

Efecto de la adición de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en las características fisicoquímicas, microbiológicas, proximales y sensoriales de yogur durante el almacenamiento bajo refrigeración

*Characterization of the polyphenoloxidase in three varieties of potato (*Solanum tuberosum* L.) minimally processed and its color effect*

Parra H. Ricardo

Facultad de Ciencias Básicas. Química de Alimentos. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Avenida central del norte. Tunja. Colombia

Recibido 02 de Diciembre 2013; aceptado 17 de Marzo de 2014

RESUMEN

Actualmente existen trabajos relacionados con el yacón, las raíces y hojas; sin embargo investigaciones de yacón en bebidas fermentadas, como el yogur, son muy escasas, por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue investigar el efecto de la adición de concentrado de yacón en las características fisicoquímicas, microbiológicas, sensoriales y proximales de un yogur durante el almacenamiento en condiciones de refrigeración. Se manejaron dos tratamientos, uno de ellos contenía concentrado de yacón y el otro sacarosa. Durante el almacenamiento, en un periodo de 30 días, se realizó análisis de pH, acidez, sinéresis, evaluación sensorial, recuento de bacterias ácido lácticas (BAL), proteína, fibra, grasa, humedad, cenizas y carbohidratos. Los resultados mostraron que la adición de concentrado de yacón presenta efecto en el pH (disminuyendo) y en la acidez (aumentando), durante el almacenamiento, lo anterior debido a que las BAL tuvieron un metabolismo mayor por la presencia del yacón. La sinéresis tuvo un resultado similar para los dos tratamientos. La evaluación sensorial mostró una aceptabilidad en promedio 4,3 sobre 5 para el yogur con concentrado de yacón. El análisis proximal mostró valores similares al yogur control con excepción de la fibra, la cual registra mayor valor en el yogur con yacón. El yogur adicionado con concentrado de yacón mostró una buena aceptación del consumidor, por lo que se recomienda el uso de este tubérculo para la formulación de yogures, además, las características fisicoquímicas, proximales y microbiológicas tuvieron un comportamiento deseable en un yogur comercial.

Palabras clave: *almacenamiento, evaluación, yogur, yacón.*

*Autor a quien debe dirigirse la correspondencia. E-mail: ricardo.parra@uptc.edu.co

ABSTRACT

At present there exist works related to the yacon, the roots and leaves; however research yacon in fermented beverages such as yogurt are very scarce, the above objective of this work was to investigate the effect of the addition of concentrated yacon in physicochemical, microbiological, sensory and proximal yoghurt during storage under refrigeration. Two treatments, one containing concentrated yacon and other sucrose were handled. During storage over a period of 30 days analyzing pH, acidity, syneresis, sensory evaluation, the count of lactic acid bacteria (LAB), protein, fiber, fat, moisture, ash and carbohydrate is performed. The results showed that the addition of concentrated yacon during storage was effected in the pH (decreasing) and acidity (increasing), the above because the BAL were increased by the presence metabolism yacon. Syneresis had a similar result for the two treatments. Sensory evaluation showed on average 4.3 Acceptability of 5 for yogurt with concentrated yacon. Proximate analysis showed similar values to the control yogurt exception of fiber which had more value in yogurt with yacon. The yogurt added with concentrated yacon showed good consumer acceptance, so that the use of potatoes for making yogurt is recommended also the physicochemical characteristics, and microbiological proximal yogurt yacon had a desirable behavior in a yogurt commercial.

Keywords: storage, evaluation, yogurt, yacon.

INTRODUCCIÓN

El yacón (*Smallanthus sonchifolius*) es un tubérculo andino de origen prehispánico cultivado en las laderas de los Andes de América del Sur, crece en altitudes entre 1000 a 3200 metros sobre el nivel del mar (Campos *et al.*, 2012). Se ha cultivado desde Colombia hasta noreste de Argentina difundiendo en los últimos años en Estados Unidos, Europa, Nueva Zelanda (Moura *et al.*, 2012), Japón, Corea, Brasil y otros países (Maldonado y Singh, 2008). Si bien se han realizado esfuerzos por conservar o agregar valor al yacón, debido a que su vida útil no supera los 30 días, los productos desarrollados han sido obtenidos en forma rudimentaria a partir de técnicas artesanales. Las particularidades físicas y organolépticas del tubérculo que le dan características similares a una fruta, hacen posible el desarrollo de productos concentrados con adición de azúcares (Maldonado y Singh, 2008), como edulcorantes naturales y jarabes (Simonovska *et al.*, 2003; Moura *et al.*, 2012). Se ha sugerido que el jarabe de yacón promueve, entre otros aspectos, la

