valor mínimo presentado por la autora, mientras que los valores de grasa, humedad y aporte calórico están comprendidos entre los rangos de referencia. Ragone [3] presenta además rangos de referencia para el contenido de micronutrientes los cuales al comparar con los datos obtenidos tenemos que: el contenido de vitamina B3 está ligeramente por debajo del valor mínimo presentado; los valores de fósforo y potasio obtenidos son considerablemente menores a los valores de referencia mientras que los datos obtenidos para Magnesio, Calcio y Sodio son significativamente mayores a los presentados por la autora.

Comparando los datos obtenidos en la caracterización química de la semilla seca con los presentados por Oshodi [7], se tiene que los porcentajes de proteína y humedad son menores en relación a los presentados por el autor. El contenido de grasa y fibra en la muestra analizada es mayor a los valores referenciales. El porcentaje de carbohidratos, cenizas así como el aporte calórico es similar a la referencia. Se puede también comparar los datos obtenidos con los rangos presentados por Ragone [3], de donde se tiene: que el contenido de proteína, carbohidratos así como el aporte calórico es menor al valor mínimo del rango de referencia mientras que el contenido de grasa se ubica dentro del rango presentado. Los dos autores mencionados presentan además datos del contenido de micronutrientes, los cuales al comparar con los datos obtenidos mediante análisis se puede decir que el contenido de vitamina B3 es menor a la referencia; el contenido de fósforo es menor a los valores

presentados por ambos autores, los datos obtenidos de contenido de Magnesio son mayores a los presentados por Ragone pero menores a los de Oshodi; el contenido de Potasio es significativamente mayores a los de Oshodi pero está comprendido en el rango presentado por

Ragone; el contenido de Calcio y Sodio superan el rango de Ragone pero está por debajo del valor presentado por Oshodi. Las diferencias en contenido de micronutrientes en los tres casos tienen marcadas diferencias, lo cual se puede deber a la composición del suelo de cultivo.

Tabla 1. Resultado del análisis bromatológico de las semillas frescas del árbol de pan comparado con los resultados de Ragone [3] y Acero [2]

Parámetros	Unidad	Resultado	Ragone*	Acero*
Proteína	%	5,15	5,85 - 6,73	8,8
Humedad	%	59,31	56 - 66,2	56,67
Grasa	%	3,65	2,73 - 9,8	6,1
pH		6,31		
Cenizas	%	1,64		1,6
Fibra	%	5,07		1,8*
Carbohidratos	%	25,17	25,76 - 33,52	26,6
Calorías	kcal /100g	154,1	151,0 - 249,2	196,5
Acidez	%	0,11		
Vitamina B3	mg/100g	2,51	2,8 - 3,65	
Fósforo	mg/100g	87,92	1216,8 - 1408	
Magnesio	mg/kg	243,8	33,8 - 44	
Potasio	mg/kg	6749	1672 - 5475,6	
Calcio	mg/kg	397,5	236,6 - 290,4	
Sodio	mg/kg	87,1	5,4 - 7,04	

* Instituto de Nutrición de Centro América, 1961

Tabla 2. Resultado del análisis bromatológico de las semillas secas del árbol de pan comparado con los resultados de Oshodi [7] y Ragone [3]

Parámetros	Unidad	Resultado	Oshodi*	Ragone*
Proteína	%	11,4	19,25	13,3 - 19,9
Humedad	%	4,4	8	0
Grasa	%	7,85	3	6,2 - 29
pH		6,14		
Cenizas	%	3,34	3,5	
Fibra	%	8,32	1,71	
Carbohidratos	%	64,68	64,54	76,2
Calorías	kcal /100g	375	366,16	413,8 - 645,4
Acidez	%	0,77		
Vitamina B3	mg/100g	5,57		8,3
Fósforo	mg/100g	151,2	160	320 - 360
Magnesio	mg/kg	469,9	800	100
Potasio	mg/kg	13366	7000	3200 - 16200
Calcio	mg/kg	713	1800	660 - 700
Sodio	mg/kg	109,4	2900	16

