

Influencia de la Sustitución Parcial de Harina de Trigo con Harinas de Cladodios de Cactus (*Opuntia boldinghii* Britton & Rose) Integral e Hidrolizada Enzimáticamente como Fuente de Fibra en Postres Tipo Ponquecito

C. Padrón-Pereira¹, C. Aguirre-Oliveros², M. Moreno-Álvarez¹

¹Universidad Simón Rodríguez, Ingeniería de Alimentos, Laboratorio de Biomoléculas, Carretera Bejuma-Urama, Sector “Los Naranjos”, 2040, Canoabo, Municipio Bejuma, Estado Carabobo, Venezuela y ²Universidad de Carabobo, Facultad de Ciencias de la Salud. Escuela de Bioanálisis, Avenida Universidad, 2005, Bárbula, Municipio Naguanagua, Estado Carabobo, Venezuela
carlospadrón1@gmail.com, carmely2812@hotmail.com, morenoalvarez@cantv.net

Resumen

Se evaluó la influencia de la sustitución parcial de harina de trigo con harinas de cladodios de cactus (Opuntia boldinghii Britton & Rose) integral e hidrolizada enzimáticamente como fuente de fibra sobre características fisicoquímicas, sensoriales y variación del color de postres tipo ponquecitos. Se formularon 7 postres, 1 control 100% harina de trigo, 3 con sustitución parcial de harina de trigo por harina integral y 3 con sustitución por harina hidrolizada. Las sustituciones se realizaron en 10%, 15% y 20%. Se compararon las variables humedad, proteína, grasa, fibra cruda, cenizas, extracto libre de nitrógeno y energía metabolizable, determinándose diferencias significativas ($P < 0,05$). Hubo incrementos en los contenidos de fibra, cenizas, calcio y disminución de la energía metabolizable en los postres con harinas de cactus. Se evaluaron sensorialmente los atributos consistencia, color, olor y sabor con un panel no entrenado, percibiéndose diferencias en todos los atributos (Friedman al 95% de confianza). La preferencia fue por el postre control, seguido del harina integral 10%. Se implementó un sistema de visión computarizada para obtener imágenes de los postres y establecer diferencias de color. La muestra control fue mas clara, seguida de la harina integral 10%. A mayor porcentaje de sustitución, menos claras. Los postres con harina hidrolizada fueron más oscuros.

Palabras Claves: Color en alimentos, evaluación sensorial de postres, fuente de fibra, harina de cladodios de cactus, *Opuntia boldinghii*, ponquecito.

Abstract

The influence of partial substitution of wheat flour with whole and enzymatically hydrolyzed cactus (Opuntia boldinghii Britton & Rose) cladodes flours as fiber source on sensory, physiochemical characteristics and color variation of cupcake-type desserts was evaluated. 7 desserts were formulated, 1 control 100% wheat flour, 3 with partial substitution of wheat flour by whole flour and 3 with substitution by hydrolyzed flour. Substitutions in 10%, 15% and 20% were carried out. The variables humidity, protein, fat, ashes, raw fiber, nitrogen-free extract and metabolizable energy were compared, being determined significant differences ($P < 0.05$). There were increments in the fiber, ashes and calcium contents and energy metabolizable decreased in the desserts with cactus flours. The attributes consistency, color, odor and taste were sensory evaluated with a non-trained panel, being perceived differences in all the attributes (Friedman at 95% confidence). The preference was by the control dessert followed by the 10% whole flour. A computer vision system to obtain images of the desserts and to establish color differences, was implemented. The control sample was more clear, followed by the 10% whole flour. To greater percentage of substitution, less clear. The desserts with hydrolyzed flour were darker.

Keywords: Cactus cladodes flour, cupcake, desserts sensory evaluation, fiber source, food colors, *Opuntia boldinghii*.

1. Introducción

El bajo consumo de fibra en la dieta ha sido asociado con una amplia variedad de enfermedades, tales como, constipación, cáncer de colon y diabetes,

entre otras [1]. Una amplia variedad de fuentes de fibra han sido utilizadas en alimentos para proveer más fibra, mejorar la textura, el color, el aroma y lograr una reducción de la energía en el producto final [2]. Celulosa, afrechos de trigo y maíz [3], y

Recibido: Junio, 2009

Aceptado: Agosto, 2009

epicarpios de papa [4] han sido utilizados como sustitutos de la harina de trigo en la elaboración de productos de panadería. Ghaddar *et al.* [5] formularon varias tortas de banana sustituyendo la harina de trigo (todo propósito) y leche de uso convencional por harina integral de trigo y harina y leche de soya, siendo los postres preparados con estos últimos ingredientes los de mejor aceptación en todos los atributos evaluados por parte de un grupo de panelistas.

En Venezuela, los cactus tienen poca utilidad comercial, presentan gran potencial alimentario y sus requerimientos agrícolas son escasos [6]. Convencionalmente, las harinas empleadas en la elaboración del pan son de trigo. En este país el pan de trigo es altamente consumido como parte de la dieta y el trigo debe ser importado para satisfacer los requerimientos internos porque el cultivo es insuficiente, lo que afecta a la economía y la seguridad alimentaria [7].

