

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

**Estudio químico-bromatológico de algunas variedades de
yacón (*Smallanthus sonchifolius*) (Poepp & Endl) H.
Robinson. De la provincia de Sandia-Puno**

TESIS

para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico

AUTOR

Rubén Ramos Zapana

ASESORA

Gladys Constanza Arias Arroyo

Lima – Perú

2007

A mi padre, quien desde lo alto
me da fuerzas para seguir adelante

A mi madre, que a pesar de su situación
de salud me conmina a seguir en la brega
de mis objetivos

Mi mas sincero agradecimiento a la
Dra. Gladys Arias Arroyo por su brillante y excelente
colaboración en el desarrollo de esta tesis
como asesora

Mi agradecimiento y reconocimiento AL JURADO EXAMINADOR Y CALIFICADOR por haber colaborado a perfeccionar el presente trabajo.

PRESIDENTA:

DRA. AUGUSTA CORDOVA RIVERA

MIEMBROS:

DRA. ALOISA HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ

Q.F. FABIOLA GUADALUPE SIFUENTES

Q.F. CARMEN ARANA AVILA

INDICE

RESUMEN	3
SUMMARY	4
I. INTRODUCCIÓN	5
II. GENERALIDADES	7
DESCRIPCIÓN BOTÁNICA	7
NOMBRES COMUNES	8
USOS POPULARES.	9
PRODUCCIÓN NACIONAL	11
UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LA PROVINCIA DE SANDIA	12
CARACTERÍSTICAS DE PRODUCCIÓN DE YACÓN EN LA PROVINCIA DE SANDIA-PUNO	16
POTENCIAL INDUSTRIAL	21
III. PARTE EXPERIMENTAL	23
3.1. MATERIALES Y REACTIVOS	23
- Materiales y Equipos	
- Reactivos	
3.2 METODOS	25
3.2.1 RECOLECCION DE LA MUESTRA	25
3.2.2 CARACTERISTICAS MORFOLÓGICAS DE LAS RAICES	25
3.2.3 PREPARACION DE LA MUESTRA	25
3.2.4 DETERMINACIONES BROMATOLOGICAS	26
3.2.5 PREPARACION DE LA HARINA	28
IV. RESULTADOS	29
V. DISCUSIONES.	34
VI. CONCLUSIONES.	38
VII. RECOMENDACIONES	39
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	40
IX. ANEXOS.	44

RESUMEN

El yacón (*Smallanthus sonchifolius*) (Poepp & Endl) H. Robinson. Se siembra en las laderas de los Andes, desde Venezuela hasta la Argentina. Las raíces del yacón se pueden comer crudas y tienen un agradable sabor dulce que proviene, en gran parte, de los fructanos, carbohidratos que no son metabolizados por el organismo humano.

De las 21 especies identificadas hasta la fecha, 7 se han encontrado en el Perú, según Brako y Zarucchi (1993). Mientras según Meza G. (1995), existen 5 especies en el país. En la provincia de Sandia (Puno; 2250 m.s.n.m. de altitud) existen 3 variedades nativas de Qello llajum (crema amarillento), Yurac Che'cche (Crema grisáceo) y Yurac llajum (crema blanquecino). El peso promedio de raíz por planta varían entre 207.50 y 269.30g; el número de raíces por planta oscila entre 8 y 14. Dos de ellas tienen forma alargada y la tercera forma ovalada (Yurac llajum). Los resultados del análisis químico bromatológicos; la humedad, proteínas, fibra bruta, extracto etéreo, cenizas, acidez y carbohidratos se determinaron utilizando los métodos de la AOAC (AOAC. 1997); pH por Potenciometría (EGAN H. 1991); azúcares reductores directos y los azúcares reductores totales por el método Fehling-Causse-Bonans (Montes, 1981). Los valores promedios obtenidos de Humedad, Proteínas totales, fibra bruta, extracto etéreo, cenizas, pH, acidez, carbohidratos, ARD y ART en g% fueron: 80.83, 2.81, 4.21, 0.29, 2.85, 6.35, 0.30, 90.1, 7.62 y 26.32 respectivamente.

Palabras clave; yacón, *Smallanthus sonchifolius*, carbohidratos, fructanos, raíces nativas

SUMMARY

Yacón (*Smallanthus sonchifolius*) (Poepp & Endl) H. Robinson. Sowing in slopes of the Sandes, from Venezuela to Argentina. The roots of yacón can be eaten crude and taste pleasant sweet that comes, to a great extent, of the fructanos, carbohydrates that are not metabolizados by the human organism.

Of the 21 identified species to date, 7 have been in Peru, according to Brako and Zarucchi (1993). While according to It rocks G. (1995), 5 species in the country exist. In the province of Watermelon (Puno; 2250 m.s.n.m of altitude) exist 3 native varieties of Qello llajum (yellowish cream), Yurac Che´cche (Cream grayish) and Yurac llajum (off-white cream). The weight average by root by plant varies between 207,50 and 269.30g; the number of roots by plant oscillates between 8 and 14. Two of them have extended form and the third cleared form (Yurac llajum). The results of the bromatológicos chemical analysis; the humidity, proteins, gross fiber, etéreo extract, ashes, acidity and carbohydrates were determined using the methods of AOAC (AOAC. 1997); pH by Potenciometría (EGAN H. 1991); sweeten direct reducers and you sweeten total reducers by the Fehling-Causse-Bonans method (Mounts, 1981). The values obtained averages of Humidity, total Proteins, gross fiber, etéreo extract, ashes, pH, acidity, carbohydrates, ARD and ART in g% were: 80.83, 2,81, 4,21, 0,29, 2,85, 6,35, 0,30, 90,1, 7,62 and 26,32 respectively.

Key words: yacón, *Smallanthus sonchifolius*, carbohydrates, fructanos, native roots

I. INTRODUCCIÓN

Desde la década de los ochenta del siglo pasado, luego de descubrirse las propiedades como alimento funcional se han iniciado todo un programa de investigaciones de las bondades que guarda la raíz de yacón en nuestro país (Arbizu, C. y Hermann, M. 1992), como se describen en la literatura, estudios químico - bromatológico y estudios clínicos en animales. En Ecuador, en Bolivia, en Colombia, en Venezuela y Argentina, Nueva Zelanda, Japón y Brasil existe todo un conjunto de investigaciones en marcha (Grau, C. y Rea, J. 1998).

En el Perú se produce en Cajamarca, Huanuco, Cuzco, Abancay, Amazonas, y en Puno; casi todas las variedades fueron y están siendo estudiadas desde un punto de vista botánico, bromatológico y químico por la Universidad Nacional Agraria La Molina, Centro Internacional de la Papa y otras universidades del país. Sin embargo de las variedades de la raíz tuberosa en la provincia de Sandia – Puno, hasta la fecha como antecedente se tiene solo estudios agronómicos mas no así un estudio químico bromatológico; además, debido a que recientemente se ha empezado a descubrir y difundir algunas de sus propiedades promisorias, se ha generado en la población y en la industria alimentaria (como alimento funcional) un creciente interés por este producto. Razones por las cuales se ha optado plantear en el proyecto un estudio minucioso primero de las características físicas y su análisis químico-bromatológico; para que se amplíe el conocimiento sistematizado para el mejor aprovechamiento de las cualidades nutracéuticas de esta planta de las variedades existentes en la provincia de Sandia-Puno .

La raíz tuberosa tiene un agradable sabor dulce y refrescante razón por la cual el habitante andino lo considera como fruta. Esta característica se debe a que el yacón a diferencia de otros tubérculos y raíces que almacenan sus carbohidratos en forma de almidón, el yacón almacena principalmente en forma

de fructooligosacaridos (llamados también oligofructanos), un tipo especial de azúcares con atributos enormemente beneficiosos para la salud humana.

En el país se cultiva en muchas zonas, y varios de ellas están siendo estudiados para su mejor aprovechamiento. El género *Smallanthus* comprende 21 especies, de las cuales siete han sido encontradas en el Perú según Brako y Zarucchi (1993) y según Meza G. (1995) en el Perú se conocen cinco.

