

Análisis Cromatográfico de los Aminoácidos de Quinua y Estudio Cuantitativo de los Mismos en 6 de las Variedades más Importantes que se consumen en el Perú

JORGE CHIRIBOGA Y DORA VELÁSQUEZ (**)
Dpto. de Bioquímica - Escuela Nacional de Agricultura (*)

Desde hace algunos años se viene insistiendo en el país sobre el cultivo, mejoramiento y propiedades nutritivas de la quinua (*Chenopodium quinoa*).

El interés que se tiene en el Perú por la quinua, está plenamente justificado dado que, en 1955, por ejemplo, este cereal ocupó el 8vo. lugar entre los cultivos realizados en el país con un sembrío entre quinua y cañihua (las dos quenopodiáceas más importantes) de 32.605 hectáreas (datos oficiales) sembrándose en su mayor parte en la altiplanicie del sur de los Andes.

Tiene este cultivo para la serranía peruana una importancia fundamental, tanto por razones agronómicas como por razones de orden alimenticio. Las quenopodiáceas alimenticias del Perú se cultivan por encima de los 3,000 metros resistiendo bien las inclemencias de altura, clima y falta de agua.

Por otro lado los estudios realizados en diversos laboratorios han demostrado el alto contenido en proteínas y grasas de la quinua.

Con estos datos y los que emanaban de la experiencia popular, pronto los investigadores afrontaron el problema del estudio cualitativo de las proteínas de la quinua. Así, por ejemplo, fue como Guzmán Barrón encontró que la quinua tiene un alto contenido de Lisina para ser de origen vegetal (9-11).

(*) Este estudio ha sido posible gracias a la ayuda proporcionada por la Fundación Rockefeller y la Misión Técnica de la Universidad de Carolina del Norte.

Posteriores estudios más detenidos realizados en el Instituto de Nutrición que dirige el Dr. Collazos-Chiriboga, demostraron que la proteína de quinua es de un alto valor alimenticio tanto por el dosaje de las cantidades de 9 aminoácidos realizados por Viñas Tello (20), como por el estudio realizado por Alvistur (1) usando la técnica de depleción en ratas y comparando la efectividad de la proteína de quinua con la de la leche en polvo.

Todos estos estudios fueron realizados en muestras de quinua conseguidas en los mercados y en muchas oportunidades no se mencionan ni la variedad de quinua ni la procedencia (13-15-17).

Como en diversas dependencias del Ministerio de Agricultura se llevan a cabo estudios de mejoramiento genético y tipificación de variedades así como mantenimiento de semilleros, decidimos estudiar la calidad protéica de las variedades más importantes y de uso frecuente en la Sierra del Perú.

Con este fin hemos estudiado, usando la técnica de cromatografía de papel y densitometría posteriormente, el tenor en aminoácidos de las siguientes variedades: Blanca de Huancayo, Rosada de Cajamarca, Blanca de Jauja, y tres tipos de quinua sembradas en la zona de la altiplanicie del Callao (Puno) y son: Real, Blanca, y Rosada de Puno.

Antes de iniciar este estudio tuvimos que hacer uno previo en el que se determinaron los aminoácidos de la proteína de quinua usando también cromatografía de papel; así fue como se encontraron 16 aminoácidos de los cuales 7 no habían sido mencionados antes en este cereal.