La harina de cladodios de cactus es fuente importante de fibra y calcio [8, 9, 10] y recientemente tiene aplicaciones en la preparación de sopas de verduras, galletas, pastas, cremas y postres tipo flan o bien en la de fibras dietéticas peletizadas. Esta última aplicación resulta importante, en virtud de que el consumo de fibras de tipo soluble, representa una mejoría significativa de los procesos digestivos con problemas de estreñimiento y los cactus son fuente importante de este tipo de fibras [10]. En la formulación de postres tipo flanes, Sáenz *et al.* [11] determinó que la utilización de cantidades de harina de cactus mayores de 16% afectan desfavorablemente la textura.

En ponquecitos, estudios se han centrado en el uso de polvos de cáscara de naranja para mejorar el aroma y el sabor [12], en la reducción de calorías empleando edulcorantes [13, 14] y no se han realizado estudios sustituyendo de manera parcial la harina de trigo por harina de cactus en este tipo de postres, destacando que en Venezuela no existe una educación alimentaria orientada al consumo de dietas con contenidos de harinas de cactus y se persigue el aprovechamiento de este recurso alimentario disponible en la región y de escaso valor comercial.

En otro sentido, el efecto de la adición de enzimas hemicelulasa, pentosanasa, amilasa, lipasa, glucoxidasa, xilanasa y celulasa sobre las propiedades químicas, físicas y sensoriales de productos de panadería ha sido estudiado ampliamente [2].

Las harinas de cactus al ser hidrolizadas enzimáticamente presentan modificaciones en sus propiedades funcionales, tales como, la disminución de la capacidad de absorción de agua y aceite, baja capacidad de intercambio de cationes y mayor solubilidad en agua, lo que hace conveniente su utilización en la formulación de mezclas compuestas

de harinas para postres y otros productos de panadería [9, 15].

El propósito de este estudio fue reemplazar harina de trigo en la formulación de ponquecitos con harina integral de cladodios de cactus (*Opuntia boldinghii* Britton & Rose) y harina de cladodios hidrolizada enzimáticamente con enzimas fibrolíticas en porcentajes de 10%, 15% y 20% para evaluar propiedades fisicoquímicas, sensoriales y variaciones de color.

2. Materiales y Métodos

2.1. Materias primas

Las harinas de cladodios de cactus empleadas en la formulación de los ponquecitos corresponden a las obtenidas en una investigación realizada con antelación por Padrón-Pereira *et al.* [9] y cuya composición química se presenta en la Tabla 1.

La harina de trigo fue adquirida en un establecimiento comercial y algunos datos de su composición bromatológica fueron determinados mediante normativa de la AOAC [16] (Tabla 1).

La obtención de las harinas de cladodios se llevó a cabo, brevemente, de la siguiente manera: los cladodios se cortaron de las ramificaciones de las plantas de 1 a 2 m de altura empezando a partir del más apical en un mismo lugar y en horas de la tarde, se lavaron, secaron y almacenaron en una cava de poliestireno. Se cortaron en piezas de 1 x 1 cm y se secaron en estufa marca FELISA a 78 °C ± 5 °C. La molienda se realizó en molino mecánico marca VICTORIA y para la obtención de la harina integral de cladodios (Hi), el producto de la molienda se tamizó a través de malla N° 18 de 1 mm de apertura en un tamizador marca WS TYLER, modelo RX-182. Para la obtención de la harina de cladodios hidrolizada enzimáticamente (HH), la harina integral en condiciones fijas de temperatura 50 °C ± 1 °C; pH 5,5 ± 0,1; agitación continua 150 rpm y condiciones previamente establecidas de concentraciones óptimas de enzimas, sustrato y mejor tiempo de hidrólisis, se sometió a la acción enzimática de Pectinex® Ultra SP-L en combinación con Cellubrix® L en una relación 1:1 en un beaker de 600 mL. Luego de la hidrólisis se desactivaron las enzimas colocando el beaker sobre

Tabla 1. Composición química de harinas de cladodios de cactus (*Opuntia boldinghii* Britton & Rose) antes y después de un tratamiento enzimático con enzimas fibrolíticas y de harina de trigo.

Determinación (g/100gMS)	Parámetros		
	Hi	HH	HT
Proteína (N x 6,25)	9,50	9,71	10
Extracto etéreo	0,95	0,49	1,2
Fibra cruda	9,33	8,82	0,3
Celulosa	9,49	8,46	ND
Hemicelulosa	7,26	6,75	ND
Lignina	5,32	5,30	ND
Pectina	0,39	0,19	ND
Azúcares reductores	0,57	7,53	ND
Cenizas	20,34	23,25	0,6
Calcio (mg/100gMS)	5,52	5,84	ND

Valores promedios (n=3 muestras).