Las características físico químicas de las especies ya estudiadas (oriundas del país) no varían significativamente, sin embargo se debe profundizar y ampliar las investigaciones de zonas aun no estudiadas (Provincia de Sandia-Puno por ejemplo).

La mayoría de propiedades que se asignan al yacón han sido identificadas de manera indirecta. Casi toda la evidencia proviene de estudios realizados con fructooligosacaridos "FOS" purificados de la achicoria (*Helianthus tuberosus*) que contiene inulina (un polímero de fructosa) a partir de la cual se producen los FOS (Seminario, Valderrama, M., Manrique, I. CIP-Perú 2002).

Por lo expuesto anteriormente pensamos que en el país resulta importante estudiar en forma integral los recursos promisorios como el yacón, clasificada por la ciencia farmacéutica como alimento funcional o nutracéutica, por contener carbohidratos como los oligofructanos o FOS que son conocidos como prebióticos.

El presente trabajo estudio químico-bromatológico de algunas variedades de yacón (*smallanthus sonchifolius*) (Poepp & Endl) H. Robinson. de la provincia de Sandia – Puno, se realizó en los laboratorios de la Universidad Nacional del Altiplano con el propósito de aportar mayor información científico del tubérculo de las variedades de la zona altiplánica del país.

El autor espera que la lectura de la presente contribuya a un mejor entendimiento del yacón y de su potencial, para un mejor aprovechamiento del mismo.

II. GENERALIDADES

2.1 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La planta de yacón es herbáceo perenne, mide de 1 a 2.5 m de alto. Si proviene de semilla, consta de un solo tallo principal, a veces ramificado desde la base, otras veces, solo con ramas pequeñas en la parte superior. Si la planta proviene de propágulo o semilla vegetativa, consta de varios tallos. Los tallos son cilíndricos, pilosos y huecos, de color verde a púrpura. El yacón tiene dos tipos de raíces; fibrosas son muy delgadas y su función es la fijación de la planta al suelo y la absorción de agua y nutrientes. Las raíces reservantes son engrosadas, fusiformes u ovadas, de color blanco crema o púrpura, principalmente (Seminario, Valderrama, M., Manrique, I. CIP-Perú).

Según Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (ver anexo), su Ubicación taxonómica es:

REINO	:	VEGETAL
DIVISION	:	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	:	MAGNOLIOPSIDA
ORDEN	:	ASTERALES
FAMILIA	:	ASTERACEAE
GENERO	:	<i>Smallanthus</i>
ESPECIE	:	<i>Sonchifolius</i>
Nombre científico	:	<i>Smallanthus sonchifolius</i> (Poepp & Endl) H. Robinson

Variedades en lengua nativa: **Qello llajum (crema amarillento)**
Yurac Che´cche (Crema grisáceo)

Yurac llajum (crema blanquecino)

Actualmente en el Perú confirmamos su cultivo en el área alto andina de 18 departamentos (de un total de 24 que tiene el país): Piura, Cajamarca, Amazonas, Lambayeque, La Libertad, San Martín, Ancash, Huanuco, Lima, Pasco, Apurímac, Arequipa, Cusco y Puno (**Sandia**).

El yacón es una especie de la familia Asteraceae (también llamada Compositae) y su nombre científico es *Smallanthus sonchifolius* (Poepp & Endl) H. Robinson en la literatura científica se ha usado también *Polymnia sonchifolia* Poepp. Endl. Y *Polimnia edulis* Wedd. Para referirse al yacón. Originalmente el yacón había sido clasificado dentro del género *Polymnia* (Wells, 1965). Sin embargo, algunos años más tarde Robinsón (1978) determinó que muchas de las especies del género *Polymnia*, entre las cuales se encontraba el yacón, en realidad pertenecían a un género que Mackensie (1933) había propuesto hacia algunos años: el género *smallanthus*. Las diferencias entre los dos géneros se refieren al patrón de estrías en la superficie del fruto (aquenio), la presencia de un verticilo externo de bracteos involucrales, la ausencia de glándulas en el apéndice de la antera, entre otros. En la actualidad el género *smallanthus* es el más usado entre los taxónomos para identificar al yacón (Grau Rea 1997).

El género *Smallanthus* comprende 21 especies, de las cuales siete han sido encontradas en el Perú según Brako y Zarucchi (1993). Estas son: *S. fruticosus* (Benth) H. Robinsón, *S. glabratus* (DC) H. Robinsón, *S. jelksii* (hieron.) H. Robinsón, *S. parviceps* (blake) H. Robinsón, *S. riparius* (H.B.K) H. Robinson, *S. siegesbeckius* (DC.) H. Robinsón, ***S. sonchifolius*** (Poepp & Endl) H. Robinson.

2.2 NOMBRES COMUNES

El yacón recibe varios nombres. En el norte del Perú también se denomina yacón y llakwash. Con este último nombre se le conoce en Incawasi (Ferreñafe, Lambayeque), los nativos bilingües dicen que significa alimento aguanoso. En aymara se le conoce como aricama o

aricuma y en quechua, **Ilaqón, Ilacun u Ilacuma**. Lo más probable es que estas denominaciones se transforman en yacón, después de la llegada de los españoles. Una modificación de este nombre es racón, con el cual se le conoce en Ancash y en otras partes como yacumi, con el cual se le conoce en algunas partes del centro del Perú. Rea (1998) indica que en idioma Chiriguano se le conoce como ipio, en la frontera de Bolivia con Brasil, Argentina y Paraguay. En Ecuador, el nombre común es jicama, con derivaciones como chicama, shicama, jiquima y jiquimilla. Se considera que estos términos son una derivación de xicama, palabra mexicana aplicada a especies del género *Pachyrhizus* (Grau & Rea 1997). En Colombia y Venezuela se le conoce jiquima y jiquimilla

Artica et al (1993), indica los nombres comunes que presenta el yacón, son abundantes por lo que es necesario indicar el nombre de este tubérculo en otros idiomas.

QUECHUA : Yacón yakuma

AYMARA : Aricoma, Ancona

ESPAÑOL : Yacón Jacón Ilacón, arboloco Puhe, jicama (no es la jicama comercial), jiquima, jikima, jiquimilla.

2.3 USOS POPULARES.

El yacón tradicionalmente se consume como fruta fresca o deshidratada en diferentes grados. En estado fresco es consumido especialmente por los niños. También se consume, aunque de manera ocasional y solamente en algunas localidades, en forma de jalea y de chicha. Como fruta fresca es un buen rehidratante debido a su alto contenido de agua. Además, puede prevenir la fatiga y los calambres por su alto contenido de potasio (Collazos, C. 1993). Tal vez por ello, los campesinos lo consumen durante caminatas largas, pudiendo llegar a consumir cada persona entre 500 a 1000 g diarios de yacón fresco. Este nivel de consumo no produce efectos tóxicos o nocivos, excepto de manera ocasional – un mayor grado de flatulencia (Collazos, C. 1993).

Si bien el yacón es un alimento, esporádicamente se ha reportado su uso para fines medicinales. En Contumaza (Cajamarca), se le considera antirraquítico (Chirinos, A. 1999). En la medicina folklórica andina las raíces son consideradas alimentos frescos y empleadas desde épocas muy antiguas como remedio para afecciones renales y hepáticas. Los campesinos andinos lo consideran también como un rejuvenecedor de la piel. Concordante con esta opinión, en Cajamarca se recogió una versión según la cual antiguamente los pobladores comían yacón antes de dormir para retardar el envejecimiento.

El yacón se usa como elemento de ofrenda y adorno en las festividades de las cruces y de san Isidro Labrador (patrono de las cosechas) que se celebran en varias localidades del norte peruano durante el mes de mayo. También es consumido como fruta en estas festividades. En Cuzco se consume especialmente en la festividad del Corpus Cristi (junio) y en algunas localidades del Ecuador se consume como “fruta preferida” en la festividad de todos los santos (noviembre). Las raíces tienen uso veterinario, efectivo en casos de trastornos digestivos del ganado vacuno. La planta completa se usa como forraje para vacunos, ovinos y cuyes (Seminario, Valderrama, M., Manrique, I. CIP-Perú 2002).