* Instituto de Nutrición de Centro América, 1961

La harina. No se observa un cambio significativo en el valor del pH. EL contenido de mg/kg de los minerales Magnesio, Potasio, Calcio y Sodio es de 243.8, 6749, 397.5 y 87.1 respectivamente en la semilla, mientras que estos minerales presentan valores de 469.9, 13366, 713 y 109.4 en la harina. El fósforo medido en mg Al comparar los resultados de los análisis químicos de las semillas con los de la harina de las mismas en la tabla 3, se obtiene de forma general que los porcentajes presentados por la harina son mayores debido a la eliminación de contenido de humedad que se reduce de 59.31 % en las semillas a 4.4 % en la harina. Los porcentajes iniciales de proteína, grasa y carbohidratos de 5.15 %, 3.65 % y 25.17 % contenidos en las semillas se aumentan a 11.4 %, 7.85 % y 64.68 % respectivamente en la harina. En cuanto al contenido de fibra se eleva de 5.07 % a 8.32 % y el contenido de cenizas prácticamente se duplica yendo de 1.64 % a 3.34 % en 100 g se eleva de 87.92 a 151.2. El contenido de vitamina B3 en las semillas es de 2.51 mg//100g y de 5.57 mg//100g en la harina. El aporte calórico en la semilla es de 151.4 kcal/100g y se incrementa a 375 kcal/100g en la harina.

Se puede decir que la presencia de vitamina B3 y de fósforo, le dan características funcionales interesan-

tes a la harina de fruto de pan aparte de su contenido energético y proteico.

Tabla 3. Comparación del análisis químico entre semilla fresca y semilla seca

Parámetros	Unidad	Semilla	Harina
Proteína	%	5,15	11,4
Humedad	%	59,31	4,4
Grasa	%	3,65	7,85
pH		6,31	6,14
Cenizas	%	1,64	3,34
Fibra	%	5,07	8,32
Carbohidratos	%	25,17	64,68
Calorías	kcal/100g	154,1	375
Acidez	%	0,11	0,77
Vitamina B3	mg/100g	2,51	5,57 (35%)
Fósforo	mg/100g	87,92	151,2 (19%)
Magnesio	mg/kg	243,8	469,9
Potasio	mg/kg	6749	13366
Calcio	mg/kg	397,5	713
Sodio	mg/kg	87,1	109,4

Tabla 4. Resultado del análisis bromatológico de las semillas secas del árbol de pan comparado con harina de trigo y harina de soja desgrasada

Parámetros	Unidad	Resultado	Harina trigo*	Harina de soja* Desgrasada
Proteína	%	11,4	11,8	42,8
Humedad	%	4,4	12	9,3
Grasa	%	7,85	1,1	3,3
Ph		6,14		
Cenizas	%	3,34	0,4	5,6
Fibra	%	8,32	0,3	1,7
Carbohidratos	%	64,68	74,7	39
Calorías	kcal/100g	375	365	335
Acidez	%	0,77		
Vitamina B3	mg/100g	5,57	1	1,6
Fósforo	mg/100g	151,2	95	668
Magnesio	mg/kg	469,9		
Potasio	mg/kg	13366		
Calcio	mg/kg	713	16	225
Sodio	mg/kg	109,4		

