

Efecto de la temperatura y tiempo de concentración al vacío sobre el pardeamiento y contenido de azúcares y oligofruktanos en extracto de yacón (*Smallanthus sonchifolius*)

Effect of temperature and time of vacuum concentration on the brownish and sugar content, and oligofruktanos in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) extract

Antonio Ricardo Rodríguez Zevallos¹, Rossemary Vásquez Acosta²

RESUMEN

Los objetivos del trabajo fueron evaluar el efecto combinado de la temperatura (correspondiente con presión de vacío) y tiempo de concentración sobre el pardeamiento (color) y el contenido de azúcares y oligofruktanos en extractos de yacón (*Smallanthus sonchifolius*). Se usó yacón anaranjado procedente de Amazonas. La concentración se realizó en un rotavapor Büchi a 60 °C (20 kPa), 70 °C (32 kPa) y 80 °C (48 kPa), evaluándose el proceso a 15, 20 y 25 minutos. Los resultados mostraron que el aumento de temperatura incrementó la concentración de azúcares y oligofruktanos en el extracto de yacón; el incremento a 80 °C fue muy superior que a 70 y 60 °C. A 80 °C y 25 minutos de proceso se consiguió una concentración de azúcares y oligofruktanos de 24,48 g/100 g de extracto. Conforme se incrementó la temperatura de concentración el índice de color de los extractos también aumentó, siendo los valores 0,35 (60 °C), 0,46 (70 °C), and 0,72 (80 °C).

Palabras clave: Yacón, azúcares y oligofruktanos, concentración al vacío.

ABSTRACT

The objectives of this work were to evaluate the combined effect of the temperature (corresponding with vacuum pressure) and concentration time over the sugar content and oligofruktanos and over the browning (colour) in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) extracts. The orange Yacón was from department of Amazonas. The concentration was carried out in a laboratory vacuum evaporator at 60 °C (20 kPa), 70 °C (32 kPa) and 80 °C (48kPa) and the process was evaluated at 15, 20, and 25 minutes. The results showed that with the increase of the temperature, the sugar and oligofruktanos concentrations were also increased in the yacon extracts. At 80 °C and 25 minutes of processing, a sugar concentration and oligofruktanos of 24,48 g/100 g extracts was obtained. In addition, as temperature of concentration was increased, the colour index of the extracts increased with values of 0,35 (60 °C), 0,46 (70 °C), and 0,72 (80 °C).

Key words: Yacon, sugars and oligofruktanos, vacuum concentration.

¹ Ingeniero en Industrias Alimentarias. Doctor en Química de Alimentos. Profesor Asociado de la Universidad Privada Antenor Orrego.

² Ingeniera en Industrias Alimentarias. Egresada de la Universidad Privada Antenor Orrego.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, los oligosacáridos han adquirido una creciente popularidad como ingredientes alimentarios, debido a los posibles efectos beneficiosos para la salud y sobre las características organolépticas de algunos alimentos.

Los oligofruktanos favorecen la proliferación de bifidobacterias y *Bacillus subtilis*; tienen efecto preventivo contra la disfunción hepática; también son útiles para prevenir el estreñimiento y reducir la concentración de colesterol en el suero y la presión sanguínea (Tomomatsu, 1994). Son utilizados como ingredientes en panes, galletas, pasteles, pastas, bebidas azucaradas, yogurt y otros, para proporcionar bajas calorías, un mejor color y textura (Westerdijk, 1997).

El yacón es, a diferencia de la mayoría de raíces y tubérculos que acumulan los carbohidratos en forma de almidón (polímeros de glucosa), una raíz que almacena sus carbohidratos en forma de oligofruktanos (polímeros de fructosa) teniendo un bajo contenido calórico apropiado para diabéticos (1 - 1.5 kcal/g). Entre los carbohidratos del yacón se cuenta a la inulina y otros oligofruktanos, que constituyen entre 57 a 66% en base seca. (Tapia, 1990).