En el departamento de Puno, generalmente se consume fresco. Esta especie es producida con diversos fines, un porcentaje importante de la producción se destina a la venta (antes en trueques) 83,47%. También se observa que el 43,0% de la producción se consume, y el 2,53% se destina a la alimentación de algunos animales (Tapia 1990).

En las raíces de yacón se almacenan varios carbohidratos (fructosa, glucosa, sacarosa, oligosacáridos) con bajo grado de polimerización (DP 3 a 10 fructanos), y rastros de almidón e inulina (Asami et al., (1991); Ohyama et al., 1990).

Los oligofruktanos están naturalmente presentes en las frutas, hortalizas, cereales, legumbres y en la leche, algunos son importantes por los efectos beneficiosos para la salud. Los oligosacáridos no digeribles o bifidogénicos son los BETA-galactooligosacáridos lactulosa, lactosacarosa, fructooligosacáridos, oligosacáridos de palatinosa, isomaltosa-oligosacárido, gentio-oligosacárido, xilo-oligosacárido, ALFA-

galacto-oligosacarido, los cuales son fermentados en el colon y la mayoría son obtenidos por procesos enzimáticos (Anderson 2001).

Algunas propiedades que se le han atribuido a los oligofruktanos:

Estimulación bifidogénica: Estos oligosacaídos son fermentados en el colon casi exclusivamente por las bifidobacterias, producto de esa fermentación se forma ácido láctico y ácidos grasos de cadena corta (acético, propiónico y lutirico) con lo que provoca un descenso de pH del medio limitando así el crecimiento de bacterias patógenas.

Bajo contenido calórico, apropiado para diabéticos (1-1,5 Kcal/g) ya que no induce a un incremento de glucosa en suero ni modifica niveles de insulina (Anderson et al., 2001).

Favorecen la absorción de minerales. Experimentos con ratas han demostrado que la inulina y la oligofruktanosa pueden incrementar la absorción y retención de minerales como el calcio, magnesio, hierro y zing. Se postula que esta estimulación de la absorción ocurre en el colon y que el mecanismo esta relacionado con el incremento en la solubilidad del calcio debido al pH mas bajo del contenido colónico inducido por la fermentación de los Fructooligosacaridos "FOS" (Anderson et al., 2001).

Fibra alimentaria, al llegar al colon producen un efecto fisiológico similar al de la fibra evitando el estreñimiento.

2.4 PRODUCCIÓN NACIONAL

Reportes que existen en organismos competentes (Ministerio de Agricultura). Y acuerdo a la información de la producción de yacón en el ámbito nacional, en el año 1994, Puno es el departamento que ocupa el primer lugar de producción con el 64.8% de la superficie cultivada (33.2 has) seguido de los departamentos de Huancavelica, la Libertad y Junín, con superficies sembradas de 6.2, 6.0 y 3.8 hectáreas que representan el 12.1, 11.7 y 10.3% respectivamente. En cuanto a los rendimientos, Puno alcanzaba una producción acumulada por año de 257.2 Tm/año que representaba el 75.2% de la producción nacional (cuadro 1). En los

últimos años se ha incrementado significativamente las áreas de cultivo en Cajamarca y Cusco, dado que existieron proyectos que promovieron este cultivo; sin embargo, es evidente que la producción de Puno, debe ser aun significativamente importante.

Cuadro 1. Superficie y producción de yacón por departamento

DEPARTAMENTO	SUPERFICIE		PRODUCCION		RENDIMIENTO
	Ha	%	Tm	%	Tm/ha
Puno	33.20	64.8	257.2	75.2	7.7
Huancavelica	6.20	12.1	44.4	13.0	7.2
La Libertad	6.00	11.7	14.2	4.2	2.4
Junín	3.80	10.3	26.0	7.6	4.5
Total	51.20	100.0	341.8	100.0	6.7

Fuente: Ministerio de Agricultura (1994)

2.5 UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LA PROVINCIA DE SANDIA

La Provincia de Sandía, su territorio en mayor parte está conformado por ceja de selva, selva alta y selva, de la Región Puno, en la zona de la selva cuenta con una gama de variada biodiversidad constituidas por áreas protegidas como Parques Nacionales (Bahujá Sonene), Reservas Nacionales (Tambopata) y el Corredor de Conservación Vilcabamba-Amboró (Perú-Bolivia).

Esta localizada en la zona Nor Oriental del departamento de Puno, su superficie se caracteriza por contar con varios pisos ecológicos que van desde los 500 hasta los 5,900 m.s.n.m., es atravesada por una cadena de nevados, sus valles son estrechos, profundos y encajonados, con temperaturas promedio que van desde una máxima de 25°C, y una mínima de -3°C y una temperatura media de 7.5°C, teniendo una superficie total de 11,862.41 Km².



Figura 1. Ubicación geográfica de la región Puno



Figura 2. Ubicación geográfica de la provincia de Sandia



Figura 3. Ciudad de Sandia



Figura 4. Andenerías de cultivo de yacon - Sandia

2.6 CARACTERISTICAS DE PRODUCCION DE YACÓN EN LA PROVINCIA DE SANDIA

2.6.1 Características de producción y aspectos botánicos

La producción de yacón en el departamento de Puno, se realiza en zonas conocidas como “ceja de selva” de las provincias de Sandia y Carabaya, siendo Sandia la principal zona de producción (representando el 81.5% de producción departamental; Ministerio de Agricultura, 2003). Como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Producción de la raíz de yacón en la región Puno

PROVINCIA	PRODUCCION	
	TM	%
SANDIA	343	81.5
CARABAYA	78	18.5
TOTAL	421	100

Fuente: Ministerio de Agricultura zonal Sandia (2003)

Figura 5. Comunidad de P'hara



Se cultiva en los distritos de: Sandia, Cuyo Cuyo, Alto Inambari, Phara, Limbani y Patambuco. Para el estudio se utilizó muestras procedentes del mismo distrito Sandia de comunidades próximas a la ciudad.

Las características ambientales de la zona, presenta clima tropical, con alta humedad relativa, una altitud de 1,500 a 3,000 msnm. y temperatura media de 13 grados.

Se ha identificado tres variedades con nombres vulgares (en Runa simi) informados por los mismos agricultores como:

- Q'ello llajum
- Yurac ch'ecche y
- Yurac llajum

Otra clasificación que manejaban los lugareños en su lengua nativa era tomando en cuenta la forma de la raíz en:

- Alargadas conocidas como moteados y
- ovaladas o esféricas conocidas como parraceae



Figura 6. Yacón a los seis meses de cultivo



Figura 7. Planta de yacón completa

En las figuras 5, 6, y 7 se muestran las formas de cultivo en sistemas de andenerías.

En la zona se siembra generalmente en los meses de julio y agosto y se cosecha en los meses de marzo y abril, pudiendo variar estas fechas de acuerdo a las necesidades principalmente de los mismos agricultores y no tanto del mercado.

2.6.2 Variedades de raíces encontradas en la provincia de Sandia - Puno

Las figuras 8, 9 y 10 muestran la raíz de yacón según sus formas (ovaladas y alargadas), la más cultivada es de la forma redondeada por ser de fácil transporte y conservación.



Figura 8. Q'ello Llajum



Figura 9. Yacón. Yurac Ch'ecche



Figura 10. Yacón. Yurac Ilajum

2.7 POTENCIAL INDUSTRIAL

Las investigaciones sobre procesamiento de yacón empezaron a comienzos del 2000, cuando en el Centro Internacional de la Papa, descubrieron que se podía elaborar un jarabe de sabor agradable con el jugo purificado de esta raíz andina por medio de un proceso sencillo que se asemeja al de la producción de la caña de azúcar no refinada (Seminario, Valderrama, M., Manrique, I. CIP-Perú 2002). El yacón, poco conocido fuera de los Andes, contiene altas concentraciones de fructanos (polímeros de fructosa).