restauración de la microflora intestinal, estimulando así la formación de bacterias conocidas con el nombre de bifidobacterias, permitiendo así, regular a otras bacterias que se encargan de la putrefacción de los residuos en el intestino grueso. Se ha reportado que el jarabe de yacón tiene efectos significativos en la reducción de los niveles de glucosa en la sangre en personas clínicamente sanas y en personas con diabetes tipo 2, estas evidencias son reforzadas con resultados similares obtenidos en animales de laboratorio a los que se les indujo diabetes (Polanco, 2011). Además de lo anterior, el yacón es conocido por disminuir considerablemente el contenido de los triglicéridos y aportar bajas calorías por su contenido de inulina (Córdoba y Galecio, 2006), sumado a lo anterior, la inulina estimula el sistema inmune a través de antioxidantes, es antiinflamatorio, antimicrobiano, anticancerígeno (Choque *et al.*, 2012), mejora la saciedad, lo que reduce el hambre en los adultos (Sumiyanto *et al.*, 2012), e inhibe el establecimiento de patógenos y/o putrefacción bacterias

relacionadas directamente con la prevención del cáncer de colon en modelos experimentales (Valentová *et al.*, 2008; Sumiyanto *et al.*, 2012). Los tubérculos como el yacón contienen entre 0,3 y 3,7 % de proteína, sin embargo entre 70 y 80% de la materia seca está constituido principalmente por sacáridos, en particular un grupo de sustancias químicas que se denominan fructooligosacaridos. Aunque no existe un nombre estándar para estos sacáridos, los tres nombres que se usan con más frecuencia son inulina, oligofructosa y fructooligosacaridos y estos nombres no son usados de la misma manera en artículos científicos. Para poder entender cómo utilizar estos términos genéricos es necesario hacer notar que estos compuestos pueden dividirse en dos subgrupos, dependiendo del grado de polimerización. Los fructanos con grado de polimerización mayor a 10 son considerados de cadena larga (alto peso molecular), mientras que los fructanos con grado de polimerización menor a 10 son considerados de cadena corta (bajo peso molecular). Basándose en esa clasificación varios expertos en el campo nombraron como fructooligosacaridos a los fructanos de cadena corta y los que provienen de la síntesis de la sacarosa, como oligofructosas; a los fructanos de cadena corta que provienen de la hidrólisis parcial de fructanos de cadena larga y como inulina al extracto de agua caliente que contiene fructanos en solución y de cadena larga. Los fructooligosacaridos son compuestos químicos donde existen 1 o más uniones fructosil-fructosa, es decir, son principalmente polímeros de unidades de fructosa (Salinas *et al.*, 2011). La inulina es un polisacárido natural, derivado de plantas de almacenamiento con amplia variedad en aplicaciones alimentarias y farmacéuticas, es distribuida ampliamente en una gran variedad de

plantas de almacenamiento de carbohidratos, presentes en más de 30.000 productos de origen vegetal, entre los que se encuentran tubérculos como el yacón. Se considera como un sustituto del azúcar con un valor calórico muy bajo (Apolinario *et al.*, 2014). Al respecto Meyer *et al.*, (2011), mencionan que el uso tecnológico de inulina se basa en sus propiedades como un sustituto de azúcar (especialmente en combinación con los edulcorantes de alta intensidad) y como un modificador de textura y sustituto de grasa.

El yogur es el producto de leche coagulada obtenida por fermentación ácido láctica a través de la acción de *Lactobacillus delbrueckii* y *Streptococcus thermophilus* y con un alto contenido de nutrientes y asimilado más fácilmente que la leche fresca (Wei *et al.*, 2013). Parra (2012), menciona los principales efectos asociados al consumo de yogur como el mejoramiento en la microflora intestinal, disminución del riesgo de diarrea, inhibición del crecimiento de *Helicobacter pylori*, disminución en la formación de tumores, reducción del nivel de colesterol, disminución de problemas relacionados con la intolerancia a la lactosa, entre otros. En la actualidad se buscan nuevas alternativas en la utilización de aditivos que permitan obtener mejores características fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales en los productos lácteos. Debido a esto, en los últimos años se han buscado alternativas para mejorar las características de este producto (Parra *et al.*, 2011). Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de este trabajo fue investigar el efecto de la adición de concentrado de yacón en las características fisicoquímicas, microbiológicas, sensoriales y proximales de un yogur durante el almacenamiento en condiciones de refrigeración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento

La investigación tuvo lugar en los laboratorios de alimentos de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, programa Química de Alimentos, sede Tunja, ubicada geográficamente a 5°32'07" latitud norte y 73°22'04" longitud oeste.