El yacón ha sido estudiado por Chirinos (1998) en cuanto a su contenido de oligofruktanos y azúcares, según su estado de madurez y su procedencia; mientras que Chaquilla (1997) hidrolizó los carbohidratos y elaboró un jarabe concentrado de fructosa.

El proceso de concentración al vacío de alimentos líquidos permite, al emplear bajas temperaturas y tiempos cortos, conseguir buena retención de nutrientes. Al concentrar en un recinto hermético y sin aire se minimizan las pérdidas de aromas volátiles, los productos presentan buen color y en general características organolépticas adecuadas, evitando además la alteración de las vitaminas. Mediante la concentración de extractos acuosos de yacón se podría minimizar el deterioro de sus principales componentes como los oligofruktanos y el color.

Los objetivos del trabajo fueron evaluar el efecto combinado de la temperatura (presión de vacío) y tiempo de concentración sobre el contenido de azúcares y oligofruktanos en extractos de yacón concentrado así como su influencia sobre el color del producto concentrado.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material

Se utilizó yacón (*Smallanthus sonchifolius*) del tipo anaranjado, procedente del Departamento de Amazonas.

Equipo de concentración

Se llevó a cabo en un evaporador rotatorio Büchi, del laboratorio de Química de la Universidad privada Antenor Orrego. El equipo tuvo un balón de evaporación de 1000 mL, velocidad de rotación es de 0-100 rpm, baño maría regulable de 0-90 °C y una bomba de vacío cuya presión es regulable de 0-100 kPa.

Métodos de análisis

Acidez titulable, sólidos solubles, pH y humedad según los métodos recomendados por la AOAC (1995).

Fibra cruda: Método por hidrólisis ácida y alcalina según la AOAC (1995).

Azúcares reductores y totales: Método recomendado por Millar (1959).

Azúcares y oligofruktanos según Chirinos (1998).

Sacarosa por el método del polarimétrico (Matissek y otros, 1992).

Color, según Fennema (1993), en el espectrofotómetro Spectronic 20, Modelo Génesis 20, de rango 325-1100 nm, aprox. 1nm.

Preparación del extracto simple de yacón

Las raíces fueron lavadas, peladas, cortadas manualmente en rodajas de 5 mm de espesor, sumergidas en agua a 100 °C por 6 minutos y enfriadas por 3 minutos en agua a temperatura ambiente. Posteriormente fueron trituradas en un extractor de jugos y finalmente filtradas a través de papel Whatman No.°40. Al extracto simple de yacón se le adicionó sorbato de potasio al 0.1% como agente conservante.

Condiciones del proceso de concentración al vacío

El extracto simple fue concentrado a 20, 32 y 48 kPa y 60, 70 y 80 °C, respectivamente (temperaturas de ebullición del agua dentro del evaporador), determinadas mediante las tablas de vapor según Himmelblau, (1997)); las temperaturas de calentamiento en el baño maría fueron de aproximadamente 5 °C mayor que las de trabajo. Los tiempos de concentración fueron de 15, 20 y 25 minutos.

Análisis estadístico

El diseño estadístico fue de bloques completamente al azar con arreglo bifactorial 3T x 3t, con tres extracciones. Se aplicó el análisis de varianza al contenido de azúcares y oligofruktanos e índice de color. Se trabajaron extractos obtenidos de yacón almacenado 0, 5 y 10 días,

para diferenciar el efecto del almacenamiento en el contenido de azúcares y oligofruktanos e índice de color (absorbancia a 434 nm).