Estos edulcorantes no calóricos son de gran valor para los diabéticos y quienes siguen dietas. También estimulan el crecimiento de una bacteria benéfica (probiótica) en el colon humano. Debido a estas propiedades singulares, los investigadores están convencidos de que el jarabe de yacón encontrará fácilmente una acogida en el pujante mercado de los alimentos naturales, tanto a nivel local como en el exterior, lo cual significará una contribución importante al alivio de la pobreza rural en los Andes.

Inclusive estudios químicos y bromatológicos de las **hojas** ha revelado que entre otros componentes, contiene 11% de proteína por lo que en los pueblos de la sierra, son utilizadas como forraje para alimentar a animales de pastoreo y para la crianza de cuyes (Seminario, Valderrama, M., Manrique, I. CIP-Perú 2002). En Japón, científicos, productores y consumidores, han formado la Asociación Japonesa del yacón. Esta Sociedad y otras agrupaciones análogas extranjeras, están explotando su cultivo y promoviendo el consumo del “té andino” a base de las hojas de esta planta. Mientras que en los andes, se intensifica el cultivo del yacón por el gran aumento de la demanda. Hoy en día en el mercado nacional (www.alimentacion-sana.com.ar) podemos encontrar en múltiples formas a yacón (en jarabes, te, jalea, raíz fresca, granulado, etc).

Industriales de Japón, Brasil, Nueva Zelanda y otros Países, están explotando este alimento-medicamento y han abierto un mercado internacional con diversos productos a base de yacón.

Las raíces frescas, contienen de 83 a 90% de agua. La materia seca de los tubérculos (MS) contiene 83 % de carbohidratos con alto porcentaje de oligofruktanos. Asami et al. (1996).

Estas características le avizoran al yacón como un cultivo promisorio y de gran potencial industrial.

III. PARTE EXPERIMENTAL

MATERIALES Y REACTIVOS

Se utilizaron materiales de vidrio en general:

- Buretas
- Cucharas
- Embudos
- Espátulas
- Equipo Soxhlet
- Equipo de reflujo
- Embudo buchner Pipetas
- Fiolas
- Frascos
- Kitasato
- Matraz
- Placas petri
- Papel de filtro watman
- Recipientes de plástico Termómetro
- Tubos de ensayo
- Vasos de precipitación
- Vaguetas
- Otros

Equipos

- Agitador Cimapec
- Balanza analítica Ohaus Mod. N° AP210S
- Balanza Ohaus. Vacuum braud
- Baño maria con agitación. Shaker. GFL
- Cocina eléctrica

- Centrífuga. Vegyipari Gepgyar. Tipo TF4117LZ702
- Estufa. Labor Muszeripari Muvek. Tipo LP302
- Equipo liofilizador virtis. Modelo ZP405
- Micropipeta de 5-50ml. Wheaton Aldrich
- Mufla. Labor Muszeripari Muvek
- Potenciometro digital. Orion Modelo 420^a
- Refrigeradora congeladora
- Otros

Reactivos

- Ácido clorhídrico al 37% (Merck) P.A.
- Ácido sulfúrico al 99% (Riedel – de Haen) P.A.
- Ácido acético glacial (J.P. Baker) P.A.
- Ácido ortofosfórico al 85% (Riedel – de Haen) P.A.
- Acetona (Riedel – de Haen) P.A.
- Bisulfito de sodio (Riedel – de Haen) P.A.
- Carbonato de sodio (Riedel – de Haen) P.A.
- Fenol (Riedel – de Haen) P.A.
- Fosfato disódico (J. P. Baker) P.A.
- Fosfato monopotásico (J.P. Baker) P.A.
- Hidróxido de sodio (Merck) P.A.
- Propanolol (Riedel – de Haen) P.A.
- Sacarosa, glucosa y fructosa (Riedel – de Haen) P.A.
- Tartrato de sodio y potasio (Merck) P.A.
- Otros

METODOS

RECOLECCION DE LA MUESTRA

Las muestras de yacón utilizadas para los análisis bromatológicos y morfológicos corresponden a las tres variedades cultivadas en la provincia de Sandia *Smallanthus sonchifolius* (Poepp & Endl) H. Robinson, conocidos en el lugar como variedades “Yurac llajum”, “Q’ello llajum” y “Yurac Ch’ecche”.

Correspondiente a la campaña agrícola de 2005-2006. El método que se utilizo fue aleatorio. De una parcela con área aproximado de 1200m². Se obtuvieron 23 sacos de 60 kg. de los cuales se tomo una raíz de cada saco.

3.2.2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LAS RAICES

De acuerdo al método descrito por Hidalgo (1990), se procedió a evaluar el color mediante una inspección visual, con una regla graduada la longitud, diámetro de las raíces y peso. También se determino el número de raíces por planta, forma y color de la cáscara.

3.2.3. PREPARACION DE LA MUESTRA

Para realizar los análisis químicos bromatológicos planeadas, las variedades escogidas de yacón (raíz) provenientes de la provincia de Sandia fueron sometidas a procesos de liofilización. Se tomaron 15 a 20 raíces por cada variedad, las que fueron divididas longitudinalmente en 2 partes y luego cortadas en tajadas delgadas, tomándose de 7 a 10 tajadas por raíz. Se colocaron dentro de la bolsa de polietileno con su peso fresco correspondiente guardándola en un congelador a -30 grados celsius hasta el momento de ser liofilizado en un liofilizador Virtis a -20 grados Celsius y 50 micras de presión de Hg. El tiempo de secado fue en promedio de tres días al final de los cuales las muestras fueron pesadas para determinar su

contenido de materia seca; luego se molieron en un mortero y se guardaron en frascos de polietileno hasta el momento de analizadas.

3.2.4. DETERMINACIONES BROMATOLOGICAS

3.2.4.1 HUMEDAD:

Método: Gravimétrico (A.O.A.C. 1997)

Fundamento: Pérdida de peso de la muestra por calentamiento en estufa a 105 °C hasta peso constante.

3.2.4.2 ACIDEZ TOTAL:

Método: Acidez titulable (A.O.A.C. 1997)

Fundamento: Neutralización de la acidez producida por la muestra en dilución acuosa con soda utilizando fenolftaleína como indicador.

3.2.4.3 PROTEINAS TOTALES :

Método: Kjeldahl (A.O.A.C. 1997)

Fundamento: Digestión de proteínas con ácido sulfúrico Q.P. y catalizadores. Transformándose el N orgánico en amoníaco que se destila y se titula como una solución ácida normalizada.

3.2.4.4 CENIZAS:

Método: Calcinación directa (A.O.A.C. 1997)

Fundamento: Destrucción y volatilización de la materia orgánica como residuos óxidos y sales minerales.

3.2.4.5 CARBOHIDRATOS :

Método: Matemático (A.O.A.C. 1997)

Fundamento: Se obtiene una diferencia al restar al total 100% la suma de los cinco macronutrientes restantes (proteínas, fibra cruda, extracto etéreo, y cenizas)

3.2.4.6 pH :

Método: Potenciométrico (EGAN H. 1991)

Fundamento: Evaluación de las diferencias de potencial entre un electrodo estándar de calomel previamente calibrados usando sus sales amortiguadoras.

3.2.4.7 EXTRACTO ETereo:

Método: De Soxhlet (A.O.A.C. 1997)

Fundamento: Extracción con éter etílico hasta agotamiento y luego determinación por diferencia de pesos

3.2.4.8 FIBRA CRUDA:

Método: Digestión ácida alcalina (A.O.A.C. 1997)

Fundamento: Mediante la digestión consecutiva con ácidos y álcalis diluidos en ebullición.

3.2.4.9 AZUCARES REDUCTORES DIRECTOS

Método: Fehling-Causse-Bonans (Montes, 1981)

Fundamento: Poder reductor del azúcar sobre la sal cúprica del reactivo fehling.