Hi: harina integral de cladodios. HH: harina de cladodios hidrolizada enzimáticamente. HT: harina de trigo MS: masa seca. ND: no determinado.

una plancha de calentamiento previamente calentada a 85 °C durante 20 min. La mezcla hidrolizada se mantuvo en el beaker disminuyendo la temperatura a 80 °C y con agitación continua durante 3 a 4 h hasta obtener un líquido concentrado (una reducción del volumen de 150 a 200 mL) el cual fue esparcido sobre una bandeja de acero inoxidable y sometido a secado en estufa hasta la sequedad a 80 °C. El producto hidrolizado fue molido y tamizado del mismo modo que la Hi y ambas harinas se empacaron en bolsas de polietileno y se almacenaron en la oscuridad y a temperatura ambiente.

2.2. Formulación de los postres

Se formularon siete postres, un control 100% harina de trigo leudante, tres con sustitución parcial de harina de trigo por harina integral de cladodios y tres donde la harina de trigo fue parcialmente sustituida por harina de cladodios hidrolizada enzimáticamente. La sustitución de la harina de trigo por las harinas de cladodios (integral e hidrolizada) se realizó en cantidades porcentuales de 10%, 15% y 20%. Los ingredientes de la formulación se presentan en la Tabla 2.

2.3. Elaboración de los postres tipo ponquecitos

Se precalentó un horno a 350 °C. En una bandeja de acero inoxidable con moldes para ponquecitos con capacidad de 12 unidades de 6,3 cm de diámetro

y 3,8 cm de profundidad cada uno, aproximadamente, se colocaron los capacillos (paper liners). En un bol de mezcla se combinó el azúcar refinada con la margarina y se batió hasta obtener una crema homogénea (técnica de cremado), luego se agregaron los huevos uno a uno y se siguió batiendo hasta unificar la mezcla; por último se agregó la harina de trigo leudante con harina de cladodios (o solo trigo para el postre control), la leche completa, la esencia de vainilla, el bicarbonato de sodio y se mezcló de forma envolvente hasta homogeneizar. La mezcla obtenida se distribuyó en cada uno de los capacillos hasta 1/2 a 2/3 de su capacidad. Se horneó durante 20 a 25 minutos. Se dejaron enfriar 5 minutos en el molde y luego se removieron y almacenaron en cajas para tortas.

2.4. Caracterización fisicoquímica de los ponquecitos

Tres muestras representativas de los ponquecitos fueron procesadas para evaluar mediante procedimientos establecidos por las normas AOAC [16], humedad (N° 925.09), proteína (Kjeldahl N x 6,25) (N° 979.09), grasa (N° 920.39), fibra cruda (N° 962.09) y cenizas (N° 923.03). En la determinación de calcio (N° 975.03) mediante la normativa de la AOAC [3] se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica marca PERKIN-ELMER, modelo AANALYST 200 (Massachusetts, USA). El contenido del extracto libre de nitrógeno (ELN) fue calculado por diferencia, empleando la ecuación $100 - (\% \text{ humedad} + \% \text{ proteína} + \% \text{ grasa} + \% \text{ fibra cruda} + \% \text{ cenizas})$ y la energía metabolizable fue determinada utilizando el método de Livesey [18], para lo cual se multiplicó el porcentaje de carbohidratos en el ELN y proteínas por 4 Kcal y el porcentaje de grasa por 9 Kcal. Los análisis se realizaron por triplicado.

2.5. Evaluación sensorial

Para la evaluación sensorial de los ponquecitos se empleó un panel no entrenado de 30 consumidores utilizando la escala hedónica de la Tabla 3 para determinar mediante prueba de catación, el efecto de la incorporación de harinas de cladodios integral e hidrolizada enzimáticamente en los atributos consistencia, color, olor y sabor al compararse con un postre sin harinas de cladodios (control).

Para la evaluación de los 3 postres con Hi y el control, estos se colocaron alineados sobre un mesón, el cual fue previamente rotulado con códigos (cada código correspondió a una formulación). A cada panelista se le entregó un formato un cuadro de

Tabla 2. Ingredientes y cantidades utilizadas en la formulación de los postres tipo ponquecitos.

Ingredientes	Control	Hi			HH		
		10%	15%	20%	10%	15%	20%
Harina de cladodios (g)	0	90	135	180	90	135	180
Harina de trigo leudante (g)	900	810	765	720	810	765	720
Azúcar refinada (g)				800			
Margarina (g)				300			
Leche completa (mL)				750			
Esencia de vainilla (mL)				15			
Huevos grandes (Unidades)				6			
Bicarbonato de sodio (g)				5			

Hi: harina integral de cladodios. HH: harina de cladodios hidrolizada enzimáticamente.

4 filas (códigos) por 4 columnas (atributos) que incluía además la escala hedónica. Se dio una breve explicación sobre como realizar la prueba. Previo a cada evaluación se dio a degustar galleta de soda y luego agua fresca filtrada. Las condiciones ambientales de la sala fueron temperatura de 22 °C e iluminación blanca fluorescente. Los postres con HH se evaluaron luego de la prueba anterior y se empleó el mismo procedimiento.