Recolección y adecuación de las muestras

Materiales

El yacón empleado es proveniente de la zona de Boyacá comercializados en la plaza de mercado de la ciudad de Tunja. Se tomó una cantidad representativa de tubérculos teniendo precaución con la sanidad, calidad y estado de madurez de

grado comercial. La leche utilizada fue líquida entera ultrapasterizada marca Parmalat. La leche en polvo fue entera de marca Nestle. El cultivo iniciador liofilizado conteniendo los microorganismos *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* de marca vivolac, finalmente la sacarosa se adquirió de marca Rio Paila.

Elaboración de concentrado de yacón

Para la elaboración del concentrado se seleccionó 500 gramos de yacón, teniendo en cuenta que no presentara signos de pudrición y/o contaminación microbiana; se lavó con abundante agua potable eliminándose restos de tierra y materia orgánica adheridos. A continuación se sumergió en una solución de 200 ppm de hipoclorito de sodio por 5 minutos para reducir la carga microbiana procediéndose al retiro de la cascara del yacón. Posteriormente, se realizó la extracción de jugo con un extractor marca Hamilton Beach 67800. Para controlar el pardeamiento del jugo, se utilizó 1,3 g de ácido ascórbico; se realizó filtración de jugo con un filtro de diámetro de poro \leq a 100 μm , con el objetivo de disminuir la carga de partículas insolubles; se concentró el jugo con sacarosa hasta 50°Brix en estufa industrial, ya que la sacarosa aumenta los sólidos totales. De esta manera el concentrado se dejó enfriar y se almacenó en condiciones de refrigeración hasta su utilización en la elaboración de yogur.

Preparación del cultivo iniciador

Para la preparación del cultivo, se utilizó la metodología propuesta por Sori y Baba (2012), con algunas modificaciones. Una mezcla de cultivo liofilizado de marca Vivolac® que contenía *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus* fue mezclado con la leche precalentada y utilizado posteriormente para la inoculación.

Elaboración del yogur entero

Para la elaboración del yogur se tuvo en cuenta la metodología sugerida por Parra *et al.*, (2011). A la leche entera líquida ultrapasterizada, se añadió 1% del cultivo iniciador preparado anteriormente y 3% de leche en polvo. La mezcla anterior se dividió en dos partes: la primera denominada control se

añadió 8% de sacarosa y a la segunda se añadió 3,5% de concentrado de yacón. Cada uno de los tratamientos se dividió en partes iguales y se empacó en diferentes recipientes de plástico debidamente sellados, posteriormente se incubaron en una estufa marca Binder® a una temperatura de incubación de 43 ± 1 °C, la incubación se detuvo hasta que los tratamientos alcanzaron una acidez titulable mínima de 0,6% expresada en ácido láctico, valor recomendado por la Norma Técnica Colombiana 805 para bebidas lácteas fermentadas. Posteriormente, las muestras se enfriaron y almacenaron en condiciones de refrigeración de 4 ± 1 °C durante 30 días. Cada vez que se realizaba monitoreo durante el almacenamiento de 30 días se tomaba una muestra de yogur para su análisis.

Análisis

Análisis físico-químicos

pH: Los cambios de pH en el yogur durante el almacenamiento fue medido utilizando un pH-metro (945.27/90 de la AOAC). Esta determinación se realizó los días 1, 6, 12, 20 y 30 durante el almacenamiento.

Acidez titulable: La acidez titulable fue medida por titulación de 10 ml de yogur con 0,1 ml/L NaOH y utilizando fenolftaleína como indicador. El resultado se expresó como porcentaje de ácido láctico (962.12/90 de la AOAC). Esta determinación se realizó los días 1, 6, 12, 20 y 30 durante el almacenamiento.

Sinéresis: Para esta determinación se utilizó una centrifuga marca Rotina. Se tomaron 20 ml de cada una de las muestras de yogur y se sometieron a centrifugación por un tiempo de 20 minutos a una velocidad de 4000 rpm. Luego de la centrifugación se obtuvo los mililitros del sobrenadante (lactosuero) y se calculó el grado de sinéresis mediante la relación entre el volumen del sobrenadante y el volumen de la muestra (Charoenrein *et al.*, 2008). El porcentaje de sinéresis fue determinado en los días 1, 9, 21 y 30 bajo condiciones de refrigeración.

Conteo de células viables ácido lácticas en yogur

Veinte gramos de agua peptonada fue mezclada con 1 litro de agua destilada, la mezcla fue distribuida en tubos seguido por autoclave a 121 °C/ 20 min. El pH del medio a 25 °C fue 7,2. Las muestras de yogur (1 ml) fueron individualmente mezcladas con 9 ml de agua peptonada. La mezcla fue agitada y una serie de diluciones fueron preparadas al utilizar agua peptonada. Las bacterias ácido lácticas fueron enumeradas como son descritas por Kailasapathy *et al.*, (2008), con algunas modificaciones. El agar MRS fue preparado al mezclar el agar con agua (62 g/L de agua destilada), la solución fue esterilizada en autoclave seguida por enfriamiento a 45 °C. Una vez sembradas las muestras en cajas de Petri, se incubaron a 37°C/ 48 horas para posteriormente realizar el conteo. Este análisis se realizó al inicio y final del experimento.

