

Obtención de fructanos a partir de ajo (*Allium sativum* L.)

Obtention fructans from garlic (*Allium sativum* L.)

Fernando Wilson Espinoza Cáceres^{1*}, Elva María Ríos Ríos², Carlos César Augusto Elías Peñafiel³

¹ Biólogo, Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica. Av. Los Maestros s/n, Ica- Perú.

² Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria la Molina. Av. La Molina s/n, Lima 12, Perú

³ Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria la Molina. Av. La Molina s/n, Lima 12, Perú.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evaluó el comportamiento de los fructanos, ácido pirúvico, glucosa, fructosa y sacarosa durante el proceso de extracción y el tratamiento térmico en autoclave. El proceso de extracción fue dividido en tres técnicas diferentes: 1) pH 7 a 80 °C * 60 min; 2) pH 12 a 80 °C * 20 min y posteriormente a pH 7 a 80 °C * 40 min y por último 3) pH 12 a 80 °C * 60 min. El extracto obtenido a pH 7 durante 60 min a 80 °C, presentó la mayor concentración de fructanos (12,91 ± 0,12) y sacarosa (1,594 ± 0,198).

El extracto obtenido a pH 12 (20 min) 7 (40 min) a 80 °C, presentó concentraciones intermedias de fructanos (10,43 ± 0,18) y concentración de sacarosa mínima (1,037 ± 0,002). El extracto obtenido a pH 12 durante 60 min a 80 °C, presentó las menores concentraciones de fructanos (8,21 ± 0,19), glucosa (0,007 ± 0,003) fructosa (0,003 ± 0,001).

La evolución de fructanos durante el tratamiento térmico en autoclave. (110 °C x 5 lb/pulg² x 10 min) fue negativa, con una reducción en su concentración de 7,7 %. Respecto a la concentración de Ácido Pirúvico y fenoles totales, estos sufrieron una disminución en su concentración de 86,3% y 15,6% respectivamente. La glucosa, fructosa, y sacarosa sufrieron una elevación en su concentración de 245, 123 y 169 veces más comparado a la muestra fresca.

El producto obtenido presentó concentración de fructanos (57,27 ± 0,31), glucosa (0,028 ± 0,008), fructosa (0,914 ± 0,042), sacarosa (0,076 ± 0,025), ácido pirúvico (12,06 ± 0,48), fenoles totales (2,88 ± 0,05).

Palabras clave: *Allium sativum* L., fenoles totales, glucosa, fructosa, sacarosa, fructanos y ácido pirúvico, ácido gálico equivalente GAE.

ABSTRACT

In the present investigation was to evaluate the behavior of fructans, pyruvic acid, glucose, fructose and sucrose during the process of extraction and autoclaving. The extraction process was divided into three different techniques, which were: 1) pH 7-80 °C * 60 min, 2) pH 12 to 80 °C * 20 min and then to pH 7-80 °C * 40 min and finally 3) pH 12 to 80 °C * 60 min.

The extract obtained at pH 7 for 60 min at 80 °C, had the highest fructan concentration (12,91 ± 0,12) and sucrose (1,594 ± 0,198).

The extract obtained at pH 12 (20 min) 7 (40 min) at 80 °C, presented intermediate concentrations of fructans (10,43 ± 0,18) and minimum concentration of sucrose (1,037 ± 0,002). The extract obtained at pH 12 for 60 min at 80 °C, showed lower concentrations of fructans (8,21 ± 0,19), glucose (0,007 ± 0,003) fructose (0,003 ± 0,001).

The evolution of fructans during the process of autoclaving (110 °C x 5 lb/in² x 10 min) was negative, with a reduction in concentration of 7,7%. With respect to the concentration of pyruvic acid and total phenols, they suffered a decrease in its concentration of 86,3% and 15,6% respectively. Glucose, fructose, and sucrose were a rise in its concentration of 245, 123 and 169 times more compared to the fresh sample. The product showed fructan concentration (57, 27 ± 0,31), glucose (0,028 ± 0,008), fructose (0.914 ± 0.042), sucrose (0,076 ± 0,025), pyruvic acid (pungency) (12,06 ± 0,48), phenols (2,88 ± 0,05).

Keywords: *Allium sativum* L., glucose, fructose, sucrose, total phenols, fructans and pyruvic acid, gallic acid equivalent GAE.

INTRODUCCIÓN

El ajo es una hortaliza que se caracteriza por presentar diversas propiedades medicinales que están estrechamente relacionado con los compuestos químicos que presenta en su estructura, estos compuestos pueden actuar individualmente o sinérgicamente [1].

Uno de los principales compuestos químicos en el ajo lo representa los fructanos, los cuales son polímeros de fructosa unidos a una molécula de glucosa por un enlace principal β -D-fruf (2-1) y por un enlace secundario β -D-fruf (2-6) típico del grupo de las neokestosas. También se encuentran presentes pero en pequeñas cantidades fructanos del tipo inulina con enlace -D-fruf (2-1) [2].