Tabla 3. Escala hedónica.

Valor	Escala
1	Me desagrada muchísimo
2	Me desagrada mucho
3	Me desagrada moderadamente
4	Me desagrada un poco
5	Me es indiferente
6	Me gusta un poco
7	Me gusta moderadamente
8	Me gusta mucho
9	Me gusta muchísimo

2.5. Estudio de color

Un sistema de visión computarizada fue utilizado por Abdullah *et al.* [19] para examinar el color de muffins, separando muestras oscuras de las claras. Para este estudio se empleó el procedimiento usando sistema de visión computarizada y herramientas de diseño gráfico de Padrón-Pereira [20] que se describe brevemente a continuación: bajo un escenario de iluminación empleando como fuente de luz una lámpara fluorescente de vidrio prensado con reflector parabólico de aluminio de 38 octavos de pulgada de

diámetro máximo (PAR38), marca General Electric, 120V, 60Hz, 20w, con una temperatura de color $T_c = 6500$ °K (simulador de la luz del día D_{65}). En condiciones de geometría de las direcciones de iluminación/observación 45°/0°, distancia del ángulo de iluminación 15 cm, distancia del ángulo de observación de 35 cm. Con una cámara CCD, marca Hewlett-Packard, modelo M22 ajustada en modo de fotografía automático, flash apagado, equilibrio de blanco fluorescente, a 0,5 megapíxeles, iluminación adaptable alta y compensación EV = 0,0; se capturaron imágenes de los ponquecitos por triplicado y se descargaron en un computador con procesador Intel® Pentium® 4 de 3,06 GHz; tarjeta gráfica Intel® 82865G Graphics Controller, monitor CRT Samsung de 17 pulgadas calibrado; donde fueron preprocesadas, segmentadas (en zona paraxial de 239x120 píxeles) y promediadas en coordenadas CIE-L*a*b*, empleando el software Adobe® Photoshop® CS3 Extended (Adobe Systems Incorporated, San José, California, USA) con el propósito de establecer diferencias de color entre los postres, considerando como regiones de discriminación las burbujas de aire (que producen sombras).

2.7. Análisis estadísticos

En la caracterización fisicoquímica de los diversos ponquecitos elaborados, a cada componente se le aplicó un análisis de varianza de una sola vía ($n=3$ muestras) y prueba de comparación de medias (Tukey, $P<0,05$). Para la evaluación sensorial de los postres se aplicó el análisis de varianza de dos vías no paramétrico de Friedman al 95% de confianza. En la determinación del color final de las muestras de ponquecitos se calcularon las medias muestrales de las coordenadas CIE-L*a*b* y no se aplicó otro análisis estadístico porque el lector puede apreciar las diferencias visualmente en la Figura de resultados. Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo en el

software Statistix versión 1.0. (Analytical Software, Tallahassee, Florida, USA).

3. Resultados y Discusión

3.1. Caracterización fisicoquímica de los ponquecitos

En la Tabla 4 se presentan los resultados de los análisis de composición fisicoquímica de los postres. En todos los componentes evaluados se determinaron diferencias significativas ($P < 0,05$). Los contenidos de humedad oscilaron entre $15,40 \pm 0,01$ y $20,90 \pm 0,25$ g/100gMF. El contenido proteico de todos los postres fue ligeramente menor al del control, siendo el del postre HH20 el que presentó el valor más cercano ($8,26 \pm 0,01$ g/100gMF). Existe una clara tendencia de aumentos del contenido proteico en relación a la mayor proporción incorporada de harinas de cladodios. Estas variaciones son consecuencia de que en general las harinas de trigo empleadas en la panificación, pastificio, pastelería y de uso doméstico presentan contenidos de proteínas que oscilan entre 10 y 11% [21] los cuales son similares a los de las harinas de cladodios jóvenes, integral (9,50 g/100gMS) e hidrolizada con enzimas (9,71 g/100gMS) utilizadas en esta investigación. Benítez *et al.* [22], elaboraron una galleta sustituyendo totalmente harina de trigo con contenido proteico de 11,97 g/100gMS por harina de yuca de bajo contenido de proteína (2,00 g/100gMS), adicionando plasma bovino como fortificante del contenido proteico, logrando alcanzar valores de 5,22 g/100gMS de proteínas, que sin embargo, fueron menores al de una galleta comercial, elaborada para comparación, con harina de trigo (7,10 g/100gMS); en este sentido, hay que destacar que la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de cladodios (integral o hidrolizada) en cantidades de 10 a 20% en la elaboración de ponquecitos, mantuvo en cierta medida el contenido de proteínas.