* Instituto de Nutrición de Centro América, 1961

Al realizar la comparación de contenido de proteína entre material seco de semilla del árbol de pan, trigo y soja desgrasada en la tabla 4, se observa que ésta última tiene un contenido casi 4 veces mayor a los presentados por la semilla del árbol de pan y el trigo de 11.4 % y 11.8 % respectivamente. En cuanto al contenido de humedad, la semilla del árbol de pan presenta un 4.4 %, valor significativamente menor al 12 % presentado por el trigo y al 9.3 % correspondiente a la soja desgrasada. Lo

opuesto ocurre en cuanto al contenido de grasa donde la semilla del árbol de pan presenta 7.85 %, valor elevado al comparar con 1.1 % que presenta el trigo y al 3.3 % de la soja desgrasada. El contenido de ceniza es variable entre los tres productos, la semilla del árbol de pan presenta un 3.34 % de la misma, el trigo presenta 0.4 % mientras que el mayor valor presentado, 5.5 %, corresponde a la soja desgrasada. El contenido de carbohidratos de la semilla del árbol de pan es de 64.68 %, valor intermedio

entre el 74.7 % que presenta el trigo y el 39 % de la soja desgrasada. El valor calórico que presenta este material seco es relativamente similar, reportando 375, 365 y 335 kcal/100g de material seco proveniente de la semilla del árbol de pan, trigo y soja desgrasada respectivamente. El contenido de Calcio que presenta la semilla del árbol de pan seco es significativamente elevado con respecto a los otros dos materiales, la semilla del árbol de pan reporta un valor de 713 mg/kg frente a 16 y 225 mg/kg reportados en el trigo y la soja desgrasada.

En cuanto al contenido de vitamina B3 las semillas presentan un valor de 5.57 mg/100g frente a los valores de 1 y 1.6 presentados por los autores. El contenido de Fósforo presentado en mg/100g de material seco de la semilla del árbol de pan, trigo y soja desgrasada es de 151.2, 95 y 668 respectivamente.

Almidón. El almidón es un polisacárido vegetal el cual es la forma de almacenamiento de carbohidratos en raíces, semillas y tubérculos. Los almidones sirven para la formación de geles, en productos alimenticios sirven

como espesantes y estabilizadores. En el caso de productos de panificación, el almidón contribuye a la estructura de la masa ya que se gelatiniza y hace más rígida a la miga. Se realizaron pruebas de contenido de almidón en dos muestras de harina de semillas del árbol de pan y éstas reportaron valores de 26.29 % y 26.83 %. Estos valores son inferiores a los presentados por la harina de trigo, principal harina utilizada en panificación, que es de 67 a 70 %.

3.2 Mortiño: (*Vaccinium floribundum* Kunth)

La materia prima con la que se trabajó presenta el análisis proximal que se muestra en la tabla 5.

Los valores presentados son el promedio de los resultados obtenidos al analizar las muestras en fresco. Cada análisis se realizó por duplicado.

Se puede concluir que las hojas maduras como tiernas del ajo de monte tiene un contenido mayor de analitos que la raíz del ajo de monte y el ajo de bulbo.

Tabla 5. Caracterización Proximal del ajo de monte y del ajo de bulbo

Muestra	Humedad % (g/100g)	Extracto Etéreo % (g/100g)	Proteína % (g/100g)	Ceniza % (g/100g)	Fibra Cruda % (g/100g)	Carbohidratos*
Ajo de monte raíces	52,29	0,53	3,06	2,71	14,01	41,41
Ajo de monte hojas maduras	65	1,24	7,69	2,56	11,28	23,51
Ajo de monte hojas tiernas	55,61	1,42	8,22	3,08	10,5	31,67
Ajo de bulbo	70,27	0,25	5,59	1,65	1,10	22,24

n=2 (número de mediciones)

*Calculado por diferencia: %Carbohidratos=100-%Humedad-Extracto etéreo-Proteína-Cenizas

Para realizar los análisis de los elementos funcionales, se estableció el siguiente código:

- Mortiño grado 1 (10 % de madurez) (A)
- Mortiño grado 2 (50 % de madurez) (B)
- Mortiño grado 3 (100 % de madurez) (C)
- Mortiño liofilizado (D)
- Mortiño secado al vacío (E)

3.3 Ajo de monte: *Mansoa alliacea* (Lam.)

Evaluación del contenido de alliina. El contenido de alliina que es el componente madre de la allicina y de los precursores de la pungencia (sabor y olor) del ajo, fue determinado utilizando como referencia el método de extracción de allicina en el ajo de bulbo que se lo realiza por HPLC (High performance Liquid Chromatography).