Los beneficios atribuidos a los fructanos radica en que estos compuestos escapan al proceso de digestión y absorción del estomago y el intestino delgado pasando directamente al colon donde son fermentados selectivamente por bifidobacterias y lactobacillus inhibiendo el desarrollo de bacterias perjudiciales como *Escherichia coli* y *Clostridium perfringens*. Producto de estas fermentaciones se producen ácidos grasos de cadena corta como el acetato propionato y butirato [3].

En el campo industrial se ha demostrado que el polisacárido obtenido a partir de los ajos es soluble en agua, además tiene la capacidad de absorber retener humedad, absorber aceite, formar espuma, por lo que puede ser ampliamente utilizado en bebidas, productos cárnicos, lácticos, químicos y otros productos [4].

Nuestro trabajo de investigación tuvo por objetivo evaluar el comportamiento de fructanos, glucosa, fructosa y sacarosa durante el tratamiento térmico en autoclave y el proceso de extracción, además de determinar el pH adecuado para la obtención de fructanos a partir de ajos *Allium sativum* L..

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Material biológico

El Material biológico consistió en bulbos de ajos del cultivar Mapuri, procedentes de la estación experimental agraria Donoso (Huaral)

Preparación del material biológico

Los bulbos cosechados fueron agrupados en atados de 10, y el secado se llevó a cabo en secaderos verticales con protección directa del sol y con ventilación natural. Los atados preparados fueron colgados aproximadamente a 70 cm del suelo y mantenidos por 40 días.

Caracterización química de la materia prima

Los bulbos de ajos fueron acondicionados para realizar el análisis proximal humedad AOAC 1998 parte 930.04, ceniza AOAC 1998 parte 930.05, grasa 1998 parte 930.09, fibra AOAC 1998 parte 930.10, proteína 1998 parte 977.02 [5]. Carbohidratos Por Dif. MS-INN Collazos 1993, energía en Kcal Por Calc. MS-INN Collazos 1993 [6], la determinación de fenoles totales se realizó mediante el método de Nencini *et al* [7], la determinación de fructanos se realizó siguiendo el método descrito por McCleary *et al* [8], la determinación de ácido pirúvico se realizó siguiendo el método de Natale, *et al* [9], la determinación de fructanos se realizó según el método de McCleary, *et al* [10], la determinación de glucosa, fructosa y sacarosa se realizó mediante el método de Andersen and Sørensen [11].

Caracterización química de los bulbos con tratamiento térmico en autoclave

Los bulbos de ajos con tratamiento térmico en autoclave, fueron acondicionados para realizar la determinación de fructanos, ácido pirúvico, fenoles totales, glucosa, fructosa y sacarosa.

Proceso de extracción

El flujo de extracción utilizado en la obtención de fructanos, a partir de los bulbos de ajos, se observa en Diagrama 1.

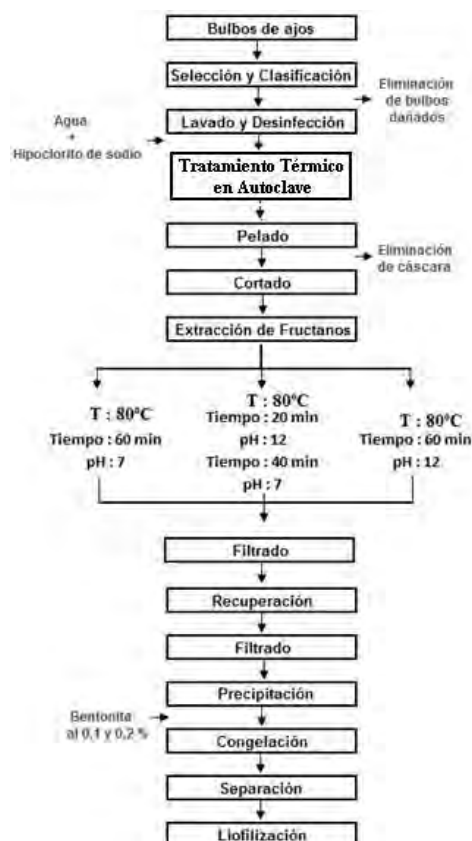


Diagrama 1. Flujo de extracción utilizado en la obtención de fructanos a partir de los bulbos de ajos

Materia prima

Consistió en bulbos de ajos del cultivar Mapuri

Selección y clasificación

Se realizó con el objetivo de seleccionar los bulbos de ajos que presenten un diámetro ecuatorial entre 4,6-5,1 Cm. También para eliminar los bulbos que presenten daño físico y microbiológico

Lavado y desinfección

Los bulbos fueron lavados con agua y desinfectados con hipoclorito de sodio 200 ppm para eliminar los residuos de tierra y bacterias.

Tratamiento térmico en autoclave

Los bulbos fueron sometidos a un proceso de curado a una temperatura de 110 °C, una presión de 5 libras/pulg² por un tiempo de 10 minutos.