El mayor contenido de grasa lo presentó la muestra Hi20 ($16,37 \pm 0,04$ g/100gMF). La Hi utilizada en la formulación presenta un contenido de extracto etéreo mayor (0,95 g/100gMS) al de la HH (0,49 g/100gMS), razón por la cual los valores de grasa en los postres elaborados con Hi fueron mayores y se incrementan en la medida en que aumenta el porcentaje de sustitución. Otra razón es que la HH posee menor capacidad de absorción de grasa que la Hi, producto de la hidrólisis enzimática a que fue sometida, que modificó esta propiedad funcional [9]. Hi15 y HH20 presentaron contenidos grasos más cercanos a la muestra control.

En relación al contenido de fibra cruda, todas las muestras presentaron mayores valores de fibra cruda en comparación a la muestra control. Los postres elaborados con la HH presentaron menores valores en comparación con los ponquecitos donde se utilizó la Hi; esto se debió a que la harina de cladodios

empleada en estos postres fue previamente tratada con enzimas pectinasas, hemicelulasas y celulasas que degradaron ciertos constituyentes fibrosos a formas más simples de hidratos de carbono reflejados en la fracción del ELN [9]. Desde un punto de vista nutricional, los postres elaborados con la HH poseen mayor contenido de azúcares digeribles (producto de la hidrólisis enzimática) y los formulados con Hi mayor contenido de fibra. Todos los postres formulados con harinas de cactus por el incremento en contenido de fibra, ofrecen beneficios nutricionales y en la relación existente entre la fibra y la salud.

Los valores de cenizas se incrementaron con respecto al control al aumentar el porcentaje de adición de las harinas de cladodios alcanzándose contenidos de $8,92 \pm 0,48$ g/100gMF en Hi20 y $11,68 \pm 1,80$ g/100gMF en HH20. Los cladodios de cactus se caracterizan por poseer altos contenidos de cenizas. Sáenz *et al.* [10] describe valores de cenizas de 14,40 a 21,00 g/100gMS (determinando que la composición varía con la edad). En el caso de la especie *O. boldinghii*, ha sido determinado por Moreno-Álvarez *et al.* [8], un valor de 26,00 g/100gMS que es inferior al de la Hi (20,34 g/100gMS) y HH (23,25 g/100gMS) utilizadas en este investigación. En este mismo sentido, en comparación con la muestra control, los contenidos de calcio fueron mayores, incrementándose en la medida en que aumentó el contenido de harinas de cladodios en las formulaciones. Por su alto contenido en cenizas y en especial el calcio, los postres elaborados revisten interés por la importancia de los minerales en la dieta.

En relación a los valores de energía metabolizable aportados por todos los postres a los que se les adicionó harina de cactus, fueron menores al valor del ponquecito control.

Al comparar los resultados obtenidos de los ponquecitos con los publicados por otros autores; Sudha *et al.* [23] en la elaboración de postres tipo torta sustituyendo harina de trigo por bagazo de manzana como fuente de fibra, obtuvieron contenidos de proteínas que oscilaron entre 8,50% (0% de sustitución) y 8,46% (25% de sustitución), similares a los de esta investigación y en relación al contenido de grasa determinaron valores de 19,30% (0% de sustitución) y 20,50%. (25% de sustitución), menores a los obtenidos; esto se atribuye a que en la formulación, aunque similar a la de este trabajo, los autores emplearon como ingrediente 40 g de aceite vegetal refinado por 100 g de mezcla de harinas. La base de nutrientes de la USDA [24] indica para ponquecitos

Tabla 4. Composición fisicoquímica de los postres tipo ponquecitos.

Características (g/100gMF)	Muestras						
	Control	Hi10	Hi15	Hi20	HH10	HH15	HH20
Humedad	18,20±0,06 ^d	19,20±0,15 ^c	20,90±0,25 ^a	15,40±0,01 ^e	20,00±0,50 ^b	20,00±0,06 ^b	20,40±0,40 ^{ab}
Proteína	8,35±0,08 ^a	7,46±0,01 ^d	7,56±0,07 ^{cd}	8,10±0,08 ^b	7,76±0,01 ^c	8,13±0,14 ^b	8,26±0,01 ^{ab}
Grasa	14,70±0,17 ^b	13,05±0,05 ^d	13,81±0,16 ^c	16,37±0,04 ^a	10,89±0,02 ^e	12,99±0,21 ^d	11,38±0,01 ^b
Fibra cruda	0,32±0,02 ^e	0,65±0,03 ^b	0,73±0,06 ^{ab}	0,81±0,03 ^a	0,36±0,02 ^{de}	0,43±0,02 ^{cd}	0,47±0,07 ^c
ELN	54,95±0,03 ^{ab}	55,95±0,17 ^a	52,26±1,71 ^c	50,40±0,5 ^c	57,32±0,61 ^a	52,52±0,67 ^{bc}	44,81±1,48 ^d
Cenizas	3,52±0,05 ^b	3,73±0,39 ^b	4,78±1,60 ^b	8,92±0,48 ^a	3,68±1,15 ^b	5,97±0,25 ^b	11,68±1,80 ^a
Calcio	0,18±0,01 ^d	0,43±0,02 ^c	0,50±0,02 ^b	0,64±0,02 ^a	0,43±0,04 ^c	0,54±0,03 ^b	0,63±0,01 ^a
Energía metabolizable (Kcal/100gMF)	385,47±1,31 ^a	371,07±1,07 ^{bc}	363,59±7,94 ^{cd}	381,31±2,02 ^{ab}	358,29±2,58 ^d	359,48±0,29 ^d	341,70±5,83 ^e

Valores promedios ± la desviación estándar (n=3 muestras).