Para ello se pesó 800 mg de polvo de cada una de las muestras del ajo de monte y bulbo en tubos de centrífuga de 50 mL y se añadió en el mismo tubo 15 mL de agua fría, se tapó inmediatamente el tubo y se agitó vigorosamente por 15s, después de lo cual se

añadió 15mL adicionales de agua fría que se mezcló por 30s. Luego se centrifugó por 10 min a 8000 g a 4°C. La solución resultante se filtró a través de un filtro Millipore 0.45 lm antes de la inyección vial.

Se probó dos métodos, la muestra sólida con agua fría destilada, y la muestra sólida con 23mg de ácido cítrico que se aforo en 250mL de agua fría destilada, pero no se encontró ninguna diferencia en la concentración de alliina.

Tabla 6. Polifenoles del mortiño

Código	Unidad	Valor promedio [3] Analito: polifenoles (Equivalentes de ácido gálico)
A	mg/100gFW	1818.02 ± 41.15
B	mg/100gFW	1185.93 ± 42.26
C	mg/100gFW	1167.19 ± 115.28
D	mg/100g muestra	8180.46 ± 441.69
E	mg/100g muestra	4475.80 ± 241.40

Tabla 7. Antocianinas del mortiño

Código	Unidad	Valor promedio [3] Analito: antocianinas Equivalente de Cianidina 3 glucosa
B	mg/100gFW	134.40 ± 0.90
C	mg/100gFW	378.79 ± 12.42
D	mg/100g FW	2837.44 ± 82.03
E	mg/100g muestra	1795.86 ± 92.13

Tabla 8. Polifenoles del mortiño

Código	Unidad	Valor promedio [3] Capacidad antioxidante (Equivalente de Trolox)
A	mg/100gFW	4633.20 ± 7635.36
B	mg/100gFW	2372.72 ± 122.85
C	mg/100gFW	2005.86 ± 166.34
D	mg/100g muestra	13804.44 ± 1036.37
E	mg/100g muestra	7635.36 ± 734.08

El análisis fue realizado con un sistema HPLC (High Performance Liquid Chromatography). La separación se realizó en una columna C18 (150 mm) con una fase móvil metanol: agua (50:50 v/v) con un flujo constante de 0.8 mm/min. El tiempo de corrida fue variable.

En la tabla 9 se muestran los resultados referenciales de la concentración de allina en las muestras tratadas.

Tabla 9. Resultados de concentraciones referenciales de allina en muestras de ajo de monte y bulbo

Muestra	Conc. Referencial promedio allina (mg/g)
Ajo de monte raíces	312,06
Ajo de monte hojas maduras	938,68
Ajo de monte hojas tiernas	880,20
Ajo de bulbo	509,55

Los valores reportados son referenciales puesto que se aplicó el método de cuantificación para la allina porque este estándar no se pudo encontrar, en cambio el estándar de allina si se consiguió y sirvió para su análisis. Lo que resalta de esta determinación es que la cantidad de allina en las hojas maduras y tiernas es mayor alcanzando 938.68 y 880.20 (mg/g) respectivamente, mientras que en las raíces es apenas de 312.06 (mg/g), en cambio con el ajo de bulbo llegan a 509.55 (mg/g), teniendo una ventaja nutricional las hojas del ajo de monte sobre el ajo de bulbo.

Si se hace un análisis simple se podría coleccionar que el contenido de principio activo en el ajo de monte es casi igual en las tres instancias del producto vegetal (raíz,

hoja madura y hoja tierna) aunque hay ligeras diferencias de aumento progresivo en el orden mencionado) y en todo caso mayor al contenido de principio activo del ajo de bulbo. Sin embargo conociendo que la acción enzimática que transforma la allina en allicina, actúa casi en forma inmediata en el ajo de bulbo, se puede a priori establecer que los contenidos de principio activo en los dos tipos de ajo podría ser equivalente.