Pelado

Se procedió a retirar la lámina superficial del diente del ajo, para poder trabajar con la pulpa de ajo.

Cortado

Se procedió a cortar transversalmente los dientes de ajos con un grosor aproximado de 2mm.

Extracción

Para realizar la extracción se procedió a mezclar la pulpa de ajos con agua en una relación materia prima: agua 1: 2, posteriormente para evaluar el pH de extracción la mezcla fue llevada a tres combinaciones de pH, tiempo y temperatura. La primera mezcla fue llevada a pH 7 por un tiempo de 60 minutos a 80 °C, en la segunda mezcla se aplicó una extracción de 20 minutos a pH 12 y posteriormente los 40 minutos restantes a pH 7 a 80 °C, en la tercera mezcla se uso un pH de extracción de 12 por 60 minutos a 80 °C. La regulación del pH se realizó con hidróxido de sodio 1 N.

Filtrado

Se llevó a cabo con el objetivo de separar el extracto obtenido de las impurezas.

Recuperación

La recuperación se realizó tratando la pasta con agua a 80 °C en una relación 1:1,5 materia prima: solvente

Filtrado

Se llevó a cabo con el objetivo de separar el extracto obtenido de las impurezas. Para lo cual se utilizó un embudo y un papel de filtro rápido cualitativo.

Precipitación

Se procedió a eliminar los residuos de proteínas arrastradas con el extracto de ajos, para este proceso se utilizó dos concentraciones diferentes de bentonita al 0,1 % y 0,2%.

Congelación

Se realizó con el objetivo de poder separar los fructanos presentes en la solución, para esto el extracto obtenido fue enfriado ambientándolo a -15°C por un tiempo de 48 horas.

Separación

Se procedió a separar los coágulos formados en el líquido, para esto se procede a descongelar la muestra a temperatura ambiente sin movimiento brusco para favorecer la sedimentación de los coágulos y de esta forma se extrajo el líquido superficial.

Liofilización

Este proceso se realizó con el objetivo de lograr un mayor tiempo de conservación del producto obtenido, y para esto se usó un Liofilizador Atlas Danmark a una temperatura de congelación de -18°C y una temperatura de secado de 40°C por un tiempo de 11 horas a una presión de vacío de 7 mbar.

Caracterización química de los extractos

Los extractos obtenidos a partir de las tres técnicas aplicadas fueron evaluados en función a la concentración de fructanos, ácido pirúvico, glucosa, fructosa y sacarosa.

Precipitación de proteínas de los extractos

La eliminación de las proteínas se basa en la adhesión de éstas a la bentonita, provocando de esta forma la precipitación de ambos por gravedad. La utilización de bentonita se realizó en concentraciones 0,1% y 0,2% p/v Pang et al [12].

Caracterización química del producto

La caracterización química del producto obtenido (extracto purificado, concentrado y liofilizado se basó en el análisis químico proximal, la determinación de fructanos, ácido pirúvico, fenoles totales, glucosa, fructosa y sacarosa.

Análisis estadístico

Los resultados fueron procesados por un análisis de varianza (ANOVA) y la significancia estadística por la prueba de Tukey. Las diferencias en $p < 0,05$ fueron consideradas significativas. El programa empleado fue El Statgraphics Centurion XVI.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización química de la materia prima

La concentración promedio de humedad, grasa, proteínas, fibra cruda, ceniza, carbohidratos y energía del cultivar Mapuri se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Niveles promedios de concentración de humedad, grasa, proteínas, fibra cruda, ceniza, carbohidratos y energía del cultivar Mapuri (*Allium sativum* L.).

Humedad	Grasa	Proteína	Fibra Cruda	Ceniza	Carbohidratos	Energía(kca)
63,90 ± 0,40	0,29 ± 0,03	5,78 ± 0,06	0,85 ± 0,01	1,23 ± 0,03	28,98 ± 0,48	140,06 ± 2,43

Dentro de los datos observados se puede destacar que la concentración de carbohidratos, proteínas, cenizas, fibra, grasa, y humedad son inferiores a los reportados por Hussain, *et al* [13]. Esto puede explicarse debido a las muestras de ajos analizadas corresponden a diferentes cultivares y con diferente tratamiento agronómico y técnico, motivo por el cual existen variaciones en las concentraciones de compuestos químicos.

En la Tabla 2 se puede apreciar la concentración promedio de fenoles totales, fructanos, ácido pirúvico, sacarosa, glucosa y fructosa del cultivar Mapuri

Tabla 2. Niveles promedios de concentración de fenoles totales, fructanos, ácido pirúvico, sacarosa, glucosa, fructosa del cultivar Mapuri (*Allium sativum* L.).