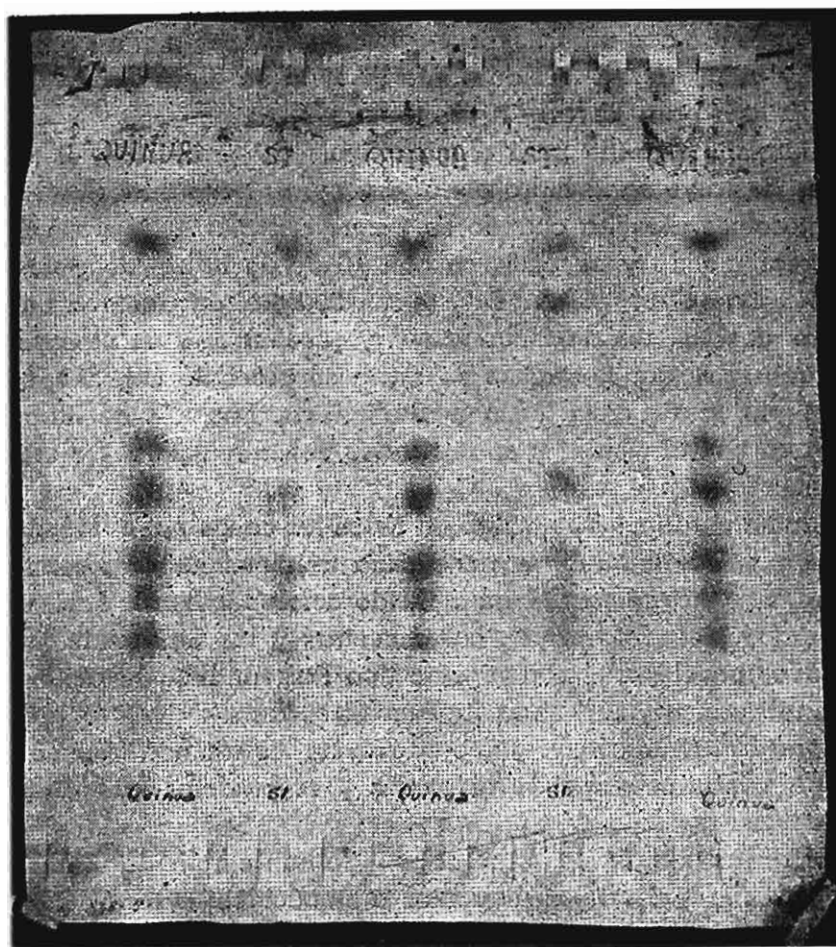
Es por esto que al relatar nuestros estudios dividiremos los resultados en:

- 1.—Estudio cualitativo de los aminoácidos de quinua.
- 2.—Estudio cuantitativo de los aminoácidos de la quinua en 6 de las variedades más importantes sembradas en el Perú.

1.—*Estudio cualitativo de los Aminoácidos de Quinua.*

MATERIAL Y MÉTODOS

Las muestras de quinua fueron obtenidas de la Estación Experimental Agrícola de La Molina, y molidas en un molino Willey



Cromatograma conteniendo los aminoácidos que aparecen en un hidrolizado ácido de Quinua y la mezcla de los Standards correspondientes. Aparecen aquí los 14 aminoácidos detectables con Ninhidrina. Los que aparecen en menor concentración son difíciles de apreciar en la fotografía.

hasta quedar como un polvo blanco, posteriormente, con este polvo se hicieron las hidrolisis respectivas.

Hidrolisis ácida.—Del polvo que se obtuvo de la molienda se pesaron 2 gramos y se pusieron en un Erlenmayer de 125 cc añadiendo 10 cc HCl 6N. Bien acondicionados, se puso la muestra en un autoclave por 6 horas a 120° y a 1 atmósfera de presión. Se consideró completa la hidrolisis cuando no hubo más reacción al biu-

ret. Se filtró el hidrolizado a través de papel de filtro y posteriormente se concentró con un sistema de aire calor hecho con un baño de maría y ventilador. El residuo se redisolvió en agua quedando la muestra lista para llevarla a la cromatografía.

Hidrolisis alcalina para el triptofano.—Como se sabe el triptofano se destruye en la hidrolisis ácida, por lo tanto, hay que hacer una hidrolisis alcalina cuando se quiere detectarlo. Se pesó 2 gr. de cereal molido y se pusieron con 15 cc de hidróxido de bario al 14% ($\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (2-3) y con 500 gm. de almidón en las mismas condiciones de temperatura y presión que en el caso de la hidrolisis ácida. El exceso de Bario se precipitó con SO_4H_2 IN agregando gota a gota hasta neutralización. Después de filtrar se concentró con aire-calor y se redisolvió con agua para ser cromatografiado.

Cromatografía.—Se empleó en todos los casos papel Whatman N 1 usando dos tipos de cromatografía unidimensional ascendente y circular para precisar el aminoácido correspondiente. Las cubas empleadas fueron de vidrio. Las muestras y los Standards fueron colocados en el papel con pipetas tipo Pasteur bajo la acción de rayos infrarrojos y aire para facilitar el secado.

Para la identificación y separación de los aminoácidos se emplearon varios sistemas de solventes y reveladores que después enumeraremos.