Caracterización proximal

Se seleccionó una muestra de yogur control y una muestra de yogur con yacón al final del experimento para realizar los siguientes análisis por duplicado. La humedad se llevó a cabo por el método gravimétrico 930.15/90 de la AOAC, 1990. Para las cenizas, se realizó siguiendo el método 942.05/90 de la AOAC, 1990, secando previamente las muestras a 110 °C y, posteriormente, calcinando a una temperatura de 550 °C, hasta peso constante. La determinación de proteína se efectuó por el método de Kjeldahl de acuerdo a la técnica 955.04/90 (AOAC, 1990), el cual determinó la concentración de nitrógeno presente en la muestra para luego ser transformado a través de un factor en proteína de 6,38. Para la fibra cruda se tomaron muestras previamente desengrasadas y se les realizó digestión ácida en presencia de H₂SO₄ 0,255 N y digestión alcalina en presencia de NaOH

0,313 N. Para la determinación del porcentaje de fibra cruda, fue utilizado el método Weende 962.09/90 de la AOAC, 1990. El extracto etéreo se realizó utilizando el método 920.39/90 de la AOAC de 1990. Los carbohidratos se determinaron por diferencia, como se describe a continuación %Carbohidratos totales = 100 – (%humedad +% proteína + % grasa + % ceniza).

Evaluación sensorial

Para evaluar si la adición de concentrado de yacón incidía en los atributos de color, olor, sabor y calificación global, se seleccionó un grupo de 20 panelistas no entrenados, utilizándose una prueba hedónica de 5 puntos. La escala de intervalo empleada para dicha evaluación fue: 1: me disgusta muchísimo; 2: me disgusta moderadamente; 3: no me gusta ni me disgusta; 4: me gusta moderadamente; 5: me gusta muchísimo (Andalucía, 1994). La evaluación sensorial de las muestras de yogur se realizó el día quinto (5) de almacenamiento teniendo en cuenta lo sugerido por Mendoza *et al.*, (2007) quienes realizaron análisis sensorial el día quinto (5) de almacenamiento de yogur entero con duración de 30 días el experimento. Para ello, la muestra de yogur con yacón se presentó en vasos desechables transparentes en volúmenes de 50 ml, a una temperatura de 4 ± 2 °C y codificadas al azar con números de 3 dígitos.

Análisis estadístico

Se realizó un diseño completamente aleatorizado, en el cual se aplicó un análisis de varianza, para establecer si existían diferencias significativas entre las variables físico- químicas y análisis proximal determinadas en los tratamientos. Se utilizó un nivel de significancia de 0,05%. Todas las determinaciones se realizaron por duplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento de acidez y pH

En la Figura 1 se muestra los resultados del comportamiento de pH y acidez titulable de cada uno de los tratamientos durante el almacenamiento.

Se observa en el día 1 que ambas muestras tuvieron valores diferentes de acidez, aun cuando el comportamiento durante el experimento fue ascendente para los dos tratamientos. Para el día

20 de almacenamiento los valores fueron muy similares, permaneciendo así hasta el día 30.

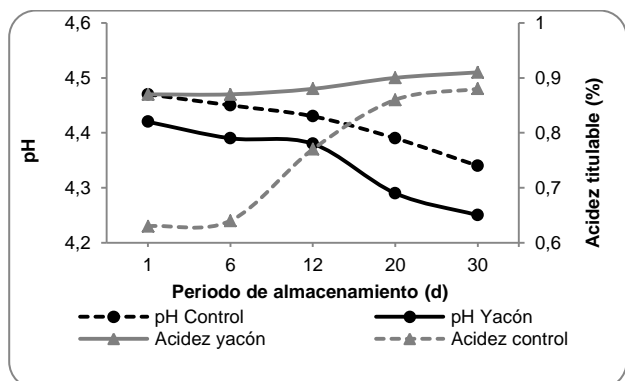


Figura 1. Comportamiento de pH y acidez de yogur control y yogur con concentrado de yacón durante el almacenamiento

