

Evaluación de las propiedades físicas y texturales del buñuelo*

Margarita María Morales Moreno**, Eduardo Rodríguez Sandoval***, José Uriel Sepúlveda Valencia****

Resumen

Introducción. El buñuelo es un alimento típico frito de gran consumo en Colombia que se elabora principalmente con almidón agrio (fermentado) de yuca, fécula de maíz, queso, agua o leche. **Objetivo.** Evaluar las propiedades físicas y texturales del buñuelo utilizando dos tipos de queso: queso costeño y queso blanco. **Materiales y métodos.** Se evaluaron las propiedades fisicoquímicas del queso y del almidón fermentado de yuca, materias primas principales del producto. Dos formulaciones de buñuelo fueron evaluadas mediante pruebas físicas (diámetro, densidad y peso) y texturales (firmeza, fractura y análisis de perfil de textura). Además, se aplicó una prueba triangular a las muestras para determinar si existía diferencia sensorial perceptible en cuanto al sabor global. **Resultados.** En cuanto a las propiedades físicas, el buñuelo elaborado con queso blanco obtuvo mayor densidad y actividad de agua, mientras el buñuelo elaborado con queso costeño presentó mayor volumen. En cuanto a las propiedades texturales, la firmeza fue superior para el buñuelo elaborado con queso blanco. En el análisis de perfil de textura, el buñuelo elaborado con queso blanco mostró mayor dureza, mientras que el buñuelo elaborado con queso costeño exhibió una mayor elasticidad. Los resultados del análisis sensorial indicaron que el queso costeño imparte un sabor característico al producto. **Conclusión.** El tipo de queso utilizado en la elaboración de buñuelo afecta sus propiedades físicas y texturales. El queso

costeño le confirió los mejores atributos físicos y texturales al buñuelo y un sabor característico propio de este producto.

Palabras clave: buñuelo, textura, propiedades físicas, queso.

Evaluation of the physical and textural properties of buñuelo

Abstract

Introduction. Buñuelos are a kind of fried food very popular in Colombia, and are made mainly with yuca sour starch (fermented), corn starch, cheese, water or milk. **Objective.** Evaluate the physical and textural of buñuelos, by the use of two types of cheese: the costeño cheese and the white cheese. **Materials and methods.** The physical-chemical characteristics of the cheese and of the fermented yucca starch were evaluated as raw materials of the product. Two formulas for buñuelos were evaluated with physical tests (diameter, density and weight) and textural tests (firmness, fracture and texture profile analysis). Besides, a triangular test was performed to the samples in order to find out if there was a perceptible sensorial difference regarding the original taste. **Results.** Concerning the physical characteristics, the buñuelos made with white cheese were more dense and active in water, while buñuelos made with costeño cheese had a bigger volume. Concerning the tex-

* Artículo derivado del proyecto de investigación "Evaluación de la adición de emulsificantes y componentes fisiológicamente activos en la elaboración de buñuelo", financiado por la Universidad Nacional de Colombia, Código: 301050802 y realizado entre el 18 febrero 2011 y el 20 de marzo de 2012.

** Ingeniera Agroindustrial. Candidata a magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín

*** Ingeniero Químico. Ph.D. Ingeniería de Alimentos. Docente asociado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín

**** Administrador de Empresas. M.Sc. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Docente asociado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín

tural properties, firmness was superior for buñuelos made with white cheese. In the texture profile analysis, buñuelos made with white cheese were harder, while the ones made with costeño cheese were more elastic. The results of the sensory analysis suggested that costeño cheese gives a characteristic taste to the product. **Conclusion.** The type of cheese used to elaborate buñuelos affects their physical and textural properties. Costeño cheese gave those buñuelos better physical and textural properties, plus a characteristic taste.

Key words: buñuelo, texture, physical properties, cheese.