Identificación de los aminácidos.—Se han empleado varios métodos para identificar los diferentes aminoácidos:

- a) Cromatografiando contra el Standard y comparando los Rf.
- b) Por elución y recromatografiando con el Standard dentro.
- c) Cromatografiando en varios sistemas de solventes y comparando los valores Rf.
- d) Por reacciones de coloración específicas en el papel o en el eluido.

Solventes usados.—(2).

- A) Butanol n: A. Acético: Agua. (40:10:50).
- B) Butanol n: A. Acético: Agua (250:60:250).

- C) Fenol: Agua (100:20).
- D) Piridina: Agua: A. Acético (50:35:15).
- E) Alcohol Isopropílico: Amoniaco: Agua (80:5:15).
- F) Alcohol etílico: Agua: Urea (80:20:5).

Reveladores.—(2) Se han empleado 9 fórmulas reveladoras y son las siguientes:

- A) R. de Ninhidrina.
- B) R. de Isatina.
- C) R. de P. dimetil amino benzaldehido.
- D) R. de Nitroprusiato de Na.
- E) R. de Alfa naftol-bromo.
- F) R. de ácido sulfanílico.
- G) R. de alfa nitroso B Naftol.
- H) R. de Biclورو de mercurio-yoduro-peryodato.
- I) R. d Nitroprusiato-hidroxilamina-bromo.

Reconocimiento de los ácidos aminados.—Después de diluir convenientemente el hidrolizado que contiene la mezcla de los aminoácidos, se colocó en banda sobre papel de filtro, se desarrolló en el solvente A por cuatro veces consecutivas dejando secar el papel entre desarrollo y desarrollo y se cortó 2 tiras longitudinales a los extremos del papel así desarrollado para revelar con ninhidrina los lugares donde habían quedado los aminoácidos. Se marcó en el papel los lugares en que quedaban éstos extendiendo líneas con lápiz y se eluyeron las zonas así trazadas en tubos de ensayo con agua destilada. En estos eluidos se identificó cada uno de los aminoácidos efectuando las siguientes pruebas:

Acido aspártico y ácido glutámico: Recromatografiando con el Standard dentro. En un mismo papel se colocaron por separado una muestra de ácido aspártico (Todos los Standards se consigieron del Set de aminoácidos de la Nutritional Biochemical Corp.,) otra del eluido y una muestra conteniendo la mezcla del eluido y del Standard. Lo mismo se hizo para el caso del ácido glutámico.

Después de desarrollar en la fórmula E y revelar, con Ninhidrina aparecieron sobre el papel tres manchas de idéntico valor R_f y de color azul para el ácido aspártico o de color violeta azulado para el ácido glutámico.

Cistina.—Recromatografiando contra el Standard y revelando con reactivo específico. En una tira de papel se colocó por separado una muestra del eluido problema y otra del standard de cistina. Después de desarrollar en butanol acético (Fórmula A) se reveló con el reactivo correspondiente a la Fórmula D (Nitroprusiato) y aparecieron dos manchas de color rosado de idéntico valor Rf.

Histidina.—Recromatografiando contra el standard y revelando con reactivo específico. Para el desarrollo se usó el solvente A y para el revelado en el papel se usó la fórmula F reactivo de ácido sulfanílico). Se obtuvo una mancha amarillenta brillante con aureola rojiza tanto con el standard como con el eluido problema.

Arginina.—Recromatografiando contra el standard y revelando con reactivo específico. Desarrollo con solvente A y revelado con reactivo de Alfa y naftol-bromo. Se observaron manchas de color naranja, características, con el mismo Rf.

Metionina.—Recromatografiando en la misma forma que con los anteriores en solvente A y revelado con el Reactivo de Grote (I) aparecen las manchas exponiendo el papel, después de revelado, al calor húmedo.

Tirosina.—Recromatografiando contra el standard y revelado con reactivo específico. El cromatograma se reveló con reactivo de Pauly (alfa nitroso b naftol).

Metionina.—Recromatografiando contra el standard y revelado con reactivo específico. Reactivo de Grote (nitroprusiato-hidroxilamina) *Valina, lisina, fenilalanina, leucina e isoleucina*. Recromatografiando contra standard dentro y revelado con ninhidrina.

Prolina.—Para este aminoácido se recromatografió contra el standard y después se reveló con isatina apareciendo la prolina en standard y problema de color azul.