3.2.4.10 AZUCARES REDUCTORES TOTALES

Método: Fehling-Causse-Bonans (Montes, 1981)

Fundamento: Poder reductor del azúcar sobre la sal cúprica del reactivo fehling previa hidrólisis ácida

3.2.5. PREPARACIÓN DE LA HARINA

Se sometió a cocimiento del tubérculo limpio de impurezas en cocina a gas domestico por 10 minutos, posteriormente se pela y en rodajas se deseca en estufa a 65 grados Celsius hasta peso constante. Finalmente los equipos usados en la reducción de tamaño fueron: un molino de martillos con motor de 3Hp (a escala de laboratorio).

IV. RESULTADOS

1. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LA RAÍZ DE YACÓN

Los aspectos que se tomo en cuenta en la observación directa fueron las características organolépticas, las cuales se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 3. Características organolépticas

CARACTERÍSTICAS	Q'ello llajum	Yurac Ch'ecche	Yurac llajum
ASPECTO	granuloso	granuloso	granuloso
COLOR	Blanco amarillento	Blanco grisáceo	Blanquecino
OLOR	insípido	insípido	insípido
SABOR	dulce	dulce	Dulce

2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA RAÍZ

Se presenta las características morfológicas en el cuadro 4 y se observa las variedades en la figura 11.

Cuadro 4. Características morfológicas de las variedades de la raíz de yacón de Sandia *

CARACTERÍSTICAS	Q'ello llajum	Yurac Ch'ecche	Yurac llajum
Peso promedio de raíz por planta (g)	248.70	207.20	269.30
Longitud promedio de raíz por planta (cm)	17.16	21.62	13.80
Numero promedio de raíces por planta	15	14	12
Diámetro promedio de raíz por planta (cm)	6.20	5.80	7.35
Forma	alargada	alargada	Redondeada
Color de la cáscara	Crema amarillo	Crema oscuro blanco	Rosado blanco

(*) Promedio de 12 repeticiones



Figura 11. Las tres variedades de Yacón de Sandia. Q'ello Ilajum, Yurac Ch'ecche y Yurac Ilajum.

3. HUMEDAD:

Cuadro 5. Valores de humedad en muestra fresca

VARIETADES	CANTIDAD (g%)
Q'ello llajum	78.05
Yurac Ch'ecche	80.83
Yurac llajum	82.63

Valores promedio de 3 entradas (b.h.), base húmeda

4. ACIDEZ TOTAL:

Cuadro 6. Valores de acidez total

VARIETADES	CANTIDAD (%)
Q'ello llajum	0.32
Yurac Ch'ecche	0.31
Yurac llajum	0.27

Valores promedio de 3 entradas (b.h.), base húmeda

5. PROTEÍNAS TOTALES :

Cuadro 7. Valores de proteínas totales en muestra seca

VARIETADES	CANTIDAD (g%)
Q'ello llajum	2.84
Yurac Ch'ecche	2.86
Yurac llajum	2.76

Valores promedio de 3 entradas (b.s.), base seca

6. CENIZAS:

Cuadro 8. Valores de cenizas en muestra seca

VARIETADES	CANTIDAD (g%)
Q'ello llajum	2.83
Yurac Ch'ecche	2.92
Yurac llajum	2.78

Valores promedio de 3 entradas (b.s.), base seca

7. CARBOHIDRATOS :

Cuadro 9. Valores de contenido de carbohidratos en muestra seca

VARIEDADES	CANTIDAD (g%)
Q'ello llajum	89.53
Yurac Ch'ecche	89.85
Yurac llajum	90.86

Valores promedio por calculo matemático (b. s.)

8. pH :

Cuadro 10. Valores de pH en muestra seca de yacon

VARIEDADES	VALORES
Q'ello llajum	6.36
Yurac Ch'ecche	6.52
Yurac llajum	6.17

Valores promedio de 3 entradas (b.s.), base seca

9. EXTRACTO ETereo:

Cuadro 11. Valores de grasa en muestra seca de yacon

VARIEDADES	CANTIDAD (g%)
Q'ello llajum	0.28
Yurac Ch'ecche	0.31
Yurac llajum	0.27

Valores promedio de 3 entradas (b.s.), base seca

10. FIBRA BRUTA:**Cuadro 12.** Valores de fibra bruta en muestra seca

VARIEDADES	CANTIDAD (g%)
Q'ello llajum	4.20
Yurac Ch'ecche	3.98
Yurac llajum	4.34

Valores promedio de 3 entradas (b.s.), base seca

11. AZUCARES REDUCTORES DIRECTOS**Cuadro 13.** Valores de azucares reductores directos

VARIEDADES	CANTIDAD (g%)
Q'ello llajum	7.65
Yurac Ch'ecche	8.14
Yurac llajum	6.89

Valores promedio de 3 entradas (b.s.), base seca

12. AZUCARES REDUCTORES TOTALES**Cuadro 14.** Valores de azucares reductores totales

VARIEDADES	CANTIDAD (g%)
Q'ello llajum	25.33
Yurac Ch'ecche	27.65
Yurac llajum	25.43

Valores promedio de 3 entradas (b.s.), base seca

V. DISCUSIONES

En la literatura no se encontró referencia específica sobre estudios químico-bromatológicos de las raíces tuberosas de yacón procedentes de la provincia de Sandia (Puno). Argumento que justifica el presente trabajo

1. Características organolépticas de la raíz de yacón

Cabe mencionar que una de sus características de madurez organoléptica es el mayor dulzor debido a la aparición cada vez mayor de azúcares reductores y con el consiguiente disminución del contenido de los carbohidratos de reserva (oligofructanos) así como de fibra, se acentúa el color amarillento (Nelson & Spollen, 1987 y Nieto, 1991). Se resalta una ligera variación de color blanco amarillento granuloso (Q'ello llajum), blanco grisáceo granuloso (Yurac Ch'ecche) y blanquecino granuloso (Yurac llajum). De las tres variedades que se encontró, la variedad Yurac llajum (de color crema blanquecino y ovaladas) es la que tiene mejores características organolépticas (para consumo, transporte y almacenamiento) como se muestra en el cuadro 3.

2. Características morfológicas de la raíz.

La longitud encontrada como se muestra en el cuadro 4. Osciló entre 13,8 a 21,62cm, resaltando con mayor dimensión la variedad Yurac ch'ecche, la que puede variar según la época de cosecha, Grau y Rea, (1997) menciona que las dimensiones de las raíces pueden llegar a alcanzar valores entre 6 y 25cm de longitud.

El número promedio de raíces que se encontró fueron entre 12 a 15, (cuadro 4), valor que está dentro de los valores que reportan Grau y Rea, (1998), que el número de raíces tuberosas por planta suele estar entre 5 y 40.

Se ha encontrado raíces con diámetros que fluctúan entre 5,8 a 7,35cm. Valores que están dentro de los encontrados por Chirinos (1999) de raíces procedentes de Cusco.

Se han encontrado raíces de formas no definidas, alargadas y bastante voluminosos, también medianos, ovaladas; pero en forma general podemos agrupar en tres variedades dos tienen formas alargadas y el tercero ovalada (Yurac llajum). Y los colores de las cáscaras también varían, se ha observado colores como amarillo, crema blanco y rosado de las variedades Q'ello llajum, Yurac ch'ecche y Yurac llajum respectivamente como se muestra en el cuadro 4.

El National Research Council et al, (1989) indica que los tubérculos del yacón son fusiformes y pueden variar considerablemente en tamaño forma y sabor el color de su cáscara varia desde marrón oscuro al purpúreo opaco incluso al naranja, internamente el tubérculo se presenta como un cuerpo carnosamente los tubérculos generalmente pesan de 200 a 500 g. Pero pueden llegar a pesar 2 Kg.

3. Humedad

Se determino de acuerdo al método especificado oficial (AOAC, 1997)

Se ha encontrado alto contenido de agua, tal como se demuestra en el cuadro 5, que tienen valores promedios de 78.05 (Q'ello llajum), 80.83 (Yurac ch'ecche) y 82.63 (Yurac llajum). Bredemann (1948), Colazos, (1990) y Chirinos (1999) encontraron valores similares de agua, 92.7, 86.6 y 82.3 respectivamente.