MF: masa fresca (recién horneada). ELN: extracto libre de nitrógeno. Hi: harina integral de cladodios. HH: harina de cladodios hidrolizada enzimáticamente. Las cantidades 10, 15 y 20 corresponden a los porcentajes de sustitución de harina de trigo por harinas de cladodios (integral o hidrolizada).

Letras diferentes en superíndices de una misma fila indican diferencias significativas (P<0,05).

(cupcakes) contenidos de proteínas (4,30%), grasa (3,70%), cenizas (2,00%), calcio (0,036%) y energía (305 Kcal), menores a los obtenidos, debido a que los datos que aporta son referidos a un producto bajo en calorías.

Cabe destacar que al compararse la composición de las harinas de cladodios con la harina de trigo, se observó que la fibra y las cenizas se encuentran presentes en mayor proporción en las harinas de cladodios que en la de trigo. La sustitución parcial de la harina de trigo, reviste interés en la formulación de productos destinados a las personas que no toleran el gluten de trigo (enfermos celíacos) [25].

3.2. Evaluación sensorial

En la Tabla 5 se presentan los valores promedios obtenidos de la escala hedónica. Entre todos los ponquecitos hubo diferencias significativas (P<0,05) en relación a los atributos evaluados (Tabla 6). La mayor preferencia fue por el control, considerando los panelistas para todos los atributos, que les gustó moderadamente, y seguidamente la preferencia fue por la consistencia, color, olor y sabor de Hi10 que les pareció indiferente. En relación a los demás postres formulados, la tendencia fue hacia el desagrado en todos los atributos, siendo mayor en la medida en que aumenta la sustitución de harina de trigo por las harinas de cactus.

A este respecto, hay que señalar que el desagrado es consecuencia, por una parte, de que en Venezuela no existe una tradición en el consumo de postres con harina de cactus pudiendo tener mayor aceptación en México, ya que los cladodios de cactus forman parte

de la dieta habitual de sus habitantes, siendo utilizados como ingredientes en cremas, sopas, ensaladas, guisos, salsas, bebidas y postres [26]; y por otra parte las harinas de cactus tienen aroma y sabor herbáceo que pudo no ser agradable a los panelistas. En este sentido la elección de un buen aromatizante y saborizante es de especial importancia. El empleo en ponquecitos de cacao para dar sentido a un postre de chocolate, avena con miras a un postre más integral (cultura ligh) y canela pueden conferir propiedades

Tabla 5. Valores de ranqueo en la evaluación sensorial de los ponquecitos.

Muestras	Atributos (Valor promedio)			
	Consistencia	Color	Olor	Sabor
Control	6,52	6,88	6,35	6,77
Hi10	5,05	4,55	4,70	4,73
Hi15	3,35	4,05	3,83	3,32
Hi20	2,55	3,48	3,77	3,18
HH10	4,22	3,40	3,05	4,15
HH15	3,48	2,93	3,08	3,17
HH20	2,83	2,70	3,22	2,68

Hi: harina integral de cladodios. HH: harina de cladodios hidrolizada enzimáticamente. Las cantidades 10, 15 y 20 corresponden a los porcentajes de sustitución de harina de trigo por harinas de cladodios (integral o hidrolizada).

Tabla 6. Resultados de la prueba de Friedman en la evaluación sensorial.

Atributos	F	P
Consistencia	33,658	0,0001
Color	42,824	0,0001
Olor	32,861	0,0001
Sabor	38,794	0,0001

F: Estadístico de Friedman.

P: Valor de probabilidad usando la aproximación de Chi-cuadrado.

especiales que permitan la sustitución de harina de trigo por harina de cactus en cantidades mayores de 10%.

En otro sentido, al comparar estadísticamente correlacionando las 3 formulaciones de Hi con las 3 de HH, excluyendo el postre control, no se evidenciaron diferencias en relación a la consistencia. Los panelistas expresaron similares opiniones. La HH empleada en esta investigación presenta menor capacidad de absorción de agua, aceite y mayor solubilidad en agua en relación a la Hi, producto de la hidrólisis enzimática [9], no obstante, el efecto de la hidrólisis en las propiedades funcionales no se hizo evidente sensorialmente, probablemente a que los ponquecitos son de textura blanda.