Triptofano.—Hidrolisis alcalina, solvente E, revelador: reactivo de Enrich, sobre el papel. Aparición de manchas de color violeta que poco a poco tornan naranja pálido.

Standard de aminoácidos.—Todos los aminoácidos usados como standard fueron sustancias puras de Nutritional Biochemicals Corporation. Para las determinaciones cualitativas fueron empleadas soluciones al 1% p/v.

RESULTADOS OBTENIDOS

Los estudios realizados nos han llevado a determinar en los hidrolizados de quinua 16 aminoácidos que son los siguientes: Ácido aspártico, Ac. Glutámico, Arginina, Cistina, Fenilalanina, Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Prolina, Serina, Tirosina, Treonina, Triptófano y Valina.

En el cuadro N° 1 se pueden observar los diferentes Rf hallados en diferentes solventes y tipos de cromatografía para los aminoácidos en cuestión.

Debemos anotar que ha demostrado ser de las mejores técnicas para la cromatografía de este cereal, en las condiciones aquí mencionadas, la cromatografía consecutiva por 4 veces secando cada vez el papel y usando el solvente A.

2.—*Estudio cuantitativo de los aminoácidos de la quinua en 6 variedades de las más importantes que se consumen en el Perú.*

Después de haber hecho el estudio cualitativo de los aminoácidos en que como se pudo ver se encontraron los 9 descritos antes en la literatura así como 7 que no habían sido mencionados en este cereal, tuvimos interés en determinar la concentración en la que se encontraban éstos en diversas variedades de quinua que son de uso corriente en diversas zonas del país. Así, se escogieron para este estudio las siguientes: Blanca de Huancayo, Rosada de Cajamarca y Blanca de Jauja, y tres tipos de quinua sembradas en la Altiplanicie del Collao (Puno) Real, Blanca, y Rosada de Puno.

Material y métodos.—Hasta llegar a los hidrolizados se realizaron las mismas operaciones que para los métodos cualitativos.

Determinación en los hidrolizados ácidos.—Para la determinación cuantitativa de todos los aminoácidos encontrados en estos hidrolizados excepto prolina se trabajó en las siguientes condiciones:

Del hidrolizado primitivo se tomó 1 cc con pipeta, se colocó en un tubo de ensayo (1 cc = 200 gm. de quinua) y se le agregó agua destilada hasta completar 5 cc de tal modo que en esta nueva dilución 0.01 cc equivale a .4 mg. de quinua.

C U A D R O N° 1

VALORES DE RF DE LOS DIFERENTES AMINOACIDOS DE LA
QUINUA EN LOS SISTEMAS DE SOLVENTES USADOS

Método Circular
Tiempo de desarrollo: 8 horas
Temperatura 20°C

Método Unidimensional Ascendente

Tiempo de desarrollo: 20 horas. Temperatura: 20° C.

S O L V E N T E

Solvente

Aminoácido	A (pH: 3)	B (pH: 2.35)	C (pH: 5.8)	D (pH: 6)	E (pH: 12)	F (pH: 7.6)	A (pH: 3)
Ac. Aspártico	0.11	0.20	0.18	0.26	0.02	0.41	0.12
Ac. Glutámico	0.49	0.22	0.30	0.46	0.07	0.47	0.48
Arginina	0.36	0.18	0.83	0.42	0.08		0.35
Cistina	0.13	0.07	0.08	0.20	0.06		0.14
Fenilalanina	0.80	0.48	0.85	0.76	0.44		0.76
Histidina	0.28	0.12	0.68	0.39	0.22		0.40
Isoleucina	0.85	0.53	0.84	0.68	0.44		0.76
Leucina	0.86	0.57	0.86	0.77	0.56		0.77
Lisina	0.24	0.09	0.80	0.36	0.17		0.38
Metionina	0.77	0.47	0.80	0.79	0.31		0.59
Prolina	0.60	0.29	0.90	0.54	0.29		0.50
Serina	0.39	0.13	0.39	0.65	0.15		0.44
Tirosina	0.70	0.37	0.53	0.66	0.32		0.60
Treonina	0.48	0.19	0.55	0.43	0.22		0.30
Triptófano	0.80	0.49	0.73	0.68	0.31		
Valina	0.75	0.43	0.75	0.74	0.45		0.69

Solvente empleado: Butanol acético (Fórmula N° 1).

Papel Whatman N° 1 cortado en láminas de 25.5 x 27 cm.