Además se observa para la acidez que la muestra que contenía yacón, el valor inicial y final fue 0,87 y 0,91% expresada en ácido láctico, respectivamente. El yogur control presentó valor inicial y final 0,63 y 0,88% de ácido láctico, respectivamente. En la acidez titulable, en el día 1 de almacenamiento se observa una marcada diferencia en los valores de almacenamiento entre los dos tratamientos, lo anterior se debe a lo que menciona Apolinario *et al.*, (2014) quienes demostraron que la adición de inulina reduce significativamente el tiempo de fermentación (incubación), aumentando el crecimiento de la biomasa y aumentando los niveles de ácido láctico en el yogur. Esto se debe a que la inulina es un prebiótico. La acidez de la muestra de yogur que contenía concentrado de yacón presentó mayores valores en relación con la muestra que no lo contenía. Lo anterior puede deberse a que la inulina y los FOS son sustratos más fácilmente asimilables por parte de las BAL durante el periodo de incubación y de almacenamiento. Asimismo puede atribuirse además, a que durante el almacenamiento en condiciones de refrigeración ocurrió una actividad microbiana por parte de las bacterias ácido lácticas presentes en el yogur, tal y como lo señalan Lubbers *et al.*, (2004), en yogur almacenados durante más de 20 días bajo refrigeración. En relación almacenamiento, Briceño *et al.*, (2001), mencionan que durante ésta etapa, la acidez en el

yogur podría aumentar máximo hasta 1,5% expresada en ácido láctico. Igualmente, Hussain *et al.*, (2009), reportaron en un yogur natural, en el día 10 de almacenamiento, una acidez como máximo de 1,44% expresado en ácido láctico. Ruíz y Ramírez 2009, en su investigación utilizaron leche entera, *Lactobacillus acidophilus*, *streptococcus thermophilus* e inulina en la elaboración de yogur, en este trabajo se reportó un valor de acidez inicial de 1,03% de ácido láctico y el día 21 de almacenamiento un valor de acidez de 1,37% en ácido láctico. Respecto al pH, el comportamiento de la figura 1 muestra que el valor inicial y final para las muestras que contenían yacón fue 4,42 y 4,25, respectivamente, y para el yogur control 4,47 y 4,34, respectivamente. Durante el experimento se observó un comportamiento descendente similar entre los dos tratamientos, con valores superiores para las muestras que no contenían yacón. Las pequeñas diferencias de estos valores en las muestras que contenían el concentrado de yacón respecto al yogur control, se debe probablemente a que la inulina y los FOS estimularon el metabolismo de las BAL disminuyendo así el pH. Ruíz y Ramírez 2009, reportaron un valor de pH el día 21 de almacenamiento de 4,27 y un valor de pH inicial de 4,61, estos datos son similares a los obtenidos para los dos tratamientos con el concentrado de yacón y la sacarosa. Olson y Aryana (2008), utilizando *Lactobacillus acidophilus* en la elaboración de yogur y leche descremada y Parra *et al.*, (2011), quienes emplearon leche entera, 10% de sacarosa, 3% de leche en polvo e inoculado con *Lactobacillus acidophilus* y *streptococcus thermophilus*, mencionan que el pH de yogur disminuía durante el almacenamiento en condiciones de refrigeración entre 3,8 y 4,5. Igualmente, Hassan y Amjad (2010), reportan que la reducción en pH en el yogur puede ser debido a la degradación de la lactosa en ácido láctico, disminuyendo así el pH durante el almacenamiento y reflejándose en la velocidad de acidificación. De igual manera Kailasapathy *et al.*, (2008), mencionan que los cambios de pH son debido además a variaciones en el contenido de ácido en el yogur, en este caso ácido láctico. Estadísticamente no existió diferencia para decir que los parámetros fisicoquímicos influyeran en los

tratamientos de yogur durante el almacenamiento por ser $p < 0.05$ y como se observa en la tabla 3.

Sinéresis

En la Figura 2 se describe el comportamiento de la sinéresis para los dos tratamientos, observando que ambos tuvieron el mismo valor tanto al inicio como al final del experimento (0 y 51%, respectivamente). Se observa que para ambas muestras los valores fueron ascendentes al transcurrir el tiempo de almacenamiento, sin embargo las muestras de yogur que contenía yacón mostró mayores valores de sinéresis en comparación con el yogur que no contenía yacón. La mayor diferencia de sinéresis ocurrió entre los días 9 y 21, esto se puede explicar porque la acidez del yogur con concentrado de yacón hace que la micela de caseína se contraiga expulsando así mayor cantidad de lactosuero. Al respecto Díaz *et al.*, 2004 reportaron valores finales para sinéresis entre 45-65% para un yogur control (sin fibra, elaborado con leche entera y sacarosa); este valor coincide con el yogur control y yogur con yacón, al final del experimento.