4. Acidez titulable total

Se obtuvieron valores que fluctúa entre 0.27 y 0.32 (cuadro 6). Resultados ligeramente diferentes a los reportados por Vivanco (1996), y Brako y Zarucchi (1993) de 0.21 y 0.42 respectivamente.

5. Proteína total:

En el cuadro 7 se muestra que el contenido de proteínas varía entre 2.76 y 2.86 con un promedio de 2.81, no existe mucha diferencia entre variedades nativas y es un valor relativamente bajo respecto a otros tubérculos y raíces. Hermann et al., (1999) y Lizarraga et al., (1997) encontraron valores de 2.27 y 3.49 respectivamente.

6. Cenizas totales

El cuadro 8, muestra que los valores de ceniza fluctúan entre 2.78 y 2.92 Son valores similares, con los reportados por Lizarraga et al., (1997) y Chirinos, (1999); 3.03 y 1.81 respectivamente.

7. Carbohidratos totales:

El contenido de los carbohidratos es el que participa en mayor grado, valor promedio en base seca fluctuó entre el 89.53 y 90.86 tal como se demuestra en el cuadro 9; Lizarraga et al., (1997) encontraron valores de contenidos de carbohidratos entre 82 y 96% (b.s.) y Collazos et al., (1993) reportaron valores entre 73.6 y 88.7% (b.s.)

En términos generales, los carbohidratos encontrados representan alrededor del 88.98% (porcentaje promedio; cuadro 9) del peso seco de las raíces, de los cuales entre 50 y el 70% son fructooligosacaridos (FOS) u oligofructanos, el resto de los carbohidratos lo conforman la sacarosa, fructosa y glucosa (Ohyama et al., 1990; Asami et al., 1991; Nieto, 1991; Collazos et al., 1993; Hermann et al., 1999). Sin embargo la composición relativa de los diferentes azúcares varían (Chirinos, 1999) debido a diferentes factores como el cultivo, la época de siembra y cosecha, tiempo y temperatura en poscosecha.

8. pH

Los valores que se obtuvieron fueron entre 6.17 y 6.52 (cuadro 10). Que son valores similares a los encontrados por Arbizu y Hermann (1992).

9. Extracto Etéreo:

Se realizó empleando el método Soxhlet. Y, los resultados se demuestran en el cuadro 11, que el contenido de grasa encontrada son valores bastante bajos, oscila entre 0.27 a 0.31. Estos resultados no difieren mucho con los reportados por Collazos, (1993) y Lizárraga et al., (1997) encontraron valores de 0.23 y 0.31 respectivamente.

10. Fibra Bruta

Los valores que se obtuvieron varían entre 3.98 y 4.34 (cuadro 12), estos valores son muy próximos a los encontrados por; Nieto, (1991); Lizarraga et al., (1997) y Asami et al., (1989); 2.92, 3.34 y 2.63 respectivamente.

11. Azúcares reductores directos

Los valores que se encontraron se muestran en el cuadro 13, que fluctúan entre 6.89 y 8.14% en muestra seca. Asami et al., (1989) y Ohyama (1990) indican que los únicos azúcares libres encontrados en el yacón son la glucosa, fructosa y un porcentaje bastante bajo de sacarosa. Asami et al., (1989) y Ohyama (1990) indican que los únicos azúcares libres encontrados en el yacón son la glucosa, fructosa y un porcentaje bastante bajo de sacarosa

12. Azúcares reductores totales

Se obtuvieron valores que están entre 25.33 y 27.65, que se muestran en el cuadro 14, en muestra seca. Resultados ligeramente diferentes a los

reportados por Vivanco (1996), y Brako y Zarucchi (1993) de 19.98 y 22.74 respectivamente.

IV. CONCLUSIONES

1. De las tres variedades nativas Q'ello llajum, Yurac Ch'ecche y Yurac llajum, esta ultima de color crema blanquecino y redondeadas es la que tiene mejores características organolépticas (para consumo, transporte y almacenamiento).
2. Con los análisis químicos bromatológicos se ha confirmado que la raíz tuberosa contiene alto porcentaje de agua (80.83 g%), seguido de carbohidratos en muestra seca constituyendo el 90.1 g% aproximadamente,
Los valores promedios obtenidos de Humedad, Proteínas totales, fibra bruta, extracto etéreo, cenizas, pH, acidez, carbohidratos, ARD y ART en g%, fueron: 80.83, 2.81, 4.21, 0.29, 2.85, 6.35, 0.30, 90.1, 7.62 y 26.32 respectivamente.

V. **RECOMENDACIONES**

- Realizar estudios complementarios al presente trabajo y orientados sobre todo a la caracterización de clases de oligofruktanos en las distintas variedades existentes en la provincia de Sandia-Puno. dado que la macromolécula caracteriza al tubérculo como alimento nutraceutico y con mucha demanda internacional.
- Investigar nuevas tecnologías de producción de harina de yacon que el proceso no altere mucho sus componentes naturales por ende sus propiedades nutracéuticas
- Se sugiere realizar estudios químicos, biológicos complementarios y de forma multidisciplinaria, trabajar con ingenieros agrónomos.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arbizu, C. y Hermann, M. (1992). Algunos factores limitantes en el uso de raíces y tubérculos andinos y sus prioridades de investigación. El agroecosistema andino: problemas, limitaciones, perspectivas. Pp. 223-229. CIP. Lima.

Anderson HB, Ellegard LH & IG Bosaues. 2001. health effects of probiotics and prebiotics. A literature review on human studies Scandinavian Journal of nutrition 45: 58-75.

Asami, T., Kubota, M., Minamisawa K. And Tsukihashi, T. (1991). Chemical composition of bacón, a new root crop from the andean highlands. Japanese Journal of soil science and plant. Vol 60 2, april, pp 122-126.

A. O. A. C. (1997). Official Methods of analysis. Association of Analytical Chemists. Editorial Board. USA.

Brako L & J. Zarucchi 1993. cataloge of the flowering plants and gymnosperms of Peru. Monographs in systematic botany from the Missouri Botanical Garden 45: I-XI; 1286 p.

Campos, D. (1998). Comunicación personal. Profesor de la Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria la Molina.

Collazos, C. (1993). La composición de alimentos de mayor consumo en el Perú. 6ta edición, Ministerio de Salud – Instituto Nacional de Nutrición. Lima.

Córdova, F. (1969). Manual de plantas económicas de Bolivia. Imprenta ICTHVS. Cochabamba.

Chirinos, A. (1999). Obtención y caracterización de oligofruktanos y la inulina de Raíz de Bacón (*Smallanthus sonchifolia*, Poepp. & Endl. H. Robinson). Tesis para magíster en industrias alimentarias. UNALM.

FAO. (1996). Cultivos marginados. Otras perspectivas de 1492. editado por F. Bermejo y J. León. Lima

Gibson, G.R.& Wang, (1998). X. Bifidogenic properties of different types of fructooligosaccharides. Food Microbiol. 1994b;11:491-498 USA.

Grau, C. y Rea, J. (1998). Yacón, *Smallanthus sonchifolius* (poepp & Endl.) H. Robinson.