Cantidad de soluto Standard: .01 cc (equivale a 2 gammas).

Cantidad de Soluta problema: .01 cc (equivale a .4 mg. de quinua).

En el primer desarrollo se dejó avanzar el solvente hasta 20 cc y después de secar se dejó correr por tres veces más consecutivas, hasta la misma altura dejando secar cada vez después de cada desarrollado.

Revelador: Ninhidrina.

De cada muestra problema se hicieron determinaciones por triplicado y de los standards por duplicado. Estas repeticiones fueron estudiadas previamente para saber cuántas eran el mínimo de las mismas necesarias para tener un dato lo más preciso posible. Habiendo comprobado que las manchas que aparecen después del revelado son más nítidas y de contornos mejor definidos cuando se revela el papel después de 24 horas de secado, todos los cromatogramas para los ensayos cuantitativos se han revelado en estas condiciones y usando el método de la pulverización y posterior calentamiento a la estufa por 10 minutos a 70° C.

Después del revelado se cortó la lámina en ocho tiras correspondientes al desarrollo de cada muestra para llevarlas al densitómetro donde se determinó la máxima densidad de las manchas usando filtro verde amarillento con un máximo de absorción a los 570 milimicrones (3-4-5-6-8-10).

Valoración de la prolina.

Solvente: Butanolacético (Fórmula A).

Papel Whatman N° 1 cortado en láminas de 25.5 x 27 cm.

Cantidad de soluto Standard: .02 cc (equivale a 4 gammas).

Cantidad de soluto problema: 0.10 cc (equivalente a 2 mg. de quinua).

Se dejó desarrollar el solvente por 4 veces en la misma forma en que se ha descrito antes para los hidrolizados ácidos.

Revelador: Isatina.

Lecturas densitométricas con filtro N° 570.

Valoración del triptófano en los hidrolizados alcalinos.

Estas determinaciones se hicieron en las siguientes condiciones:

Solvente: Isopropanol: Amoníaco: Agua (Fórmula E).

Papel Whatman N° 1 cortado en láminas de 14 x 28 cm.

Cantidad de soluto standard .01 cc (equivale a 4 gammas)

Cantidad de soluto problema: .01 cc (equivale a 5 mg. de quinua).

Tiempo de desarrollo: 20 horas.

Revelador: reactivo de Ehrlich (Fórmula C).

Muestras por triplicado y Standard por duplicado: lecturas densitométricas con el filtro N° 570.

Densitometría.—Todas las determinaciones densitométricas se han realizado con un densitómetro Marca Photovolt Modelo 525. En cada caso se menciona el filtro usado. Para que las determinaciones cuantitativas en el densitómetro se ajusten a la más alta precisión obtenida por estos métodos, se han tomado dos cuidados especiales: Hacer antes, para cada aminoácido, una curva con el fin de determinar la concentración óptima de standards y problemas; por otro lado, en el análisis cuantitativo se debe evitar las porciones de arrastre de cada zona del soluto que puedan contaminar las zonas vecinas. Estas porciones de arrastre o colas pueden representar una pequeña fracción del total de los constituyentes de mayor proporción de la mezcla, pero a veces representan una gran fracción de los constituyentes que se hallan en menor proporción (14-18-19).

Como puede observarse en la fotografía las manchas aparecen nítidas y sin colas.

RESULTADOS

Los resultados se observan en los cuadros 2 y 3. En el cuadro N° 2 se pueden observar las lecturas densitométricas en densidad óptica, la variabilidad de los resultados para las diferentes manchas de un mismo aminoácido ha sido baja, lo que permite tener un promedio con mayor exactitud. Debemos mencionar que se lle-

C U A D R O N° 2

RELACION DE LAS LECTURAS DENSITOMETRICAS, EXPRESADAS EN DENSIDAD OPTICA,
CORRESPONDIENTE A 2 DE LAS VARIETADES DE QUINUA ANALIZADAS