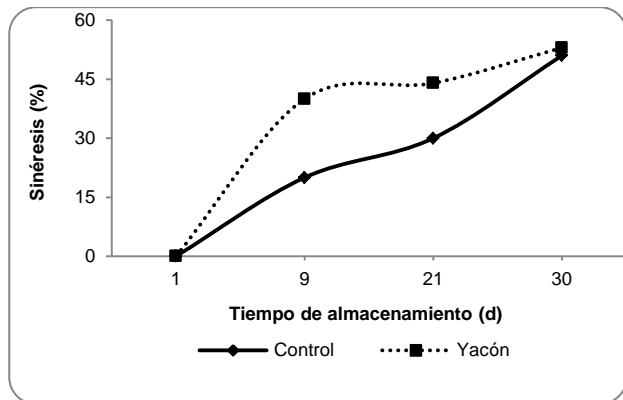


Figura 2. Comportamiento de sinéresis durante el almacenamiento de yogur

Este comportamiento de sinéresis puede ser explicado además por la disminución en el pH durante el almacenamiento, lo cual puede tener efecto de contracción en la matriz de la micela de caseína causando más eliminación de lactosuero (Achantá *et al.*, 2007).

Análisis proximal

En el *codex alimentarius* CODEX STAN 242-2003, para un yogur el contenido de proteína mínimo

debe ser 2,7% y grasa menos del 15%, en el caso de la tabla 1, el yogur que contenía yacón y el yogur control los valores de proteína están acorde con lo recomendado por el codex. Para la grasa, los valores reportados en la tabla 1 están por debajo del estipulado. La muestra que contenía yacón presentó mayores valores de fibra en comparación con el yogur sin yacón. Al respecto Apolinario *et al.*, (2014), mencionan que los alimentos funcionales se han desarrollado mediante la adición de inulina para aumentar su contenido de fibra dietética. Respecto a los carbohidratos, el yogur que contenía yacón presentó valores menores debido a que las bacterias ácido lácticas degradaron azúcares a través de su metabolismo durante el almacenamiento del yogur.

Tabla 1
Composición proximal de yogur control y yogur con concentrado de yacón

Parámetro	Yogur yacón	Yogur control
Proteína (%)	2,876± 0,025	2,840± 0,025
Grasa (%)	5,526± 0,092	4,112± 0,063
Fibra cruda (%)	0,743± 0,081	0,249± 0,026
Carbohidratos (%)	8.72	12,27
Cenizas (%)	0,621± 0,004	0,692± 0,014
Humedad (%)	81,514± 0,014	79,831± 0,002

n=2

Análisis microbiológico

En la tabla 2 se observa un incremento en el recuento de bacterias ácido lácticas durante el almacenamiento en el yogur que contenía yacón y yogur que no lo contenía; sin embargo, el yogur con concentrado de yacón presentó un valor más alto tanto al inicio como al final del experimento, lo anterior se debe probablemente a que la inulina y los FOS estimularon el metabolismo.

Tabla 2
Recuento de bacterias ácido lácticas de yogur

	Yogur control (UFC/g)	Yogur con yacón (UFC/g)
Inicio (día 5)	2,21x10 ⁵	3,92x10 ⁵
Final (día 30)	2,28x10 ⁵	4,88x10 ⁵

n=2

El valor final de recuento para BAL en el yogur, en sus dos tratamientos, es similar al presentado por Shori y Baba (2012), reportando para un yogur comercial elaborado con leche de vaca un valor de $1,4 \times 10^6$ UFC/g el día 21 del almacenamiento. Ramchandran y Shah (2010), mencionan que la inulina al ser adicionada al yogur puede contribuir a la supervivencia de bacterias ácido lácticas durante el almacenamiento, igualmente Ozer *et al.*, (2005), reportaron aumento en la supervivencia de los probióticos en yogures con presencia de inulina.

Análisis sensorial para el yogur con concentrado de yacón

La figura 3 reporta los resultados del análisis sensorial realizado al yogur con concentrado de yacón.

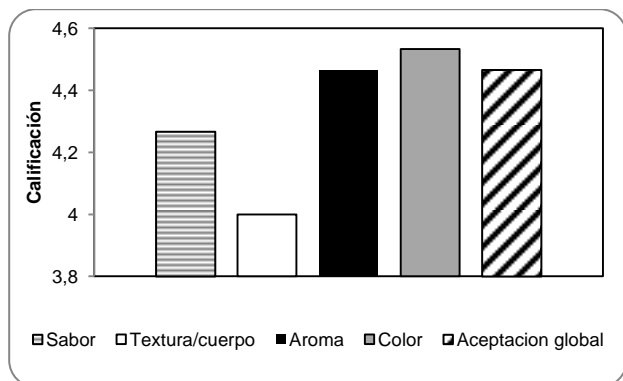


Figura 3. Evaluación sensorial de yogur con concentrado de yacón

Se detalla que las calificaciones de los panelistas estuvieron sobre 4, además se resalta que los atributos de aroma, color y aceptación global tuvieron las calificaciones más altas cerca de 4,5, lo anterior indica que el concentrado de yacón

CONCLUSIONES

Se elaboró un yogur con yacón, mediante un procedimiento sencillo y repetible; el comportamiento de pH del yogur con concentrado de yacón durante el almacenamiento fue menor en comparación con el yogur control; los valores de acidez fueron superiores para el yogur que contenía concentrado de yacón en comparación con el control durante el almacenamiento. Los dos tratamientos tuvieron valores de sinéresis similares al final del almacenamiento. En cuanto al recuento de bacterias ácido lácticas las muestras que contenían concentrado de yacón tuvieron mayor

sensorialmente es aceptado en la adición de yogur durante su elaboración; sin embargo, la textura del yogur debería mejorarse debido a que fue la calificación más baja, seguida en calificación la del sabor es el cual es característico del yacón.