RESULTADOS Y DISCUSION

Composición química del yacón

En el Cuadro 1 se presenta la composición química de las raíces de yacón anaranjado procedente de Amazonas. El contenido de oligofruktanos fue 3,65 %, valor relativamente inferior a lo reportado por Chirinos (1998), quien encontró 4,80% en yacón del Cuzco; mientras que Hermann (1999), 6,20% de oligofruktanos en yacón de Bolivia. Chirinos (1998) encontró 0,50% de sacarosa y Hermann y Heller (1997), 1,4% en 10 líneas de yacón. En este trabajo se encontró 2,5 % de sacarosa y 2,7 % de azúcares reductores, valores superiores a los encontrados por los autores indicados anteriormente. El contenido de oligofruktanos fue bajo y de azúcares alto, atribuible a que las raíces hayan tenido un grado de madurez alto y, por tanto, se haya producido la hidrólisis de los oligofruktanos, después de la cosecha.

El valor del pH del yacón fue de 6,53, valor característico en hortalizas y/o raíces cuyos valores son mayores a 5, a diferencia de las frutas cuyos valores de pH son menores a 5 (Cheftel y Cheftel, 1988).

Variaciones en el contenido de azúcares y oligofruktanos

En la figura 1 se el contenido de azúcares y oligofruktanos durante la concentración. Apreciamos que a mayor temperatura y mayor tiempo de proceso se incrementó el contenido en azúcares y oligofruktanos, todas las curvas siguen la misma tendencia. Como se podía prever a los 80 °C y a 25 minutos (valores mayores) se obtuvo el mayor contenido de azúcares y oligofruktanos, con un total de 24,48 g glucosa)/100 g de extracto.

La evaluación de los parámetros en estudio en la concentración de yacón, mediante el análisis de varianza (Cuadro 2), indicó que habían diferencias altamente significativas en el contenido de azúcares y oligofruktanos en relación al extracto inicial, la temperatura y el tiempo de proceso, pero no en la interacción temperatura y tiempo.

La Prueba de Duncan (Cuadro 3) aplicada a los parámetros de estudio y a los contenidos de azúcares y oligofruktanos indicó que a 80 °C, el contenido de azúcares muy superior al obtenido a 70 y 60 °C, respectivamente, siendo más alta a mayores tiempos de proceso. El extracto inicial también influyó en la concentración de estos carbohidratos, la variación es mayor del inicio al día 5, que del 5 al 10 de almacenamiento, antes del procesamiento del yacón, corroborando el trabajo de Chirinos (1988)

Cuadro 1
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE YACÓN ANARANJADO
(por 100 g de muestra fresca)

Componente	% base húmeda
Humedad	90,20
Ceniza	0,32
Grasa	0,01
Proteína	0,04
Sacarosa	2,50
Azúcares reductores	2,70
Oligofruktanos	3,64
Fibra	0,59
OTRAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	
pH	6,53
Acidez (expresado en ácido cítrico)	0,07
Sólidos solubles	10,00

Cuadro 2
ANÁLISIS DE VARIANZA APLICADO AL CONTENIDO DE
AZÚCARES Y OLIGOFRUCTANOS EN EL CONCENTRADO DE YACÓN

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón F	Significación F
Extracto inicial	2	100,65	50,326	16,00	0,0000**
Temperatura	2	150,31	75,156	23,89	0,0000**
Tiempo	2	296,47	148,236	47,12	0,0002**
Temperatura/tiempo	4	7,26	1,815	0,58	0,6834
E.E.	16	50,34	3,146	-	-
Total	26	605,04	-		

** muy significativo al 0,01.

Cuadro 3
PRUEBA DUNCAN APLICADA AL CONTENIDO DE AZUCARES Y
OLIGOFRUCTANOS A TRES TEMPERATURAS (PRESIONES), TIEMPOS Y
EXTRACTO INICIAL EN LA CONCENTRACIÓN DE EXTRACTOS DE YACÓN

Parámetro	Promedio (g glucosa/100g extracto)	Duncan ($\alpha=0,05$)
Temperatura/Presión		
60 °C / 20 kPa	13,26	a
70 °C / 32 kPa	15,94	b
80 °C / 48 kPa	19,04	c
Tiempo		
15	12,56	a
20	15,17	b
25	20,52	c
Extracto inicial		
0 días	13,51	a
5 días	16,57	b
10 días	18,16	b

que señala variaciones del contenido de azúcares y oligofructanos durante la maduración.