Cultivar	Fenoles totales (mg GAE/g)	Fructanos (g/100g)	Ácido pirúvico (μmol/g)	Sacarosa (g/100g)	Glucosa (g/100g)	Fructosa (g/100g)
Mapuri	0,409 ± 0,01	22,50 ± 0,81	61,98 ± 0,89	0,874 ± 0,020	0,011 ± 0,001	0,042 ± 0,002

La concentración promedio de fructanos encontrados en los bulbos de ajos fue de 22,50 ± 0,81, Estos datos se encuentran dentro del rango previamente citado por Losso y Nakai en ajos precedente de China 18,0-23,5 g de fructanos/g de muestra fresca [14].

La concentración promedio de fenoles totales encontrados en los bulbos de ajos fue de 0,409 ± 0,01, estos datos se encuentran dentro de los valores previamente citados por Nencini, *et al.*, en bulbo de ajos provenientes de Italia *Allium sativum* L. Blanco 0,32 ± 0,032 mg GAE/g de muestra fresca, Brasil *Allium sativum* L. Var. Cristo 49 mg/100 g de muestra fresca.

La concentración promedio de ácido pirúvico encontrados en los bulbos de ajos fue de 61,98 ± 0,89 μmol ácido pirúvico/g de muestra fresca. Estos datos se encuentran entre los valores previamente citados por Schiwmmmer, S. and Weston, en ajos

provenientes de Estados Unidos; 47-63 μmol ácido pirúvico/g de muestra fresca [15].

La concentración promedio de sacarosa, glucosa y fructosa encontradas en los bulbos de ajos fue de 0,874 ± 0,020, 0,011 ± 0,001 y 0,042 ± 0,002. Estos datos son ligeramente inferior en los casos de glucosa y fructosa pero superiores en el caso de sacarosa a los reportados por Andersen and Sørensen. Sacarosa 0,7, fructosa 0,1, glucosa 0,05 g/100g de muestra fresca. Esto puede explicarse debido a que el proceso de secado al que fueron sometidos los bulbos de ajos, no fue de exposición directa al sol. Lo cual evitó una excesiva hidrólisis de las cadenas de fructanos y sacarosa, de esta forma se mantuvo niveles ligeramente superiores de sacarosa y niveles inferiores en la producción fructosa y glucosa libre producto de la excesiva hidrólisis.

Caracterización química de los bulbos con tratamiento térmico en autoclave.

En la Tabla 3 se puede apreciar La concentración promedio de fenoles totales, fructanos, ácido pirúvico, sacarosa, glucosa y fructosa después del tratamiento térmico en autoclave.

Tabla 3. Niveles promedios de concentración de fenoles totales, fructanos, ácido pirúvico, sacarosa, glucosa, fructosa después del tratamiento térmico en autoclave.

Cultivar	Fenoles totales (mg GAE/g)	Fructanos (g/100g)	Ácido pirúvico (μmol/g)	Sacarosa (g/100g)	Glucosa (g/100g)	Fructosa (g/100g)
Mapuri	0,345 ± 0,009	20,76 ± 0,08	8,478 ± 0,166	1,532 ± 0,016	0,030 ± 0,002	0,056 ± 0,004

La concentración de fructanos, fenoles totales y ácido pirúvico en los bulbos de ajos que sufrieron tratamiento térmico en autoclave fue de 20,76 ± 0,08; 0,345 ± 0,009; 8,478 ± 0,166. Esto representó una disminución de la concentración en 7,73; 16 y 86 % con referente a la muestra fresca. Esta reducción en la concentración está estrechamente ligada al efecto negativo que ejerce la temperatura y la presión sobre las moléculas de fructanos, fenoles totales y ácido pirúvico produciendo la hidrólisis de las mismas, tal como lo indica Böhm, *et al.*; Chen and Lin.; Hwang *et al* [16]; [17]; [18].

En la Figura 1 se puede apreciar la concentración promedio de sacarosa, glucosa y fructosa antes y después del tratamiento térmico en autoclave.

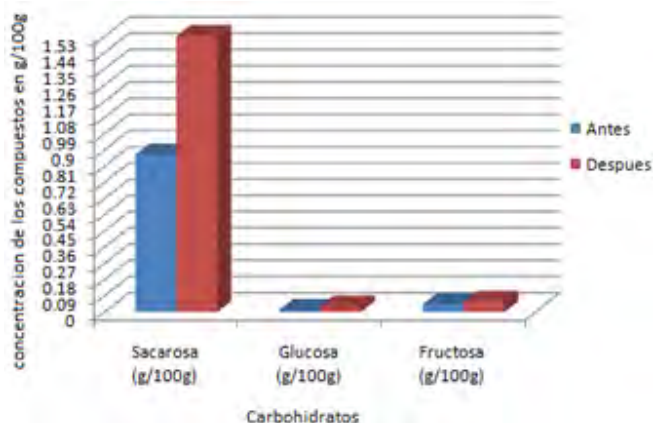


Figura 1. Concentración promedio de sacarosa, glucosa y fructosa antes y después del tratamiento térmico en autoclave.