Avaliação das propriedades físicas e texturas do buñuelo

Resumo

Introdução. O buñuelo é um alimento típico frito de grande consumo na Colômbia que se elabora principalmente com goma azeda (fermentado) de mandioca, fécula de milho, queijo, água ou leite. **Objetivo.** Avaliar as propriedades físicas e texturas do buñuelo utilizando dois tipos de queijo: queijo costeño e queijo branco. **Materiais e métodos.** Avaliaram-se as

propriedades físico-químicas do queijo e da goma fermentada de mandioca, matérias primas principais do produto. Duas formulações de buñuelo foram avaliadas mediante provas físicas (diâmetro, densidade e peso) e texturas (firmeza, fratura e análise de perfil de textura). Ademais, aplicou-se uma prova triangular às mostras para determinar se existia diferença sensorial perceptível quanto ao sabor global. **Resultados.** Quanto às propriedades físicas, o buñuelo elaborado com queijo branco obteve maior densidade e atividade de água, enquanto o buñuelo elaborado com queijo costeño apresentou maior volume. Quanto às propriedades de texturas, a firmeza foi superior para o buñuelo elaborado com queijo branco. Na análise de perfil de textura, o buñuelo elaborado com queijo branco mostrou maior dureza, enquanto o buñuelo elaborado com queijo costeño exibiu uma maior elasticidade. Os resultados da análise sensorial indicaram que o queijo costeño dá um sabor característico ao produto. **Conclusão.** O tipo de queijo utilizado na elaboração de buñuelo afeta suas propriedades físicas e texturas. O queijo costeño lhe conferiu os melhores atributos físicos e texturas ao buñuelo e um sabor característico próprio deste produto.

Palavras importantes: buñuelo, textura, propriedades físicas, queijo.

Introducción

El buñuelo, alimento típico y de gran consumo en Colombia, es un producto resultante de la mezcla de almidón agrio (fermentado) de yuca, fécula de maíz, queso, agua o leche; también puede contener otros ingredientes como huevos, azúcar y sal, con los cuales se desarrolla una masa y se forman esferas que se fríen por inmersión en aceite. El producto final tiene una corteza crujiente de color café dorado uniforme, una miga suave y esponjosa, y un olor y sabor característicos. Adicionalmente, es un producto libre de gluten que lo posiciona como alimento alternativo para personas con enfermedad celiaca¹. El buñuelo se comercializa en todo el país, ya sea en forma de pre-mezcla o masa congelada, lo que ha proporcionado una ampliación del mercado. Sin embargo, su producción no está estandarizada, ni existe una caracterización del mismo, por lo que es una necesidad tecnológica obtener información sobre este producto para mejorar su calidad.

El proceso de freído empleado en la fabricación de buñuelo es por inmersión, operación unita-

ria utilizada en la preparación de alimentos, especialmente para el desarrollo de pasabocas con un sabor y textura únicos². Este proceso implica transferencia de masa y calor simultánea que provoca cambios estructurales importantes en la superficie y el cuerpo del producto. Además, numerosos cambios físico-químicos complejos se producen durante la fritura, incluyendo la desnaturalización de proteínas, gelatinización del almidón, evaporación de agua y desarrollo de color³. La textura es uno de los atributos más importantes de los alimentos fritos. En muchos casos, un producto crujiente indica frescura, mientras que la falta de crujencia a menudo implica un almacenamiento prolongado. La textura, tanto interior como exterior, es un factor de aceptabilidad sensorial importante para la aprobación de algunos alimentos por parte del consumidor⁴.

No hay información sobre investigaciones relacionadas con la caracterización del buñuelo. Sin embargo, se han realizado estudios sobre la aplicación de procesos de fritura a diferentes productos amiláceos, elaborados a partir de

patatas, almidón de yuca, trigo, entre otros. El almidón y/o harina de yuca ha demostrado tener un grado elevado de expansión, propiedad muy importante para la calidad de productos fritos tipo *snack*. Estos productos se forman, a menudo en *pellets*, y luego se expanden y resulta en un producto poroso de baja densidad, mediante el proceso de horneado o freído por inmersión antes de su consumo⁵. Algunos estudios sobre productos similares al buñuelo se han enfocado en evaluar los cambios del color y textura durante el freído por inmersión para diferentes tiempos y temperaturas con el fin de determinar los parámetros cinéticos en términos de velocidad de reacción constante y la energía de activación⁶. Vélez-Ruiz y Sosa-Morales⁷ analizaron experimentalmente los cambios en las propiedades reológicas y el color de la corteza de donas a base de harina de trigo durante la fritura por inmersión a 80, 190 y 200°C, y concluyeron que el contenido de humedad de las muestras y la temperatura del aceite afectan estas propiedades.