Análisis de varianza para análisis físico químico

En la tabla 3 se observa que el valor de Fc es menor al valor crítico para $F_{1,01} < 18,51$, por lo cual no existe evidencia estadística que los parámetros fisicoquímicos influyan en el almacenamiento del yogur para los dos tratamientos; si existe interacción de los dos tratamientos ya que Fc es mayor al valor $F_{37,72} > 19$.

Tabla 3
Análisis de varianza para características fisicoquímicas

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	F tabulado
Tratamientos	1	13,68	1,01	18,51
Interacción	2	506,61	37,72	19
Total	5	210,75		

En la tabla 4 se observa que el valor de Fc es menor al valor crítico para $F_{0,001} < 6,61$, por lo cual no existe evidencia estadística que los parámetros de análisis proximal influyan en el almacenamiento del yogur para los dos tratamientos; si existe interacción de los dos tratamientos ya que Fc es mayor al valor $F_{1032,24} > 5,05$.

Tabla 4
Análisis de varianza para análisis proximal

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	F tabulado
Tratamientos	1	0,0033	0,0017	6,61
Interacción	5	1993,27	1032,24	5,05
Total	11	906,91		

valor en UFC/g al final del experimento. El yogur adicionado con concentrado de yacón mostró una buena aceptación del consumidor, por lo que se recomienda el uso de este tubérculo para la formulación de yogures. Se recomienda la elaboración de yogur con concentrado de yacón porque no solo se mejorarían los efectos beneficiosos del yogur en las personas que los ingieren, sino además por sus propiedades nutricionales reportándose valores mayores de fibra y valores similares de proteína respecto al yogur control.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anzaldúa A. (2005). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. España. Editorial Acribia, 2005. P.198.
- Apolinario, A.; Lima, B.; Macedo, N.; Pessoa, A.; Converti, A.; Silva, J. (2014). Review Inulin-type fructans: A review on different aspects of biochemical and pharmaceutical technology. *Carbohydrate Polymers* 101: 368– 378.
- A.O.A.C. The official and recommended practices of the American Chesmest's Society. 1990.
- Briceño, A.; Martínez, R.; García, K. (2001). Viabilidad y actividad de la flora láctica (*streptococcus salivarius* ssp *thermophilus* y *lactobacillus delbrueckii* ssp *bulgaricus*) del yogurt en Venezuela. *Acta Científica Venezolana* 52: 46–54.
- Campos.; D.; Betalleluz, I.; Chirinos, R.; Aguilar, A.; Noratto, G.; Pedreschi, R. (2012). Prebiotic effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl), a source of fructooligosaccharides and phenolic compounds with antioxidant activity. *Food Chemistry* 135(3): 1592-1599.
- Codex Alimentarius. Directrices sobre bebidas fermentadas CODEX STAN 2443.2003. Disponible en http://www.codexalimentarius.org/download/standards/400/CXS_243s.pdf [Consultado: diciembre 12 2013].
- Córdoba, A.; Galecio, M. (2006). Identificación y evaluación agronómica de los biotipos de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en la microcuenca la Gallega, Provincia de Morropon Piura. *Revista Científica Universal* 11: 14-23.
- Charoenrein, S.; Tatirat, O.; Muadklay, J. (2008). Use of centrifugation-filtration for determination of syneresis in freeze-thaw starch gels. *Carbohydrate Polymers* 73: 143–147.
- Choque, G.; Thomé, R.; Gabriel, D.; Tamashiro, W.; Pastore, G (2012). Yacon (*Smallanthus sonchifolius*)-derived fructooligosaccharides improves the immune parameters in the mouse. *Nutrition Research* 32:884-92.
- Díaz, B.; Sosa, M.; Vélez, J. (2004). Efecto de la adición de fibra y disminución de grasa en las propiedades fisicoquímicas del yogurt. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 3: 287-305.
- Hassan, A.; Amjad, I. (2010). Nutritional evaluation of yoghurt prepared by different starter cultures and their physiochemical analysis during storage. *African Journal of Biotechnology* 9:2913-2917.
- Hussain, I.; Rahman, A.; Atkinson, N. (2009). Quality comparison of probiotic and natural yogurt. *Pakistan Journal of Nutrition* 8: 9-12.
- ICONTEC - Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 2005. NTC 805. Productos lácteos. Leches fermentadas.
- Kailasapathy, K.; Harmstorf I.; Phillips, M. (2008). Survival of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* in stirred fruit yogurts. *Food Science and Technology* 41:1317–1322.
- Lubbers, S.; Decourcelle, N.; Vallet, N.; Guichard, E. (2004). Flavor release and rheology behaviour of strawberry fat free stirred yogurt during storage. *Journal Agricultural Food Chemistry* 52: 3077-3082.
- Maldonado, S.; Singh, J. (2008). Efecto de gelificantes en la formulación de dulce de yacón. *Revista Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas* 28: 429-434.
- Mendoza, R.; Trujillo, Y.; Duran, D. (2007). Evaluación del almidón de ñame espino (*dioscorea rotundata*) como estabilizante en la elaboración de yogurt entero tipo batido. *Revista Bistua* 5: 97-105.
- Meyer, D.; Bayarri, S.; Tárrega, A.; Costell, E. (2011). Inulin as texture modifier in dairy products. *Food Hydrocolloids* 25: 1881-1890.
- Moura, N.; Caetano, B.; Sivieri, K.; Urbano, L.; Cabello, C.; Rodrigues, M.; Barbisan, L. (2012). Protective effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) intake on experimental colon carcinogenesis. *Food and Chemical Toxicology* 50: 2902-2910.
- Olson, D.; Aryana J. (2008). An excessively high *Lactobacillus acidophilus* inoculation level in yogurt lowers product quality during storage. *LWT* 41: 911–918.