3.3. Estudio de color

En la Figura 1 se presentan las imágenes y coordenadas CIE-L*a*b* obtenidas de los ponquecitos elaborados. Los parámetros de color L*, a* y b* en una muestra de alimento, designan: L*, la luminosidad; a*, el color rojo (valores positivos) o verde (valores negativos) y b*, el color amarillo (valores positivos) o azul (valores negativos) [27]. En relación a la luminosidad, la muestra control fue más clara, seguida de Hi10. En la medida en que se incrementan los porcentajes de sustitución de harina de trigo por harina de cactus (integral o hidrolizada) las muestras fueron más oscuras (menor valor de L*); estos resultados se corresponden con la evaluación del color por parte de los panelistas, en el sentido de que a mayor contenido de harina menor la preferencia. Así mismo, al establecer comparaciones entre los postres con Hi y HH correlacionando los porcentajes de sustitución, se evidenció que los elaborados con HH fueron más oscuros, debido a que la HH empleada en la formulación fue sometida a un tratamiento térmico adicional para su obtención [9]. Hi20 y HH10 presentaron igual color.

Muestra	Zona paraxial	Coordenadas		
		L*	a*	b*
Control		76	6	46
Hi10		56	8	48
Hi15		49	7	38
Hi20		41	12	39
HH10		42	12	40
HH15		40	11	34
HH20		36	9	32

Valores promedios (n=3 muestras).

Hi: harina integral de cladodios. HH: harina de cladodios hidrolizada enzimáticamente. Las cantidades 10, 15 y 20 corresponden a los porcentajes de sustitución de harina de trigo por harinas de cladodios (integral o hidrolizada).

Figura 1. Imágenes en la zona paraxial y coordenadas CIE-L*a*b* de los postres tipo ponquecitos.

4. Conclusiones

- La sustitución parcial de harina de trigo por harina de cladodios de cactus (integral o hidrolizada) en cantidades de 10 a 20%, mantuvo en cierta medida el contenido de proteínas.
- Los valores de grasa en los postres con harina integral de cactus fueron mayores.
- Todos los postres formulados con harinas de cactus (integral o hidrolizada) presentaron mayor contenido de fibra, cenizas, calcio y menor valor de energía metabolizable.
- La mayor preferencia fue por el postre control (sin harinas de cactus) seguido del postre con 10% harina integral, en todos los atributos evaluados. Los demás postres la tendencia fue hacia el desagrado siendo mayor al aumentar el porcentaje de sustitución.
- El efecto de la hidrólisis enzimática en las propiedades funcionales capacidad de absorción de agua y aceite y solubilidad en agua de los ponquecitos no se hizo evidente sensorialmente.
- El postre control fue mas claro, seguido del postre con 10% harina integral.
- En la medida en que se incrementaron los porcentajes de sustitución por harina de cactus (integral o hidrolizada) las muestras fueron más oscuras.

- Los postres elaborados con harina hidrolizada fueron más oscuros.
- Los postres 20% harina integral y 10% harina hidrolizada presentaron igual color.
- Los postres elaborados con sustitución parcial de harina de trigo con harina de cladodios de cactus son un nuevo producto alimenticio que provee fuente importante de fibra y calcio y su consumo permitiría la explotación de un recurso subutilizado y de escaso valor comercial en Venezuela y algunos otros países.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico (CDCHT) de la Universidad Simón Rodríguez por el financiamiento del Proyecto de Investigación UNESR-FONACIT Pem 2001002271.