Aminoácidos	Quinua Real de Puno				Quinua Blanca de Puno				Standard		
	i	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	Promedio
	Leucina	1.38	1.34	1.34	1.35	1.30	1.28	1.30	1.29	0.84	0.84
Isoleucina	1.40	1.36	1.36	1.37	1.36	1.32	1.36	1.34	0.78	0.80	0.79
Fenilalanina	1.10	1.06	1.04	1.06	1.07	1.10	1.12	1.09	0.80	0.80	0.80
Melionina	0.98	0.94	0.96	0.96	1.00	1.02	1.02	1.01	0.78	0.78	0.78
Valina	1.26	1.22	1.22	1.23	1.18	1.18	1.19	1.18	0.88	0.86	0.87
Tirosina	1.32	1.30	1.30	1.30	1.14	1.14	1.15	1.14	0.80	0.80	0.80
Ac. Glutámico	1.27	1.24	1.24	1.25	1.24	1.22	1.22	1.22	0.88	0.88	0.88
Treonina	1.36	1.32	1.32	1.33	1.32	1.34	1.32	1.32	1.00	1.00	1.00
Serina	1.00	1.02	1.00	1.00	1.16	1.18	1.16	1.16	1.16	1.14	1.15
Arginina	1.04	1.06	1.04	1.04	1.24	1.25	1.24	1.24	1.02	1.02	1.02
Histidina	1.20	1.20	1.16	1.18	1.00	1.02	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Lisina	1.50	1.46	1.48	1.48	1.42	1.44	1.42	1.42	0.70	0.70	0.70
Cistina	0.30	0.28	0.30	0.29	0.26	0.23	0.23	0.24	0.18	0.19	0.18
Ac. Aspártico	0.24	0.22	0.26	0.24	0.20	0.18	0.18	0.18	0.20	0.20	0.20
Prolina	1.19	1.19	1.20	1.19	1.40	1.40	1.40	1.40	0.72	0.73	0.72
Triplófano	0.15	0.16	0.14	0.15	0.14	0.14	0.16	0.14	0.11	0.12	0.11

C U A D R O N° 3

CANTIDAD DE AMINOACIDOS SUMINISTRADA POR 1 GRAMO
DE PROTEINA DE SEIS VARIETADES DE QUINUA

Aminoácido	Quinua Real de Puno (proteína: 13.39%	Quinua Blanca de Huancayo (proteína: 14.63%	Quinua Blanca de Puno (proteína: 12.95%	Quinua Blanca de Jauja (proteína: 11.90%	Quinua Rosada de Puno (proteína: 12.31%	Quinua Rosada de Cajamarca (proteína: 12.09%
	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.
Arginina	37.10	32.98	43.14	42.01	40.61	39.11
Histidina	44.06	34.76	38.61	46.11	34.93	34.35
Isoleucina	64.73	56.02	65.48	68.80	64.98	68.41
Leucina	60.19	53.63	50.70	62.75	60.92	57.74
Lisina	78.93	58.14	80.63	75.73	71.34	72.70
Metionina	44.99	40.57	49.98	54.85	46.85	51.01
Fenilalanina	49.47	39.77	52.60	47.87	45.79	46.66
Treonina	57.20	40.21	50.96	54.07	49.04	51.63
Triptófano	7.69	7.33	7.20	7.23	8.12	8.82
Valina	52.78	47.20	74.75	75.84	59.26	58.71
Ac. Aspártico	44.80	50.29	34.74	29.74	32.49	33.11
Ac. Glutámico	53.02	43.54	53.51	53.42	51.76	49.11
Cistina	60.15	51.67	51.69	60.92	49.63	68.97
Serina	32.44	28.08	38.93	43.21	35.86	25.16
Tirosina	60.67	44.10	55.01	58.29	66.18	64.38
Prolina	24.68	24.70	22.54	25.54	27.97	33.11

gó a este grado de exactitud después de numerosos ensayos. Conforme se iba mejorando los detalles técnicos, la variabilidad disminuía hasta obtener, en repetidas oportunidades, los resultados semejantes a la que señalan los cuadros.

En lo que se refiere a proteínas totales, la quinua Blanca de Huancayo tuvo la más alta cifra de 14.03% y la más baja fue la quinua Blanca de Jauja, 11.90%

Los valores más altos en Lisina corresponden a la quinua Blanca de Puno con 80.63 mg. por gramo de proteína, en Triptófano a la quinua Rosada de Cajamarca con 8.02 mg. por gramo de proteína y el valor más alto de Metionina corresponde a la Quinua Blanca de Jauja con 54.85 mg. por gramo de proteína. Detalles de los otros aminoácidos se anotan en el cuadro N° 3.