- Ozer, D.; Akin, S.; Ozer, D. (2005). Effect of inulin and lactulose on survival of *Lactobacillus acidophilus* LA-5 and *Bifidobacterium bifidum* BB-02 in acidophilus bifidus yogurt. *Food Science and Technology International* 11: 19–24.
- Parra, R. 2012. Review yogur en la salud humana. *Revista Lasallista de Investigación*. 9:160-175.
- Parra, R.; Martínez, G.; Espinosa, J. (2011). Comportamiento físico-químico de Stevia, Fructosa, dextrosa y lactosa como endulzantes a diferentes concentraciones durante el tiempo de incubación en la elaboración de yogur entero. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas* 9:15-20.
- Polanco, M. (2011). Caracterización morfológica y molecular de materiales de yacón (*smallanthus sonchifolius*) colectados en la eco región eje cafetero de Colombia. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Magister en Ciencias agrícolas con énfasis en Fitomejoramiento.
- Ramchandran, L.; Shah, P. (2010). Characterization of functional, biochemical and textural properties of symbiotic low-fat yogurts during refrigerated storage. *LWT - Food Science and Technology* 43: 819–827.
- Ruiz, J.; Ramírez, M. (2009). Elaboración de yogurt con probióticos (*Bifidobacterium* spp. y *Lactobacillus acidophilus*) e inulina. *Revista Facultad Agronomía (LUZ)* 26: 223-242.
- Salinas, J.; Peñarrieta, M.; Mollinedo, P.; Vila, J. (2011). Identificación de un fructuooligosacárido en la especie *smallanthus sonchifolia*. *Revista Boliviana de Química* 28 (2): 119-123.
- Shori, A.; Baba, A. (2012). Viability of lactic acid bacteria and sensory evaluation in *Cinnamomum verum* and *Allium sativum*-bio-yogurts made from camel and cow milk. *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences* 11:50-55.
- Sumiyanto, J.; Dayan, F.; Cerdeira, A.; Wang, Y.; Khan, I.; Moraes, R. (2012). *Scientia Horticulturae* 148:83–88.
- Simonovska, B.; Vovk, I.; Andresek, S.; Valentová, K.; Ulrichová, J. (2003). Investigation of phenolic acids in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) leaves and tubers. *Journal of Chromatography* 1016: 89–98.
- Valentová, K.; Stejskal, D.; Barket, J.; Dvoracková, S.; Kren, V.; Ulrichová, J.; Simánek, V. (2008). Maca (*Lepidium meyenii*) and yacon (*Smallanthus sonchifolius*) in combination with silymarin as food supplements: in vivo safety assessment. *Food and Chemical Toxicology* 46: 1006: 1013.
- Wei, Z.; Wang, J.; Jin, W. (2013). Evaluation of varieties of set yogurts and their physical properties using a voltammetric electronic tongue based on various potential waveforms. *Sensors and Actuators* 177: 684– 694.

AGRADECIMIENTOS

Dirección de Investigaciones (DIN) de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) y programa de Química de Alimentos (UPTC).