Chirinos (1998) concentró al vacío extracto de yacón a 50 °C; sin señalar el tiempo de concentración llegó hasta 26,88% de azúcares y oligofructanos. Chaquilla (1997) concentró extracto hidrolizado de yacón al vacío, a 60, 65 y 70 °C; sin precisar el tiempo de concentración llegó hasta 64,18 % de carbohidratos y señaló que la temperatura adecuada para la concentración era de 70 °C.

De los resultados obtenidos y las referencias mencionadas, se puede establecer una influencia marcada de la temperatura y el tiempo sobre el contenido de azúcares y oligofructanos del extracto de yacón concentrado al vacío.

Influencia de los parámetros de concentración sobre el color de extractos concentrados de yacón

En la Figura 2 se observa que existe un incremento marcado en el índice de color, medido como absorbancia de los extractos concentrados a las temperaturas de 60, 70 y 80 °C y durante los tiempos de trabajo de 15, 20 y 25 minutos. Fellows (1994) señaló que el aumento de color en productos concentrados se debe al incremento de sólidos totales y a posibles reacciones de pardeamiento provocados por las trazas de aminoácidos presentes.

Según el análisis de varianza (Cuadro 4) aplicado a las variaciones del índice de color de los extractos, hay diferencias significativas entre los efectos principales mas

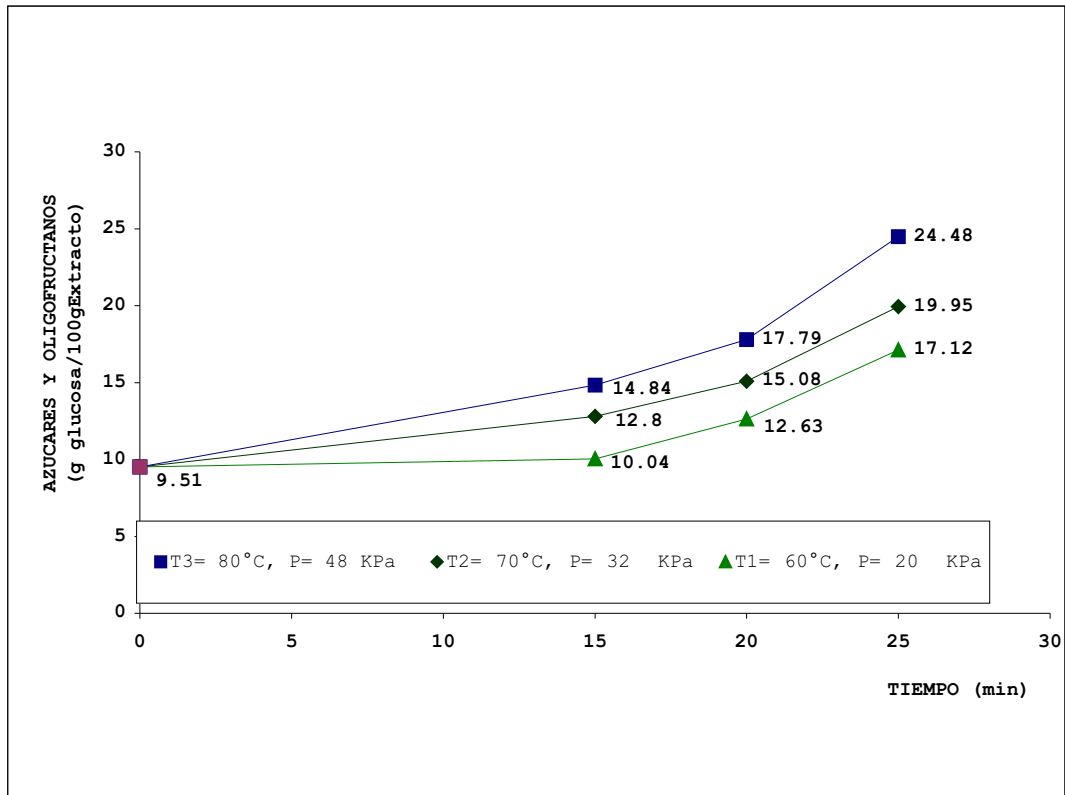


Figura 1. Contenido de azúcares y oligofructanos en extractos concentrados de yacón.