Queda por establecer la velocidad de transformación de la allina en allicina en el ajo de monte, pues de acuerdo a los resultados de los análisis parece que el proceso de transformación enzimática es diferente. En el caso del presente proyecto la muestra fue congelada y luego liofilizada por lo que se puede presumir que los procesos enzimáticos no se dieron y por ello los valores del contenido de la allina en el ajo de monte son mayores que los valores de la allina en el ajo de bulbo. Lo importante por ahora es saber que existe el principio activo derivado de las cisteínas que es el que genera finalmente la allicina y que en definitiva es la parte funcional más importante de los productos aliáceos.

Evaluación de la vitamina E (tocoferol) y la vitamina C (ácido ascórbico).

Vitamina E. La vitamina E actúa como antioxidante, evitando la oxidación de los constituyentes esenciales naturales o evitando la formación de productos tóxicos de oxidación. Además aumenta la absorción intestinal de la vitamina A y parece proteger contra varios efectos de la hipervitaminosis A.

La vitamina E que se encuentra en la naturaleza abarca una serie de compuestos denominados tocoferoles y tocotrienoles. Estos compuestos tienen diferentes actividades biológicas y por lo tanto es importante que sean cuantificados individualmente si ha de determinarse la actividad biológica de la vitamina E.

El procedimiento para la determinación de tocoferoles incluye la saponificación alcalina de las muestras seguida por la extracción del material no saponificable con un solvente orgánico apropiado. Se saponifica 10 gde cada muestra bajo nitrógeno utilizando una mezcla de etanol, agua, un antioxidante como el ácido ascórbico, BHT e hidróxido de potasio acuoso. Los tocoferoles son muy sensibles al oxígeno en un ambiente alcalino. Por lo tanto, el alcohol y el antioxidante se agregaron a las muestras antes de la adición de la solución de hidróxido de potasio necesario para la saponificación que duró aproximadamente 1 hora. Los tocoferoles son extraídos de la mezcla de saponificación con éter de petróleo de 2 a 3 veces con volúmenes de 50 mg. Se agregaron aproximadamente 2 mg de BHT al extracto y sulfato de sodio para capturar la humedad antes de la evaporación utilizando un evaporador rotatorio bajo un vacío parcial y a una temperatura de 50°C. El residuo es redisoluto con metanol para obtener una concentración apropiada para la inyección dentro de la columna de HPLC.

Vitamina C. El ácido L-ascórbico se encuentra en todos los tejidos vivos como un importante compuesto redox del metabolismo celular. Fuentes importantes de la vitamina C son las frutas frescas (cítricos, uvas negras, pimiento rojo) y vegetales (papas, lechuga, tomates etc.).

El procedimiento fue pesar 3 g de cada muestra para ser extraído con 30ml de ácido metafosfórico al 3% y 5 mL de homocisteína al 0.2% en un agitador de baño de ultrasonido por 15 minutos y después se afora con 50 mL de agua y se centrifuga a 6000 rpm, 4 °C y a minutos, para luego filtrar por una membrana de 0.45µm y se inyectó en el HPLC. En la tabla 10 se muestran los resultados de los análisis de la vitamina E y C realizados en los laboratorios del DECAB.

El valor reportado como LND se lo asigna debido a que se consiguieron lecturas por debajo del límite de detección lo que hace que el resultado no sean confiables y no se puedan cuantificar.

Dando en el contenido de vitamina E resultados mayores de las hojas y raíces del ajo de monte, mientras que en el contenido de vitamina C el ajo de bulbo es mayor que el contenido de vitamina C en el ajo de monte.

Evaluación de selenio y cromo.

Selenio. El selenio es un micromineral antioxidante que previene las reacciones excesivas de oxidación, y su acción se relaciona con la actividad de la vitamina E.