Por otro lado, es importante mencionar que el queso es el ingrediente principal del buñuelo porque contribuye al aroma y sabor característicos, promueve la estructuración de la miga y mejora la textura del producto final, lo que favorece una mejor apariencia de la corteza, y una mayor suavidad y uniformidad de los alveolos de la miga⁸. Se pueden utilizar varios tipos de quesos en la fabricación de buñuelo; los más usados son blanco semiduro, cuajada y costeño. Este último, de sabor salado y consistencia dura, es uno de los quesos con mayor preferencia por los productores y consumidores de buñuelo.

El queso costeño es una variedad de queso fresco con características típicas propias. Tradicionalmente su elaboración ha estado sujeta a técnicas artesanales y rudimentarias donde predominan las malas condiciones higiénicas en toda la línea de producción y comercialización, con altos niveles de contaminación microbológica⁹. Por lo anterior, se pretende evaluar la influencia de un tipo de queso alternativo sobre las propiedades físicas y texturales del buñuelo.

Materiales y métodos

Caracterización del almidón fermentado de yuca. Al almidón fermentado o agrio de yuca (Distribuidora JJJ, Medellín, Colombia) utiliza-

do en la experimentación se le determinó el porcentaje de almidón¹⁰, cenizas¹¹, fibra cruda, grasa bruta¹², humedad¹³, proteína¹⁴ y pH (Potenciometría). Todas las determinaciones fueron realizadas por triplicado. La actividad de agua (a_w) se midió con un higrómetro de punto de rocío a 25°C (Aqualab serie 3TE, Decagon, Devices, Pullman, WA, USA)¹⁵.

Los índices de absorción de agua (IAA) y solubilidad en agua (ISA) se determinaron con el método propuesto por Anderson *et al.*¹⁶, con algunas modificaciones. El almidón agrio de yuca se pasó por una malla de 500 μm para normalizar el tamaño de la muestra, se pesaron 2.5 g (b. s.) de muestra, se adicionaron 30 mL de agua destilada a 30°C y se agitó. Se colocó en baño de agua a 30°C por 30 min, agitando intermitentemente. Se centrifugó a 3.000g por 10 min en una centrifuga (Universal 320R, modelo 1406-01, Hettich, Alemania). El sobrenadante se decantó y se secó a 100°C durante 24 h., y el gel retenido en los tubos se pesó. El IAA e ISA se determinaron de acuerdo con Rodríguez *et al.*¹⁷. Los ensayos se realizaron por triplicado.

Caracterización del queso. Los quesos utilizados fueron marcas comerciales del mercado local: queso costeño (Distribuidora JJJ, Medellín, Colombia) y queso blanco (Colanta, Medellín, Colombia). El contenido de grasa se determinó por el método de Babcock, el cual se fundamenta en el principio de mezclar ácido sulfúrico con el queso, para hidrolizar la proteína y descomponerla en sustancias más simples, las cuales no son capaces de mantener los glóbulos de grasa en estado de emulsión y permite que estos suban libremente a la superficies uniéndose y formando una sola capa de grasa¹⁸. El contenido de sal se cuantificó según el método Volhard modificado, el cual consistió en la valoración de sales de plata con tiocianato de potasio (KSCN) usando una sal de Fe^{+3} como indicador¹⁸. La humedad se determinó por el método del horno atmosférico descrito por Kosikowski¹⁸. La actividad de agua (a_w) se determinó con el método descrito previamente y el pH se midió utilizando un potenciómetro e introduciendo el electrodo directamente en la masa del queso¹⁹.

Procedimiento de elaboración de buñuelo. Se utilizó una formulación para cada tipo

de queso descrita en la tabla 1. Las materias primas se adquirieron en el mercado local. El procedimiento de elaboración consistió en mezclar en una batidora (Profesional Series 600 KP26M1XER, KitchenAid, USA) el queso, con la fécula, el almidón agrio de yuca, el azúcar y el polvo de hornear. Luego, se adicionó el huevo, medio plastificante para realizar una buena mezcla de los ingredientes. Posteriormente se añadió lentamente leche hasta obtener una masa suave y homogénea. La masa se moldeó en forma de esferas de 30 g y se introdujo en un freidor (Modelo EF-101, Wellborn, China) con aceite vegetal a una temperatura de 150°C durante 10 min

aproximadamente hasta que la corteza del producto tomó una coloración dorada²⁰. La relación de producto-aceite utilizada fue de 1:20.