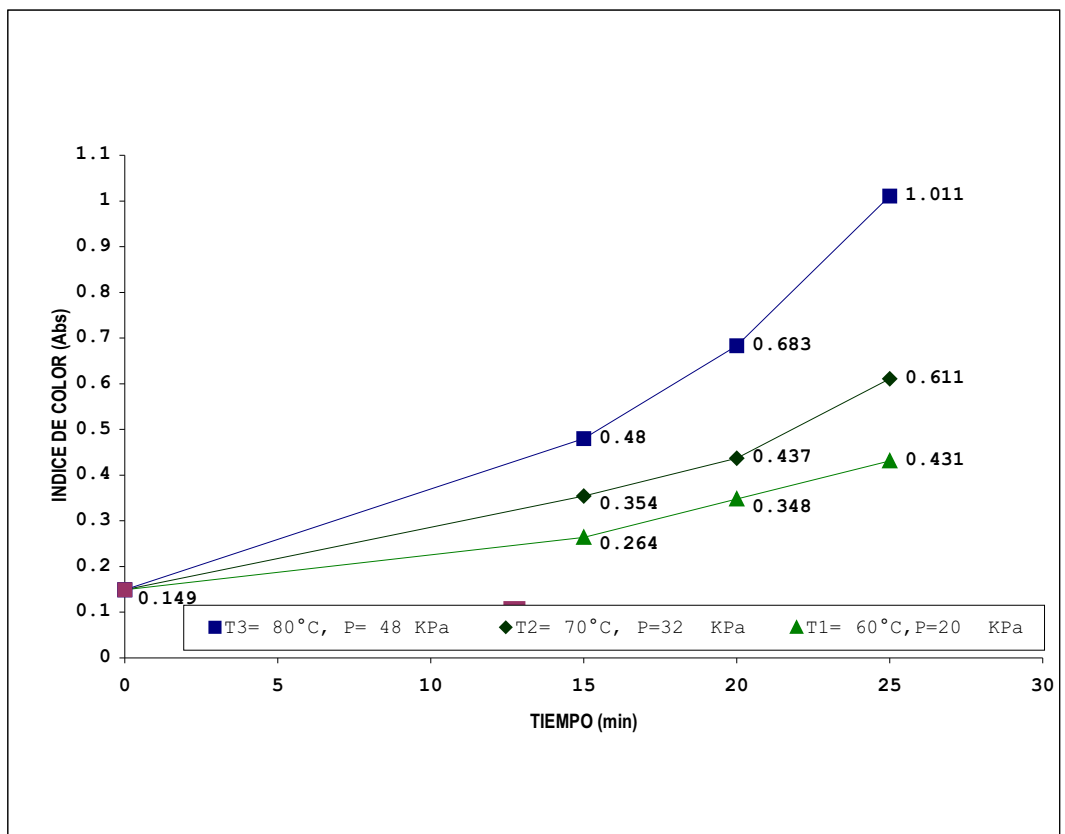


Figura 2. Índice de color en extractos concentrados de yacón.

no en la interacción de la temperatura (presión) y tiempo. Por la alta significación de la temperatura (presión), tiempo y extracto inicial, se aplicó la prueba Duncan (Cuadro 5) al color del extracto, dando por resultado que a la temperatura de 80 °C el índice de color presenta valores muy superiores (0,725) a los obtenidos a los 70 °C (0,467) y 60 °C (0,348). También se produjo incremento en el índice de color a mayores tiempos de concentración. El extracto inicial influye en el color en mayor medida a mayor tiempo de almacenaje del yacón, siendo diferente a los 10 días más no al inicio y 5 días de almacenaje.