COMENTARIO

Los estudios realizados y que damos a conocer en esta nota completan el cuadro de aminoácidos de la quinua; se han encontrado 16 de ellos entre los cuales, están todos los esenciales para el hombre y otros más.

Este cuadro se completa de la siguiente manera: arginina, ácido glutámico, serina, ácido aspártico, prolina, cistina, y tirosina entre los no estudiados antes, y triptófano, fenilalanina, leucina, isoleucina, metionina, treonina, lisina, histidina y valina los ya estudiados en otras oportunidades.

Es posible que también exista cisteína y que ésta se transforme. Comparando nuestros resultados con los obtenidos en estudios similares hechos en otros cereales podemos observar por ejemplo que en el trigo se mencionan todos los aminoácidos encontrados en la quinua, no encontrándose serina que se halla en esta última y encontrándose además alanina y glicina que no se encuentran en la quenopodiácea, motivo de estos estudios.

Los estudios en cebada, maíz y trigo por ejemplo, empleando cromatografía de papel que conocemos (7-12-16-21) sólo mencionan algunos aminoácidos lo que nos hace pensar que todavía no se conocen bien los cuadros completos de los aminoácidos de las proteínas de estos cereales.

Como se observa en el estudio que presentamos no solamente ha sido nuestro interés estudiar el aspecto cualitativo sino tam-

bién determinar las concentraciones de los diferentes aminoácidos en diversas variedades, de los más usados en el consumo de la sierra del Perú.

Como se puede ver en los cuadros que presentamos los resultados analíticos satisfacen las exigencias para este tipo de método. Después de muchos ensayos se ha llegado a uniformar y standardizar los resultados.

Comparando nuestros resultados con los obtenidos en estudios realizados con otras técnicas, especialmente la microbiológica, observamos que algunas variedades tienen valores más altos y otros más bajos, encontrando en líneas generales quizá valores siempre un poco más elevados, que los obtenidos con técnicas microbiológicas.

Sabido es que no interesa tanto en el valor alimenticio de una proteína el porcentaje de ésta en general, sino su calidad; se sabe también que las proteínas vegetales en general tienen un bajo valor y su deficiencia en lisina, metionina y triptófano.

Los valores encontrados en las diversas variedades de quinua nos permiten afirmar que la quinua es una proteína con altos valores en estos aminoácidos esenciales, hecho ya mencionado por otros.

Considerando los aminoácidos que se encuentran en déficit en las proteínas vegetales podemos ver que los que tienen mayor cantidad de ellos son las variedades Blanca de Puno y Blanca de Jauja, lo que les haría mejores fuentes de futuras selecciones genéticas.

Sin embargo, es necesario hacer otros estudios relacionando clima, suelos, ambiente, etc.

En lo que se refiere a la técnica debemos decir lo siguiente:

La cromatografía de papel es un método ideal para determinar la calidad protéica (aminoácido) de una proteína. El estudio cuantitativo, sin embargo, es muy moroso y requiere un cuidado extremo para que los valores sean tomados en cuenta.

Sin embargo, es posible adaptar la técnica muy bien a trabajos genéticos donde se trabaja con grandes cantidades de muestras y donde interesan más los valores relativos que los absolutos usando la densitometría como complemento analítico de la cromatografía.

Cabe hacer mención en lo que se refiere al dosaje de triptófano, que cuando hicimos su determinación según el resultado que preconiza Block empleando $\text{Ba}(\text{OH})_2$ al 14% e hidrolizando por 18-20 horas a 18°C se observó una gran pérdida de este aminoácido.

Hemos empleado una modificación propugnada por Drize, de la Universidad de Bruselas, quien ha demostrado la eficacia del almidón como agente protector del triptófano durante la hidrolisis alcalina de las proteínas.

Los mejores resultados los hemos hallado determinando el triptófano en hidrolisis alcalina, con $\text{Ba}(\text{OH})_2$ al 14%, en presencia de almidón a 120°C y una atmósfera de presión durante 6 horas.

El estudio de la calidad protéica de los vegetales en el Perú es de suma importancia dado el gran déficit de proteína animal per cápita de que disponemos.

Sería necesario desarrollar un programa intensivo de mejoramiento e industrialización de los cereales que, como la quinua, tienen condiciones alimenticias tan importantes.

En nuestro laboratorio de La Molina, continuando con los estudios en calidad protéica de vegetales de mayor consumo en el Perú, se están realizando investigaciones en maíz, cañihua, habas, etc., y pronto daremos a conocer los resultados.