- Hermann, M.** (1998). Chemical composition and novel food uses of yacón. In press. Program report 1997-1998: International Potato Center (CIP), Lima Pp. 425-432.
- Hidalgo, A.** (1990). Estudio de la influencia del ambiente sobre el color de las hojuelas fritas de dieciséis genotipos de *Ipomea batata* (L.). Lam. Tesis de ingeniero en industrias alimentarias. UNALM.
- León, H.** (1983). Caracteres agronómicos de cinco cultivares de llacón (*Polimnia sonchifolia*) bajo condiciones de la campiña de Cajamarca. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Técnica de Cajamarca.
- Inade / Pelt – Cosude.** (2004). Cultivos potenciales para el desarrollo de Puno: Kuchucho y Llacón.
- Lizárraga, L., Ortega, R., Vargas, W. Y Vidal, A.** (1997). Cultivo del bacón (*Polimnia sonchifolia*). En resúmenes Curso Pre-congreso – IX Congreso Internacional de cultivos andinos. Cuzco.
- Mackensie KK.** 1993. *carduaceae 56 smallanthus*. In: Small JK (ed.). manual of the Southeastern flora, 1307, 1406. New York, USA. Reprinted 1972, Hafner, New York, USA.
- Meza G.** 1995. variedades nativas de yacon (*polymnia sonchifolia*) en Cuzco, Universidad Nacional San Antonio de Abad de Cuzco (UNSAAC), centro de investigación de cultivos andinos (CICA), Cuzco.
- Montes, Adolfo Leandro,** Bromatología. Editorial Universitaria de Buenos Aires. Segunda edición 1981.
- Nelson & Spollen** (1987). Fructans. *Physiologia plantarum*. 71:512-516
- Nieto, C.** (1991). Estudios agronómicos y bromatológicos en jicama (*Plymnia sonchifolio*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Vol., XLI 41(2): 213-221.
- National Research Council.** (1998). Lost crops of the Incas: Little kown plants of the Andes with promise for worldwide cultivation. National Academy Press. Washington D. C. 2da. Edición. Pp 114-147
- Ohyama, T., Ito, O., Yasuyoshi, S., Ikarashi, T., Minamisawa, K., Kubota, M., Tsukihashi, T. And Asami, T.** (1990). Composition of storage carbohydrate in tubers of yacn (*Polimnia sonchifolia*). *Soil Sci. plant. Nutr.* Vol 36(1), p. 167-171.

Redondo, A., De la Hoz, L., y Ordóñez, J. (1996). Fibra alimentaria: propiedades e interés nutricional. Rev. Alimentación, Equipos y Tecnología. Enero-febrero. Vol., XIX numero 5. Pp 77-86.

Roberfroid, M. Gibson, G., and Delzenne, N. (1993). The biochemistry of oligofructose, a nondigestible fiber: An approach to calculate its caloric value. Nutrition review. Vol 51 numero 5. pp. 137-146

Seminario, J. ; Valderrama, M. ; Manrique, I. (CIP). "El yacon: Fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio". Lima (Peru). Centro Internacional de la Papa (CIP); Universidad Nacional de Cajamarca; Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). 2003. 57 p. CIP A5 S4

Tapia, M. (1990). Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Quito.

Well, JR. 1965. A. Taxonomic study of Polimnia (compositae). Brittonia 17: 144-159.

Paginas Weeb:

<http://www.cipotato.org/>

CIP, Centro Internacional de la Papa. Perú

www.alimentacion-sana.com.ar

<http://books.nap.edu/books/030904264X/html/115.html>

National Research Council. National Academy Press

ANEXOS

TÉCNICAS DE ANÁLISIS Y CÁLCULOS DE VALORES QUÍMICOS BROMATOLÓGICOS DE YACÓN

Determinación de Acidez titulable Total.- Se tomo 10ml de extracto de la raíz de yacón, se enrazo a 50ml con agua destilada; titulando con una solución de NaOH 0,1N y utilizando fenolftaleina como indicador, hasta que vire a rosa tenue. La acidez titulable se calcula aplicando la siguientes formula. (A.O.A.C., 1997)

$$\% \text{ de acidez} = (V \times N \times E \times 100) / 10a$$

Donde:

V: ml de NaOH gastados en titulación

N: Normalidad del NaOH

E: miliequivalente (factor)

a: gramos o ml de la muestra

Determinación de la humedad.- se realizo por desecación en estufa a 105 grados Celsius a presión atmosférica, con muestra de 5 gramos, hasta lograr peso constante por 6 horas. La determinación de humedad se hizo por diferencia de peso. Entre el peso inicial y el peso final, obteniéndose en forma directa el porcentaje de humedad. (A.O.A.C., 1997)

$$\% \text{ de humedad} = (P_i - P_f) \times 100 / \text{gramos muestra}$$

Determinación de proteína Total.- Se determino por el método Kjeldahl, usándose el factor 6.25 para llevar el nitrógeno a proteína total. El procedimiento comprende 3 fases: digestión, destilación y titulación.

1.- Pese 0,1 gramo de muestra seca en el papel de filtro, envolver e introducirlo en balón de Kjeldahl,

2.- Añada una cuchara a ras de la mezcla catalizador-elevador de la temperatura (Mezcla sulfato de cobre - sulfato de potasio), adicionar ml. de ácido sulfúrico concentrado por los bordes del balón con sumo cuidado. kjeldahl

3.- Coloque el balón de kjeldahl en la hornilla eléctrica para su ataque durante una hora y media aproximadamente. La finalización del ataque se observa por la aparición de una solución de color verde-esmeralda límpido. Durante la hora y media de digestión, el balón de kjeldahl se vá rotando periódicamente con la finalidad de que la combustión de la materia orgánica en la muestra sea homogénea.

4.- Deje enfriar el producto así obtenido y adicione aproximadamente 50 ml. de agua.

5.- Antes de iniciar el proceso de destilación, en un vaso erlenmeyer añada 20 ml. de ácido bórico y 3 a 4 gotas de indicador rojo de metilo. Coloque el vaso erlenmeyer en el terminal del equipo de destilación de modo que el terminal quede inmerso en la solución bórica.

6.- En el balón de kjeldahl , después de adicionar los 50 ml. De agua, añada unas cuantas granallas de zinc e inmediatamente 5 ml de solución de soda al 50 % y coloque en el equipo de destilación, ajustando bien la parte inicial de éste al balón de kjeldahl.

7.- Inicie la destilación, hasta obtener un volúmen aproximado de 25 ml. de destilado en el vaso erlenmeyer e interrumpa el proceso destilación.

8.- Titule el contenido del vaso erlenmeyer con HCl 0,1 N hasta variación de color en este caso amarillo a rojo. Anote el volúmen gastado. Se anota el gasto y se procede a hacer los cálculos con la siguiente formula. (A.O.A.C.,1997)

$$\% N = \text{ml HCl} \times \text{Normalidad} \times \text{Miliequiv. N} \times 100 / \text{g de MP}$$

Determinación del Extracto Etéreo.- Mediante el método de Soxhlet, para lo cual se pesa 1 g de muestra seca, se empaqueta en un papel de filtro Whatman Nro. 2. se coloca el paquete en el cuerpo del aparato Soxhlet, y luego agregar el éter. Seguidamente se conecta a una fuente de calor, al calentarse se evapora y asciende a la parte superior, allí se condensa por refrigeración y cae sobre la muestra. Regresando al matraz por sifón (sistema de reflujo). Se evapora el éter remanente en el matraz en una estufa y enfriar en una campana. Los cálculos se realizan con la siguientes formula. (A.O.A.C., 1997)

$$\% \text{ grasa} = \text{peso de matraces (con grasa - vacío)} \times 100 / \text{g muestra}$$

Determinación de la Fibra Bruta.- Mediante la digestión ácida seguida por una alcalina. Se pesa 1g de muestra en un vaso de 500ml, se hierve durante 30 minutos con 200ml de H₂SO₄, se filtra y se lava con agua destilada caliente hasta neutralizar la acidez. Luego se añade 200ml de NaOH y se hierve por 30 minutos. Se filtra al vacío lavando con agua destilada caliente. Enseguida se pone en una estufa por 2 horas y se pesa (P1). Seguido se coloca a la mufla la materia orgánica para obtener las cenizas y se pesa nuevamente (P2). Los cálculos se realizan con la siguiente formula. (A.O.A.C., 1997)

$$\% \text{ de fibra} = (P1 - P2) \times 100 / \text{g. muestra}$$

Determinación de Cenizas Totales.- se determino calcinando la muestra en mufla a una temperatura de 600 grados Celsius para quemar todo el material orgánico, para ello se pesa 1,5g de muestra en un crisol de porcelana y se lleva a la mufla durante toda la noche, al día siguiente se enfría en un desecador a temperatura ambiente y se pesa inmediatamente.