Relacionando los resultados del color con los de la concentración de azúcares y oligofruktanos se puede afirmar que para concentrar el extracto de yacón es recomendable trabajar a temperaturas menores de 80 °C, a fin de que el color del producto final no sea muy oscuro, e

incrementar el tiempo para aumentar la concentración del extracto.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del trabajo de investigación se puede afirmar que conforme se incrementó la temperatura (presión), se incrementó la concentración de azúcares y oligofruktanos en el extracto de yacón; siendo a 80 °C superior al de 70 y 60 °C. El proceso de concentración también fue influenciado por el tiempo. A 80 °C y 25 minutos, se consiguió la mayor concentración de azúcares y oligofruktanos (24,48 g glucosa/ 100 g de extracto). A medida que se incrementó la temperatura de concentración, el índice de color (absorbancia a 434 nm) de los extractos también se incrementó, siendo a 80 °C, 70 °C y 60 °C: 0,72, 0,46 y 0,35, respectivamente.

Cuadro 4
ANÁLISIS DE VARIANZA APLICADO AL ÍNDICE DE COLOR
EN EXTRACTO CONCENTRADO DE YACÓN

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón F	Significación F
Extracto inicial	2	0,397	0,198	19,1	0,000**
Temperatura/presión	2	0,667	0,334	32,1	0,000**
Tiempo	2	0,463	0,232	22,3	0,000**
Temperatura x tiempo	4	0,113	0,028	2,8	0,069
Error	16	0,167	0,010	-	-
Total	26	1,807	-	-	-

** muy significativo al 0,01.

Cuadro 5
PRUEBA DUNCAN APLICADA AL ÍNDICE DE COLOR A TRES
TEMPERATURAS/PRESIONES, TRES TIEMPOS Y TRES EXTRACTOS
INICIALES EN LA CONCENTRACIÓN DE YACÓN

Parámetro	Índice de color promedio (absorbancia, = 434 nm)	Duncan (=0,01)
Temperatura/Presión		
60 °C / 20 kPa	0,347	a
70 °C / 32 kPa	0,467	b
80 °C / 48 kPa	0,725	c
Tiempo		
15	0,366	a
20	0,489	b
25	0,684	c
Extracto inicial		
0 días	0,399	a
5 días	0,459	a
10 días	0,681	b

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th Edition. Association of Analytical Chemists. USA.
- Chaquilla, G. 1997. Obtención de azúcar de yacón (*Polimnia sonchifolia*) y su potencial. IX Congreso Internacional de cultivos andinos "Oscar Blanco Canales". Cuzco. Perú.
- Cheftel, J. y Cheftel, H. 1988. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza-España.
- Chirinos, R. 1998. Obtención y caracterización de los oligofructanos a partir de la raíz de yacón (*Smallanthus sonchifolius*). Tesis de Maestría. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
- Fellows, P. 1994. Tecnología del procesado de los alimentos: Principios y prácticas. Editorial Acribia S.A. Zaragoza - España.
- Fennema, O. 1993. Química de los alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España.
- Himmelblau D. 1997. Principios básicos y cálculos en Ingeniería Química. Sexta Edición. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. México D.F.
- Hermann, M. Y Heller, J. 1997. Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacón. International Plant Genetic Resource Institute. Alemania AR. Japan.
- Matissek, R., Schnepel, F, Steiner, G. 1992. Análisis moderno de los alimentos: Fundamentos, métodos, aplicaciones. Segunda Edición. Editorial Acribia. Zaragoza - España.
- Miller, G. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Analytical Chemistry 1959, 31, 426-428.
- Tapia, M. 1990. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Tomomatsu, H. 1994. Health effects of oligosaccharides. Food Technology. Oct. p. 61-65.
- Westerdijk, C. 1997. Chicory (*Cicorium intybus*) var. Sativus for inulin production. Agro-food Industry Tech. January/February 1997, pág. 5-6.