La concentración de sacarosa fue de $1,532 \pm 0,016$ esto represento un aumento de la concentración en un 75 % con referente a la muestra fresca, patrones de aumento similares se observaron en moléculas de la glucosa $0,030 \pm 0,002$ (173%) y fructosa $0,056 \pm 0,004$ (33%). Este mayor aumento en la concentración de glucosa y sacarosa en comparación a la fructosa, se puede explicar debido a que en los bulbos de ajos además de encontrarse moléculas de fructanos, también se encuentran moléculas de β -glucanos y celulosa, los cuales son hidrolizados por efecto de la temperatura $110\text{ }^\circ\text{C}$ y la presión 5 mbar liberando moléculas de glucosa y sacarosa. Motivo por el cual se puede explicar el aumento más marcado en las de moléculas de glucosa, sacarosa en comparación a las moléculas de fructosa [19]; [20].

Caracterización química de los extractos

En la Tabla 4 se puede apreciar la concentración promedio de azúcares y fructanos

Tabla N°4. Concentración promedio de azúcares y fructanos

pH de los extractos	Glucosa g/100g	Fructosa g/100g	Sacarosa g/100g	Fructanos g/100g
pH 7	$0,031 \pm 0,010$	$0,232 \pm 0,026$	$1,594 \pm 0,197$	$12,9061 \pm 0,12$
pH 12(20 min) 7(40 min)	$0,058 \pm 0,001$	$0,286 \pm 0,001$	$1,037 \pm 0,002$	$10,43 \pm 0,18$
pH 12	$0,007 \pm 0,003$	$0,003 \pm 0,001$	$1,155 \pm 0,108$	$8,21 \pm 0,20$

Azúcares

Después de realizar una análisis de varianza y una comparación de medias usando la prueba de Tukey al 95 % de confianza, se determinó que existen diferencias significativas entre las concentraciones promedios de sacarosa obtenidas a pH 7 durante 60 min a $80\text{ }^\circ\text{C}$ y pH 12 (20min) 7(40min) a $80\text{ }^\circ\text{C}$. El extracto obtenido a pH 7 presentó concentraciones promedios de sacarosa $1,594 \pm 0,197$, las cuales fueron superiores a las concentraciones promedios de sacarosa encontrada a pH 12 (20min) 7 (40min)

$1,037 \pm 0,002$. Esto se explica debido a que al ser sometido a una extracción alcalina. Las moléculas de sacarosa sufren un mayor impacto provocando su destrucción, pero el tiempo de extracción alcalina no fue el necesario para poder reemplazar las moléculas de sacarosa destruidas por las nuevas moléculas de sacarosa formadas a partir de los oligofruktanos, los cuales pudieron haberse quedado solamente en neokestosas y nistosas [21].

Después de realizar una análisis de varianza y una comparación de medias usando la prueba de Tukey al 95 % de confianza, se logro determinar que no existen diferencias significativas entre Las concentraciones promedios de sacarosa obtenidas a pH 7 y pH 12. Esto debido a que en el proceso de extracción se obtienen moléculas de sacarosa, oligofruktanos y polifruktanos, los cuales son hidrolizadas provocando la destrucción de sacarosa y la reducción de las cadenas de oligofruktanos y polifruktanos. Producto de este proceso las moléculas de sacarosa obtenidas directamente del bulbo son destruidas y renovadas por las nuevas moléculas de sacarosa formadas a partir de los oligofruktanos y polifruktanos motivo por el cual no se detectan diferencias significativas.

Después de realizar un análisis de varianza y una comparación de medias usando la prueba de Tukey al 95 % de confianza, se logro determinar que existe diferencia estadísticamente significativa entre la concentración media de glucosa del extracto obtenido a pH7 a $80\text{ }^\circ\text{C} * 60\text{ min}$ $0,031 \pm 0,01$ – pH 12 a $80\text{ }^\circ\text{C}$ (20min) pH7 a $80\text{ }^\circ\text{C}$ (40min) $0,058 \pm 0,001$ y el extracto obtenido a pH12 a $80\text{ }^\circ\text{C} * 60\text{ min}$ $0,007 \pm 0,003$ – pH 12 a $80\text{ }^\circ\text{C}$ (20min) pH7 a $80\text{ }^\circ\text{C}$ (40min) $0,058 \pm 0,001$. Esta diferencia marcada entre el pH 12 a $80\text{ }^\circ\text{C}$ (20min) pH7 a $80\text{ }^\circ\text{C}$ (40min) y el pH7 a $80\text{ }^\circ\text{C} * 60\text{ min}$ y el pH 12 a $80\text{ }^\circ\text{C} * 60\text{ min}$, esto se explica debido a que las moléculas de sacarosa a pH 12 a $80\text{ }^\circ\text{C}$ (20min) pH7 a $80\text{ }^\circ\text{C}$ (40min) sufren un mayor impacto de hidrólisis, provocando de esta forma que sea una fuente de glucosa y fructosa inmediata.