SUMARIO

Se ha efectuado el estudio cromatográfico de los aminoácidos de la quinua (*Quenopodium quinoa*) valioso cereal de las alturas peruanas y se han encontrado los siguientes aminoácidos no descritos hasta la fecha: arginina, ácido glutámico, serina, ácido aspártico, prolina, cistina, y tirosina; y además los ya descritos: triptófano, fenilalanina, leucina, isoleucina, metionina, treonina, lisina, histidina y valina.

Se ha hecho el estudio cuantitativo de todos ellos por densitometría, en las siguientes variedades: Blanca de Huancayo, Rosada de Cajamarca, Blanca de Jauja y Blanca, Rosada y Real de Puno.

Se ha observado los valores más altos en Lisina, metionina y triptófano en las variedades Blanca de Puno y Blanca de Jauja.

Los datos cuantitativos confirman el alto valor protéico de la Quinua que casi reemplaza a las proteínas de origen animal.

BIBLIOGRAFIA

- 1.—ALVISTER.
- 2.—BLOCK RICHARD; DURRUM E.; and ZWEIG G. Manual of Paper Chromatography and Paper Electrophoresis, Academic Press Inc. Publishers, New York. 1955.
- 3.—BLOCK RICHARD; Estimation of Aminoacids and Amins on Paper Chromatograms. Anal. Chem. 22: 1327, 1950.
- 4.—BRINLEY R. and BARRET F; Practical Chromatography, Reinhold Publishing Corp. New York, 1954.
- 5.—CLEGG D.; Paper Chromatography. Anal. Chem. 22: 48, 1950.
- 6.—DURSO D. and MUELLER W. A.; Selection of solvents proportion for paper chromatography. Anal. Chem. 28: 1366, 1956.
- 7.—DAS N. B., BISWAS T. D.; Chromatography of Wheat amino acids Chem. Abst. 48: 2937, 1954.
- 8.—DE WAEL J. et Diaz Cada vieco; Separation des amino acides par chromatographie ascendante monodimensionnelle et leur dosage par photométrie directe sur le papier. Recueil de Travaux Chimiques des Pays — Bas. 73: 5, 1954.
- 9.—GUZMÁN BARRÓN A.; Consideraciones sobre la alimentación del indígena—Bol. de la Soc. Quím del Perú. 15: 1, 1949.
- 10.—HUNTER I., FERREL R., and HOUSTON D.: Free amino acids of fresh and Par-boiled Rice. J. of Agricultural and Food Chem. 4: 874, 1951.
- 11.—LÓPEZ QUILLÉN J. y GUZMÁN A.; Las proteínas en la alimentación de los habitantes del Perú. Actas del Cuarto Congreso S. A. de Quím. — 1948.
- 12.—LJUNDAHL L. and SANDERGREN E.: Quantitative determination of amino acids in barley. Chem. Abst. 48: 10992, 1954.
- 13.—MARTÍNEZ CLAURE, C. F.: La Quinua. Bol. del Ministerio de Agricultura.—Lima, Perú. 1946.
- 14.—MC FARREN E.F.: Quantitative determination of Amino acids on filter paper chromatograms by direct photometry. Anal. Chem. 24 651, 1952.
- 15.—MAZZOCO P.; Composición Química de la Quinua — Rev. de la Soc. Arg. de Biol. 10: 345, 1954.
- 16.—MOYER F. L. and WHITEHEAD E.; Chromatographic separation of the soluble amino acids of wheat plants. Chem. Abst. 48: 12911, 1954.
- 17.—PIELFAR VIDAL J.; La Química o Suda e Colombia. Pub. del Ministerio de Agricultura de Bogotá, Colombia, 1954.
- 18.—SALANDER R. C., et al., Accuracy of Quantitative paper in amino acids analysis, Anal. Chem. 25: 1225, 1953.
- 19.—STRAIN H. Chromatography — Anal. Chem. 22: 41, 1950.
- 20.—VIÑAS TELLO E., Relación entre el contenido de aminoácidos esenciales y el valor nutritivo de la proteína de Quinua. Actas del 4º Congreso Peruano de Química, 1956.
- 21.—WHITEHEAD E.I., and MOYER F.L., Identification and Determination in amino acids which accumulated in corn plants. Chem. Abst 47: 690, 1953.