El % de cenizas se determina de la siguiente forma. (A.O.A.C., 1997)

$$\% \text{ Ceniza} = \text{Peso de Ceniza} \times 100 / \text{g de MP}$$

Determinación de Carbohidratos totales.- se calcula por diferencia restando de 100 los porcentajes de humedad, de proteína, grasa, fibra y cenizas, como se muestra en la formula. (A.O.A.C., 1997)

$$\% \text{ de Carbohidratos} = 100 - (\% \text{ ceniza} + \% \text{ fibra} + \% \text{ grasa} + \% \text{ proteína})$$

Determinación de azúcares reductores directos

Los análisis se efectuaron por el método de Fehling-Causse-Bonans utilizando las soluciones de Fehling para la determinación de los azúcares reductores. El reactivo (solución de CuSO₄ y solución de tartrato alcalino) son reducidas por

azúcares aldosas a óxido cuproso. Se prepara de la siguiente manera mezclando en el orden indicado:

Tartrato sodico/potasico (sal de seignette)	130 g
Hidróxido de Sodio puro	110 g
Sulfato de cobre puro cristalizado	24 g
Ferrocianuro de potasio	16,8 g

Y se completa el volumen a 110ml con agua destilada.

Luego se determina el título del reactivo con solución patrón con el indicador de azul de metileno. Pesar de 10-12 g de muestra finamente molida en un vaso de precipitado de 50 ml transferir cuantitativamente con 200 ml de agua destilada caliente a un matraz volumétrico de 250 ml, mezclar y dejar reposar 30 min agitando ocasionalmente. Agregar 4 ml de la solución de acetato de zinc, mezclar, agregar 4 ml de solución de ferrocianuro de potasio y mezclar. Diluir a la mezcla y filtrar. Colocar el filtrado en una bureta y proceder como se indica, usando el filtrado obtenido en lugar de la solución patrón de glucosa.

Cálculos:

$$\%g = (\text{Volumen total MP} \times \text{Título reactivo} \times 100) / \text{volumen gasto MP} \times gMP$$

Determinación de azúcares reductores totales

Tomar 25 ml del filtrado y pasar a un matraz volumétrico de 100 ml. Agregar 20 ml de agua, 10 ml de ácido clorhídrico concentrado y mezclar. Colocar el matraz con un termómetro sumergido en la solución en un baño de agua a 70°C y mantener por un periodo de 15 min contados a partir del momento en que la temperatura interna alcance 96°C. Enfriar inmediatamente, agregar unas gotas de fenolftaleína, neutralizar con solución de NaOH, enfriar y llevar a la marca. Colocar la solución en una bureta y proceder a titular, usando la solución obtenida en lugar de la solución patrón.

Determinación del pH.- calibrar el potenciómetro con las soluciones amortiguadoras de pH=4, pH=7 y pH=11, según sea el tipo de residuo sólido por analizar.

Pesar 10 g de muestra y transferirlos a un vaso de precipitado de 250 cm³

Añadir 90 cm³ de agua destilada. Mezclar por medio del agitador durante 10 minutos

Dejar reposar la solución durante 30 minutos. Determinar la temperatura de la solución. Sumergir los electrodos en la solución y hacer la medición de pH.

Sacar los electrodos y lavar con agua destilada. Sumergir los electrodos en un vaso de precipitados con agua destilada.

NOTA: Para el manejo y cuidados que se deben tener con el potenciómetro, es necesario seguir las indicaciones y recomendaciones del fabricante.

Cálculos:

El valor del pH de la solución, es la lectura obtenida en la carátula del potenciómetro, cuando los electrodos se sumergen en ella.

DETERMINACION TAXONOMICA DE YACON EN EL MUSEO DE USM



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
MUSEO DE HISTORIA NATURAL



CONSTANCIA N° 145-USM-2005

EL JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (planta completa) recibida del tesista Sr. RUBEN RAMOS ZAPANA, ha sido estudiada y clasificada como: *Smallanthus sonchifolius* (Poepp) Rob., y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1988):

DIVISION: MAGNOLIOPHYTA

CLASE: MAGNOLIOPSIDA

ORDEN: ASTERALES

FAMILIA: ASTERACEAE

GENERO: *Smallanthus*

ESPECIE: *Smallanthus sonchifolius*
 (Poepp) Rob.

Nombre vulgar: "Yacón"

Determinada por: Dr. Oscar Tovar S.

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Lima, 06 de Diciembre de 2005.

Betty
Ms. Betty Millán S.
 JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)



TABLA DE LOS RESULTADOS DE TODAS LAS ENTRADAS O REPETICIONES

Valores de humedad en muestra fresca

VARIEDAD	CANTIDAD (g%)			
	1*	2*	3*	PROMEDIO
Q'ello Ilajum	82.50	90.14	88.52	87.05
Yurac Ch'ecche	80.30	82.40	79.80	80.83
Yurac Ilajum	83.05	86.25	84.60	82.63

* Numero de entradas. (b.h.), base húmeda

Valores de acidez total en muestra fresca

VARIEDAD	CANTIDAD (g%)			
	1*	2*	3*	PROMEDIO
Q'ello Ilajum	0.29	0.34	0.32	0.32
Yurac Ch'ecche	0.31	0.29	0.34	0.31
Yurac Ilajum	0.25	0.28	0.26	0.27

* Numero de entradas. (b.h.), base húmeda

Valores de proteínas totales en muestra seca

VARIEDAD	CANTIDAD (g%)			
	1*	2*	3*	PROMEDIO
Q'ello Ilajum	2.78	2.98	2.77	2.84
Yurac Ch'ecche	2.87	2.69	3.02	2.86
Yurac Ilajum	2.66	2.75	2.88	2.76

* Numero de entradas. (b.s.), base seca

Valores de cenizas en muestra seca

VARIEDAD	CANTIDAD (g%)			
	1*	2*	3*	PROMEDIO
Q'ello Ilajum	2.67	3.20	2.62	2.83
Yurac Ch'ecche	3.13	2.89	2.74	2.92
Yurac Ilajum	2.69	2.72	2.89	2.78

* Numero de entradas. (b.s.), base seca

Valores de contenido de carbohidratos en muestra seca

VARIEDAD	CANTIDAD (g%)			
	1*	2*	3*	PROMEDIO
Q'ello Ilajum	90.95	87.51	91.10	89.53
Yurac Ch'ecche	89.48	90.26	89.82	89.85
Yurac Ilajum	90.26	92.95	89.37	90.86

Por calculo matematico (b.s.), base seca

Valores de pH en muestra seca de yacon

VARIEDAD	VALORES			
	1*	2*	3*	PROMEDIO
Q'ello Ilajum	6.52	6.23	6.32	6.36
Yurac Ch'ecche	6.56	5.98	6.12	6.52
Yurac Ilajum	6.32	6.10	6.08	6.17

* Numero de entradas. (b.s.), base seca

Valores de grasa en muestra seca de yacon

VARIEDAD	CANTIDAD (g%)			
	1*	2*	3*	PROMEDIO
Q'ello llajum	0.25	0.35	0.23	0.28
Yurac Ch'ecche	0.29	0.27	0.32	0.31
Yurac llajum	0.24	0.26	0.30	0.27

* Numero de entradas. (b.s.), base seca

Valores de fibra cruda en muestra seca

VARIEDAD	CANTIDAD (g%)			
	1*	2*	3*	PROMEDIO
Q'ello llajum	3.35	5.96	3.28	4.20
Yurac Ch'ecche	4.13	3.89	4.01	3.98
Yurac llajum	4.15	4.32	4.56	4.34

* Numero de entradas. (b.s.), base seca

Valores de azucares reductores directos en muestra seca

VARIEDAD	CANTIDAD (g%)			
	1*	2*	3*	PROMEDIO
Q'ello llajum	6.53	7.98	8.45	7.65
Yurac Ch'ecche	8.89	8.28	7.25	8.14
Yurac llajum	6.72	6.20	8.50	6.89

* Numero de entradas. (b.s.), base seca

Valores de azucares reductores totales

VARIEDAD	CANTIDAD (g%)			
	1*	2*	3*	PROMEDIO
Q'ello Ilajum	24.56	23.54	27.89	25.33
Yurac Ch'ecche	28.12	25.87	28.97	27.65
Yurac Ilajum	23.94	25.83	26.51	25.43

* Numero de entradas. (b.s.), base seca