El extracto obtenido a pH 12 a $80\text{ }^\circ\text{C} * 60\text{ min}$ presenta concentraciones mínimas de glucosa debido al efecto hidrolítico y destructivo del medio alcalino sobre las moléculas de glucosa provenientes de la sacarosa y la inulina del bulbo. Las moléculas de glucosa son destruidas y transformadas en ácidos sacarínicos por el medio alcalino, de esta forma se explica la menor concentración en el medio [22].

Después de realizar una análisis de varianza y una comparación de medias usando la prueba de Tukey al 95 % de confianza, se logró determinar que existen diferencias significativas entre las concentraciones promedios de fructosa a pH7 a $80\text{ }^\circ\text{C} * 60\text{ min}$ - pH12 a $80\text{ }^\circ\text{C} * 60\text{ min}$ y pH 12 a $80\text{ }^\circ\text{C}$ (20min) pH7 a $80\text{ }^\circ\text{C}$ (40min)- pH12 a $80\text{ }^\circ\text{C} * 60\text{ min}$.

Las concentraciones de fructosa pH 7 80 °C * 60 min $0,232 \pm 0,026$ y pH 12 a 80 °C (20min) pH7 a 80 °C (40min) $0,286 \pm 0,001$ fueron superiores a las concentraciones de fructosa encontrada a pH 12 $0,003 \pm 0,001$. Estos datos siguen el mismo patrón de comportamiento hidrolítico y destructivo que las moléculas de glucosa tal como lo explica Byung and Montgomery [23], el cual menciona la transformación de las moléculas de fructosa en ácidos sacarínicos en medio alcalino. Por este motivo se explica la mayor concentración de moléculas de fructosa encontrada a pH 12 a 80 °C (20min) pH7 a 80 °C (40min) $0,286 \pm 0,001$ (efecto hidrolítico), seguido del extracto obtenido a pH 7 80 °C * 60 min $0,232 \pm 0,026$ y el extracto obtenido pH 12 $0,003 \pm 0,001$ (efecto destructivo).

FRUCTANOS

Después de realizar un análisis de varianza y una comparación de medias usando Tukey al 95% de confianza se determinó que existen diferencias significativas en las concentraciones promedios de fructanos. En donde la concentración promedio de fructanos obtenido en el extracto a pH 7 $12,91 \pm 0,12$ fue superior a la concentración de fructanos encontrados pH 12(20min)7(40min) $10,43 \pm 0,18$ y a pH12 $8,21 \pm 0,20$. Estos datos nos demuestran que efecto hidrolítico ejercido por el medio alcalino se acentúa cuando mayor es el tiempo de extracción. El pico de extracción alcalina aplicado nos demuestra una ligera reducción en la concentración de fructanos, esto puede explicarse debido al corto tiempo de exposición al medio alcalino y al preferente ataque hidrolítico hacia los oligofructanos que se encuentran en el extracto en una menor proporción. Por esta razón el efecto hidrolítico no es tan marcado.

El ajo presenta principalmente fructanos de alto grado de polimerización y sólo una pequeña proporción de fructooligosacáridos del tipo inulina y neokestosa, los cuales son más vulnerables al efecto hidrolítico que los polifructanos. Esto explica porque a pesar de estar sometido a pH12 por 60 minutos el efecto hidrolítico no fue tan drástico en las moléculas de fructanos presentes extractos y sólo se redujo en 36% comparado al extracto obtenido a pH 7.

Acido pirúvico

En la Tabla 5 se puede apreciar La concentración promedio de ácido pirúvico de los tres pH de extracción aplicados para La obtención de fructanos.

Tabla 5. Concentración promedio de ácido pirúvico de los tres pH de extracción aplicados para la obtención de fructanos.

Tiempo min.	pH 7	pH12(20min) 7(40min)	pH 12
0	$0,065 \pm 0,004$	$0,066 \pm 0,001$	$0,067 \pm 0,001$
10	$0,061 \pm 0,002$	$0,063 \pm 0,003$	$0,064 \pm 0,003$
20	$0,054 \pm 0,004$	$0,059 \pm 0,002$	$0,056 \pm 0,001$
30	$0,050 \pm 0,005$	$0,051 \pm 0,003$	$0,054 \pm 0,002$
40	$0,047 \pm 0,003$	$0,048 \pm 0,001$	$0,051 \pm 0,001$
50	$0,044 \pm 0,004$	$0,046 \pm 0,001$	$0,047 \pm 0,001$
60	$0,041 \pm 0,003$	$0,045 \pm 0,001$	$0,046 \pm 0,001$

En la Fig.2 se puede apreciar la evolución de la concentración promedio de ácido pirúvico de los tres pH de extracción pH 7, pH 12 (20min) 7(40min), pH 12 para La obtención de fructanos.