6. Referencias

- [1] Sáenz, C., "Cladodes: a source of dietary fiber," *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 2, 1997, pp. 117-123.
- [2] Bilgiçli, N., İbanoğlu, Ş., and Nur Herken, E., "Effect of dietary fibre addition on the selected nutritional properties of cookies," *Journal of Food Engineering* 78, 2007, pp. 86-89.
- [3] Pomeranz, Y., Shogren, M. D., Finney, K. F., and Bechtel, D. B., "Fibre in bread making-effects on functional properties," *Cereal Chemistry* 54, 1977, pp. 25-41.
- [4] Toma, R. B., Orr, P. H., D'Appolonia, B., Dintzis, F. R., and Tabekhia, M. M., "Physical and chemical properties of potato peel as a source of dietary fibre in bread," *Journal of Food Science* 44, 1979, pp. 1403-1407.
- [5] Ghaddar, S., Sim, J., and Josef, S., "The effects on the appearance, texture, and flavor of banana cake made with all-purpose flour, soy flour and whole wheat flour," *Journal of the American Dietetic Association* 97, no. 9, 1997, pp. A83.
- [6] García-Pantaleón, D. M., Flores-Ortiz, M., Moreno-Álvarez, M. J., Belén-Camacho, D. R., Medina-Martínez, C. A., Ojeda-Escalona, C. E. and Padrón-Pereira, C. A., "Chemical, biochemical, and fatty acids composition of seeds of *Opuntia boldinghii* Britton et Rose," *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 11, 2009, pp. 45-52.
- [7] Moreno-Álvarez, M. J., Hernández, R., Belén-Camacho, D. R., Medina-Martínez, C. A., Ojeda-Escalona, C. E. and García-Pantaleón, D. M., "Making of bakery products using composite flours: Wheat and cactus pear (*Opuntia boldinghii* Britton et Rose) stems (cladodes)," *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 11, 2009, pp. 78-87.
- [8] Moreno-Álvarez, M. J., García, D.M., Belén, D.R., Medina, C. A., Muñoz, N., Herrera, I., y Espinoza, C., "Evaluación bromatológica de frutos y cladodios de la tuna (*Opuntia boldinghii* Britton y Rose). *Boletín Nakari* 17, 2006, pp. 9-12.
- [9] Padron-Pereira, C. A., Moreno-Alvarez, M. J., Medina-Martinez, C. A., and Garcia-Pantaleon, D. M., "Obtention of enzymatically hydrolyzed product from cactus (*Opuntia boldinghii* Britton and Rose) cladodes whole flour," *Pakistan Journal of Nutrition* 8, no. 4, 2009, pp. 459-468.
- [10] Sáenz, C., Berger, H., Corrales, J., Galletti, L., García, V., Higuera, I., Mondragón, C., Rodríguez-Félix, A., Sepúlveda, E., y Varnero, M., *Utilización agroindustrial del nopal*, Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO, N° 162, 2006.
- [11] Sáenz, C., Sepúlveda, E., Pak, N., y Vallejos, X., "Uso de fibra dietética de nopal en la formulación de un polvo para flan," *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 52, no. 4, 2002, pp. 387-392.
- [12] Benjamin, A. C., Akingbala, J. O., and Baccus-Taylor, G. S. H., "Effect of drying and storage on flavour quality of orange (*Citrus cinensis* (Linn) Osbeck) peel for cupcakes," *Journal of Food, Agriculture & Environment* 5, no. 2, 2007, pp. 78-82.
- [13] Johnson, H. A., Swanson, R. B., and Savage, E. M., "Descriptive sensory analysis of yellow cupcakes prepared with nutritive and high intensity sweeteners," (abstract), *Journal of the American Dietetic Association* 105, no. 8, 2005, pp. 48.
- [14] Pong, L., Johnson, J. M., Barbeau, W. E., and Stewart, D. L., "Evaluation of Alternative Fat and Sweetener Systems in Cupcakes," *Cereal Chemistry* 68, no. 5, 1991, pp. 552-555.
- [15] Padrón-Pereira, C. A., Moreno-Álvarez, M. J., Montes-Hernández, A. I., and Oropeza-González, R. A., "Obtention of enzymatically hydrolyzed flour from epiphytes cactus phyllocladia (*Epiphyllum hookeri* (Link and Otto) Kimn.)," *African Journal of Food Science* 3, no. 9, 2009, pp. 262-269.
- [16] AOAC. Association of Official Analytical Chemists, *Official Methods of Analysis*, 15th ed., Washington, DC, USA, 1990.
- [17] AOAC. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis*, 17th ed., Gaithersburg, MD, USA, 2000.
- [18] Livesey, G., "Metabolizable energy of macronutrients," *American Journal of Clinical Nutrition* 62, 1995, pp. 1135-1142.
- [19] Abdullah, M. Z., Aziz, S. A., and Mohamed, A. M. D., "Quality inspection of bakery products

- using a color-based machine vision system,” *Journal of Food Quality* 23, no. 1, 2000, pp. 39-50.
- [20] Padrón-Pereira, C. A., “Procedimiento usando sistema de visión computarizada y herramientas de diseño gráfico para la obtención de imágenes de muestras de alimentos segmentadas y promediadas en coordenadas CIE-L*a*b*,” *Revista Agronomía Costarricense* 33, no. 2, 2009, En Prensa.
- [21] COVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales, *Harina de trigo*, Norma 217, 4^{ta} Revisión, Caracas, Venezuela, 2001.
- [22] Benítez, B., Archile, A., Rangel, L., Ferrer, K., Barboza, Y., y Márquez, E., “Composición proximal, evaluación microbiológica y sensorial de una galleta formulada a base de harina de yuca y plasma de bovino,” *Interciencia* 33, no. 1, 2008, pp. 61-65.
- [23] Sudha, M.L., Baskaran, V., and Leelavathi, K., “Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making,” *Food Chemistry* 104, 2007, pp. 686-692.
- [24] USDA (2008). United States Department of Agriculture. National Nutrient Database for Standard Reference. Cake, snack cakes, cupcakes, chocolate, with frosting, low-fat, NDB N°: 18452. Available at http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl
- [25] Sangronis, E., Teixeira, P., Otero, M., Guerra, M., e Hidalgo, G., “Manaca, batata y ñame: Posibles sustitutos del trigo en alimentos para dos etnias del Amazonas venezolano,” *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 56, no. 1, 2006, pp. 77-82.
- [26] Viguera, A. L., y Portillo, M. L., *Recetario de Cocina, Cactáceas y Suculentas*, Nakari, Sociedad Jalisciense de Cactología, A.C., Guadalajara, Jalisco, México, 1995.
- [27] Hutchings, J. B., *Food colour and appearance*, London, Great Britain: Blackie Academic & Professional from Chapman & Hall, 1994.