Este mineral protege contra enfermedades cardiovasculares y estimula el sistema inmunológico. Al decir que es un antioxidante además está decir que disminuye el proceso de envejecimiento celular, y también se lo asocia a la prevención del cáncer.

El selenio se encuentra naturalmente en alimentos de origen animal, frutos de mar, carnes, hígado, riñón, vegetales y cereales integrales.

Tabla 10. Resultado de las concentraciones de las vitaminas E y C en muestras de ajo de monte y bulbo

Muestra	Analito	Unidades	Resultados
Ajo de monte raíces	Vitamina E (tocoferol)	mg/100g	9,69
Ajo de monte hojas maduras			4,99
Ajo de monte hojas tiernas			3,03
Ajo de bulbo			LND*
Ajo de monte raíces	Vitamina C (ácido ascórbico)	mg/100g	5,95
Ajo de monte hojas maduras			13,93
Ajo de monte hojas tiernas			13,61
Ajo de bulbo			70,76

*LND=Límite no detectable

Tabla 11. Concentraciones de selenio y cromo en las muestras de ajo de monte y bulbo

Muestra	Analito	Unidades	Resultados
Ajo de monte raíces	Vitamina E (tocoferol)	mg/kg	215,92
Ajo de monte hojas maduras			212,66
Ajo de monte hojas tiernas			218,31
Ajo de bulbo			177,42
Ajo de monte raíces	Vitamina C (ácido ascórbico)	mg/kg	5,27
Ajo de monte hojas maduras			8,63
Ajo de monte hojas tiernas			9,84
Ajo de bulbo			4,92

*LND=Límite no detectable

Cromo. Este micromineral aparece en el cuerpo en cantidades muy pequeñas. Participa en el metabolismo del azúcar por tanto para la utilización normal de la glucosa y para el crecimiento. Su actividad se lleva a cabo conjuntamente con otras sustancias que controlan el metabolismo de la insulina y de varias enzimas, con la formación de ácidos grasos, colesterol y con el material genético de las células.

El cromo se encuentra en carnes y vísceras, en la levadura de cerveza y en los cereales integrales.

Su carencia produce menor tolerancia a la glucosa bucal, neuropatía periférica, balance negativo de nitrógeno, menor cociente respiratorio y adelgazamiento. A su vez puede ocasionar diabetes en edades adultas, enfermedades coronarias y retardos de crecimiento.

Para determinar el selenio y el cromo, se aplicará un método desarrollado por el Departamento de metalurgia extractiva (DEMEX) que consiste en lo siguiente: se pesará 100mg de las muestras liofilizadas en un reactor de teflón, se añadirá ácido nítrico, para ser llevados al

microondas por períodos cortos de tiempo (aproximadamente 10 períodos entre los cuales se dejará enfriar el reactor en un congelador). La muestra ya digerida se aforará y se llevará a leer en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica con la técnica de llama para el caso del cromo y con la técnica del generador de hidruros para el selenio.

En la tabla 11 se muestran los resultados de los análisis de selenio y cromo.