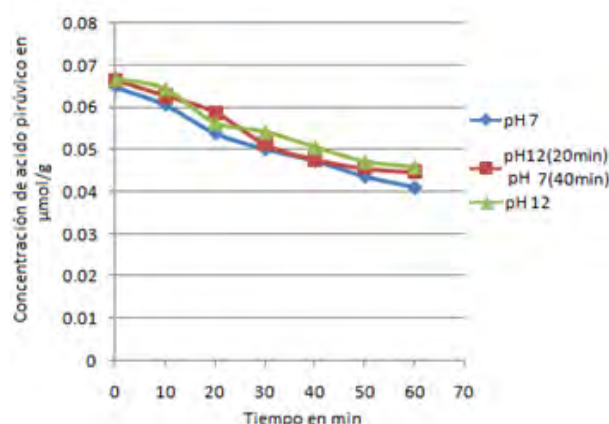


Figura 2. Concentración promedio de ácido pirúvico a tres pH de extracción pH 7, pH 12 (20min) 7 (40min), pH12 para la obtención de fructanos.

Se puede apreciar que La concentración promedio de ácido pirúvico cae abruptamente a partir de los 10 minutos para los tres pH de extracción. Esto puede explicarse debido al efecto destructivo sobre la aliina (precursor del ácido pirúvico) por parte de la temperatura, Provocando de esta forma una reducción marcada sobre la concentración del ácido pirúvico en el extracto tal como lo indica lagunas and castaigne [24].

Después de realizar un análisis de varianza y una comparación de medias usando Tukey al 95% de confianza se determinó que no existe diferencia estadísticamente significativa entre la media de concentración de ácido pirúvico entre un nivel de extractos obtenidos y otro

Precipitación de proteínas de los extractos

La concentración de proteínas en el extracto después de tratar con bentonita al 0,1%, fue de $2,36 \pm 0,07$, estos datos fueron superiores a los obtenidos al utilizar una concentración de bentonita de 0,2 % el cual fue de $2,12 \pm 0,01$ demostrando de esta forma que la concentración de bentonita de 0,2 % fue mejor.

Caracterización química del producto

La concentración promedio de humedad, grasa, proteínas, fibra cruda, cenizas, carbohidratos del producto liofilizado se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Niveles promedios de concentración de humedad, grasa, proteínas, fibra cruda, cenizas, carbohidratos del producto liofilizado.

Humedad	Grasa	Proteína	Fibra Cruda	Ceniza	Carbohidratos	Energía(Kca)
6,22 ± 0,11	0,05 ± 0,05	20,35 ± 0,08	0,00	4,87 ± 0,03	68,51 ± 0,73	355,89 ± 5,5

En la Tabla 6 se puede apreciar la concentración promedio de fenoles totales, fructanos, ácido pirúvico, sacarosa, glucosa y fructosa del producto liofilizado.

Tabla 7. Niveles promedios de concentración de fenoles totales, fructanos, ácido pirúvico, sacarosa, glucosa, fructosa del producto liofilizado.

Muestra	Fenoles totales (mg GAE/g)	Fructanos (g/100g)	Ácido pirúvico (µmol/g)	Sacarosa (g/100g)	Glucosa (g/100g)	Fructosa (g/100g)
Liofilizado	2,88 ± 0,05	57,27 ± 0,31	12,06 ± 0,48	0,076 ± 0,025	0,028 ± 0,008	0,914 ± 0,042

La concentración promedio de fructanos encontrados en el producto liofilizado de ajos fue de 57,27 ± 0,31g/100g de muestra fresca, Estos datos se encuentran dentro del rango previamente citado por Sandona y Sensidoni, en fructanos obtenidos a partir de *Cichorium intybus* L. y *Helianthus tuberosus* L. 5 g/g de muestra fresca [25].

La concentración promedio de fenoles totales encontrados en el producto liofilizado fue superior al encontrado en la materia prima lo que demuestran el efecto concentrador del proceso de congelación. Estos datos nos indican que el producto obtenido puede ser utilizado en la alimentación como una fuente antioxidante.

La concentración promedio de ácido pirúvico encontrados en los bulbos de ajos fue de 12,06 ± 0,48 µmol ácido pirúvico/g de producto liofilizado. Estos datos nos indican que el proceso ha afectado en forma negativa la capacidad pungente del producto. Si bien el producto ha perdido la capacidad pungente este también facilita el consumo directo del mismo o la utilización en producción o fabricación de otros productos como espesante bebidas, yogures o como reemplazante de grasa queso, embutidos.

La concentración promedio de sacarosa, glucosa y fructosa encontrados en los productos liofilizados fue de sacarosa 0,076 ± 0,025; 0,028 ± 0,008; 0,914 ± 0,042. Estos datos nos demuestran que el producto obtenido presenta concentraciones ligeramente inferior a los reportados por Andersen and Sørensen sacarosa 0,7, fructosa 0,1, glucosa 0,05 g/100g de

muestra fresca. Esto puede explicarse debido a que el proceso de secado al que fueron sometidos los bulbos de ajos, no fue de exposición directa al sol. Lo cual evita una excesiva hidrólisis de las cadenas de fructanos reduciendo de esta forma la producción de sacarosa, fructosa y glucosa libre.

CONCLUSIONES

Se concluye que el método de secado de los bulbos de ajos sin exposición directa al sol es el adecuado para no elevar las concentraciones glucosa y fructosa en el bulbo.

La influencia del tratamiento térmico en autoclave es negativa por la reducción en las concentraciones de fructanos, fenoles totales y ácido pirúvico, sumado al incremento en las concentraciones de sacarosa, glucosa y fructosa.

El proceso de extracción llevado a pH 7 a 80°C * 60 minutos, fue el mejor en relación a las concentraciones de fructanos, pero tiene como limitante las elevadas concentraciones de sacarosa.

La concentración de bentonita al 0,2 % tiene el mejor efecto en la eliminación de proteínas del extracto.

El producto obtenido puede ser utilizado como alimento funcional directa o indirectamente como aditivo e ingrediente, esto debido a las elevadas concentraciones de fructanos y fenoles totales que presenta.

AGRADECIMIENTOS

A Megazyme International Ireland Ltd. (Dr. McCleary), Estación Experimental Agraria Donoso Hualar INIA (Ing. Nicho e Ing. Cóndor) por la asistencia financiera. Al laboratorio de Micología y Biotecnología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Agraria la Molina (Dr. Gutiérrez-Correa y Gretty), por el apoyo en el uso de equipo de laboratorio y al personal técnico de la Facultad de Ciencias e Industrias Alimentarias (Tec. Capa, Daga, Maihuire y Zuñiga) por el apoyo técnico en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

REFERENCIAS

- [1] H. Haydar, M. Özcan, F. Demir, S. Calisir, J. *Food Engineering*. 68(2005)463-469.
- [2] S. Baumgartner, T. Dax, W. Praznik, H. Falk, J. *Carbohydrate Research*. 328(2000)177-183.

- [3] J. Campbell, G. Fahey, B. Wolf, *J. Nutrition*. 127(1997)130-136.
- [4] X. Huang, Y. Li, S. Shi, *J. Modern Food Science and Technology*. 25(2009)6.
- [5] A.O.A.C. Official methods of analysis, 15 TH EDN. Association of official analytical Chemists. Washington DC. 1998.
- [6] C. Collazos, La Composición de alimentos de mayor consumo en el Perú. 6ta edición. Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Nutrición. Banco Central de Reserva. Lima, Perú. 1993.
- [7] C. Nencini, F. Cavallo, A. Capasso, G. Franchi, G. Giorgio, L. Micheli, *J. Phytotherapy Research*. 21(2007) 874-878.
- [8] B. McCleary, A. Murphy, D. Mugford, *J. AOAC International*. 83(2000)356-364.
- [9] P. Natale, A. Camargo, C. R. Galmarini, A. *Horticulturae*. 688(2005) 313-316.
- [10] B. McCleary, A. Murphy, D. Mugford, *J. of AOAC International*. 83(2000)356-364.
- [11] R. Andersen, A. Sørensen, *J. European Food Research and Technology*. 210(1999) 148-152.
- [12] J. Pang, Y. Liu, X. Huang, *J. Food and Fermentation industries*. 1(2007)33.
- [13] J. Hussain, L. Abdul, U. Najeeb, H. Muhammad, S. Tahir, N. Mudihra, B. Tasneem, k. Zabta, *J. of biotechnology*. 8(2009).2725-2729
- [14] N. Losso, S. Nakai, *J. Agricultural and Food Chemistry*. 45(1997)4342-4346.
- [15] S. Schiwmmmer, W. Weston, *J. Agricultural and Food Chemistry*. 1961; **9**. 301-304.
- [16] A. Böhm, B. Kleessen, T. Henle, *J. Europe Food Research Technology*. 222(2006)737-740.
- [17] Y. Chen, K. Lin, *J. Food Chemistry*. 101(2006)955-963.
- [18] J. Hwang, J. Ha, W. Park, Y. Lee, *J. food science and technology*. 36(2004)1.
- [19] N. Das, A. Das, M. Kumar, *J. Carbohydrate Research*. **56** (1977)337-349.
- [20] L. Belanche, J. Pérez, Aprovechamiento de residuos de la industria de conservas vegetales. Hidrólisis enzimática. 1994. Tesis para optar el título de ingeniero químico. Departamento de ingeniería química y TMA. Universidad de Zaragoza. 227-240.
- [21] N. Benkeblia, N. Takahashi, K. Ueno, S. Onodera, N. Shiomi, *J. Tetrahedron: Asymmetry*. 16 (2005)33-37.
- [22] R. Montgomery, B. Yun Yang, *J. Carbohydrate Research*. 280(1996)27- 45.
- [23] Y. Byung, R. Montgomery, *J. Carbohydrate research*. 280(1996)47-57.
- [24] L. Lagunas, F. Castaigne, *J. Food Chemistry*. 111(2008)56-60.
- [25] M. Sandona, A. Sensidoni, Innovative extraction technology of inulin from cultivar of chicory (*Cichorium intybus L.*) and Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus L.*). *Italian Food and Beverage Technology*. 2003.

E-mail:fernandowilsoncaceres@gmail.com