4 Conclusiones

1. El árbol del fruto de pan tiene ventajas indudables para la nutrición humana. Su contenido de hidratos de carbono, de proteínas y sobre todo el contenido de sus microelementos (Mg, K, Ca y Na) le colocan como una alternativa de nutrición interesante. Además contiene vitamina B3 que cubre el 31 % del requerimiento humano (adulto de 25 años) diario.
2. El mortiño, que por su contenido de antioxidantes, está asociado con la salud mental y prevención de cáncer, tiene en su grado de madurez un contenido de polifenoles de 1167.19 ± 115.28 equivalentes de ácido gálico, un contenido de antocianinas 378.79 ± 12.42 equivalentes de cianidina 3 glucosa y capacidad antioxidante 2005.86 ± 166.34 equivalentes de Trolox, lo que demuestra su poder funcional antioxidante.
3. Las hojas del ajo de monte tienen aliina, que genera allicina, en una cantidad de 938 mg/g, frente a 509 del ajo de bulbo. Además tiene vitamina E con un contenido de 5 mg/100g frente a ausencia de esta vitamina en el ajo de bulbo. El contenido de vitamina C con 14 mg/100g es menor que el ajo de bulbo que contiene 71 mg/g. Además se determinó el contenido de los elementos funcionales Selenio y Cromo que también dieron resultados interesantes: Se, 213 mg/kg en las hojas de ajo de monte y 177 mg/kg en el ajo de bulbo. En cuanto al cromo se obtuvo 9 g/kg para las hojas de ajo de monte y 5 para el ajo de bulbo, con lo cual se ve una mayor ventaja para el ajo de monte. Todos estos datos impulsan a una mayor investigación de esta planta funcional que existe en el Oriente Ecuatoriano.
4. Los resultados señalan posibilidades de continuar en la investigación de plantas con ingredientes funcionales, que pueden ser una fuente de riqueza para el país.

Referencias

- [1] Nagy S., Shaw P., Wardowski W. 1990. *Fruits of tropical and subtropical origin*. Composition, properties and uses. FSS Lake Alfred, Florida.
- [2] Acero, L., 1998, *Guía para el cultivo y aprovechamiento del Árbol del Pan (Artocarpus altilis) (Park.) Fosberg*, Convenio Andrés Bello, SECAB, Ciencia y Tecnología No. 72, http://www.ecoaldea.com/plmd/arbol_pan.htm (Marzo 2009).
- [3] Ragone, D., 2006, *Artocarpus camansi (breadnut)*, <http://www.agroforestry.net/tti/A.camansi-breadnut.pdf>. (Marzo 2009)
- [4] Quijano, J. y Arango, G., 1979, *The Breadfruit from Colombia - a detailed chemical analysis*. Economic Botany, Vol. 33, No. 2 pp.199, 202.
- [5] Bennett, F. y Nozzolillo C., 1987, *How many seeds in a seeded Breadfruit, Artocarpus altilis*, Economic Botany, Vol. 41, No. 3, pp. 370, 374.
- [6] De Bravo, E., Graham, H. y Padovani, M., 1983, *Composition of the Breadfruit (seeded breadfruit)*. Carib. J. Sci. pp. 27, 32.
- [7] Oshodi, A., Ipinmoroti, K. y Fagbemi T., 1999, *Chemical composition, amino acid analysis and functional properties of breadnut (Artocarpus altilis) flour*, Federal University of Technology, Department of Chemistry, WAN-Akure, Nigeria.
- [8] Benítez F. 2010. *Desarrollo del proceso de elaboración de harina de las semillas del árbol de pan (Artocarpus camansi) y determinación de una mezcla nutritiva con harina de soya (Glycine max L) para uso humano*. Tesis de grado. FIQA. EPN.
- [9] Vasco C. 2009. *Phenolic compounds in Ecuadorian fruits* Doctoral thesis N° 2009: 54. Faculty of natural resources and agricultural sciences. Sweden.
- [10] Roldan S. 2010. *Caracterización molecular, funcional y estudio del comportamiento post cosecha del mortiño (Vaccinium floribundum Kunt) de la comunidad de Quinticusig del cantón Sigchos de la provincia de Cotacachi*. Tesis de grado. FIQA. EPN
- [11] INIAP. 2004. *Listado de frutales amazónicos y exóticos que forman la colección de la estación experimental central de la amazonía*.
- [12] <http://www.sobre-hierbas.com/Ajo-sacha.html>
- [13] Calero A. 2010. *Evaluación agroindustrial del ajo de monte (Mansoa alliaceae)* Teis de grado FIQA. EPN.
- [14] Mazza G, Oomah B.D. 2000. *Herbs, botanicals & teas*. Technomic Publishing Co. Lancaster. PA.