Caracterización física del buñuelo. El diámetro del buñuelo se determinó con un calibrador y su peso en una balanza de precisión (Modelo BL-6205, Shimadzu Corp., Japón). La densidad de la muestra se calculó según la metodología propuesta por Carillo²¹ utilizando el método de desplazamiento de semillas de mijo. La actividad de agua (a_w) de las muestras se midió según el método descrito previamente. Las determinaciones se realizaron por triplicado.

Tabla 1. Formulación empleada para la elaboración de buñuelo

Materia prima	Buñuelo con queso costeño		Buñuelo con queso blanco	
	Cantidad (g)	Participación (%)	Cantidad (g)	Participación (%)
Queso	220	42.1	220	45.0
Almidón agrio	33	6.3	33	6.7
Fécula de maíz	110	21.0	110	22.5
Azúcar	13	2.5	13	2.7
Huevo	22	4.0	22	4.5
Polvo de hornear	2	0.4	2	0.4
Sal	-	-	6	1.3
Leche	122	23.4	82	16.8

Análisis de textura del buñuelo. El análisis de las propiedades de textura del buñuelo se llevó a cabo con 7 réplicas de cada muestra, utilizando un analizador de textura (TA-XT2i, Stable Micro Systems, London, U.K.) con software Texture Expert Exceed versión 2.64. Para los análisis se utilizó la mitad de un buñuelo, el cual tiene forma de media esfera. Las condiciones establecidas de operación del equipo fueron: velocidad de pre-ensayo 2 mm/s, velocidad de ensayo 2 mm/s, velocidad de pos-ensayo 5 mm/s, distancia de compresión 12 mm y celda de carga de 50 kg.

La prueba de compresión consistió en someter la muestra a una fuerza con el fin de medir su firmeza. Se usó como aditamento para esta prueba una placa circular plana de compresión de 75mm (SMS P/75). En la prueba de punción se determinó la fractura de la corteza del

buñuelo mediante ensayos de penetración empleando una sonda cilíndrica de 2 mm (P/2N). El análisis de perfil de textura (TPA) se realizó a través de ensayos de doble compresión con una placa circular plana de 75mm (SMS P/75). Los parámetros obtenidos de esta prueba fueron: dureza, elasticidad y cohesividad²².

Análisis sensorial. Se aplicó una prueba triangular para determinar si existe diferencia sensorial perceptible o similitud en cuanto al sabor global, entre las muestras de buñuelo elaborado con queso costeño y las elaboradas con queso blanco²³. Los buñuelos fueron sometidos a evaluación por treinta y seis (36) jueces no entrenados, consumidores de este tipo de producto, quienes basaron su elección respecto al sabor general de la muestra. Se presentaron a los evaluadores tres muestras de 7 g aproximadamente; cada una (1/4 de buñuelo) a temperatura ambiente.

Análisis estadístico. Todos los datos fueron analizados aplicando una prueba de comparación de medias de dos poblaciones, usando el software Statgraphics Centurion XV versión 15.2.06, 2007 (StatiscalGraphicsCorp, Rockville, MD, USA). Diferencias en un nivel del 5% fueron consideradas significativas.

Resultados y discusión

Caracterización del almidón fermentado de yuca. La calidad del almidón agrio de yuca depende de las características de la raíz, la variedad, así como las prácticas de producción de cada fábrica (fermentación y secado). Los resultados de los análisis fisicoquímicos del almidón agrio de yuca se presentan en la tabla 2. Se observa un alto contenido de almidón que

concuerta con lo reportado en trabajos realizados con almidones de yuca, los cuales tienen rangos entre 77.18-85.23%²⁴⁻²⁵, y resulta menor al compararlo con lo hallado en otro estudio, donde se obtiene un contenido de almidón de 92.85%²⁶.

El contenido de humedad fue más bajo que lo reportado en la literatura para almidones de yuca²⁶⁻²⁸. Este valor de humedad registrado para la muestra de almidón es un indicador de una estabilidad de anaquel prolongada. Materiales que contengan más del 12% de humedad tienen menos estabilidad en el almacenamiento. Por esta razón, un contenido de agua del 10% es generalmente el indicado²⁴. Lo anterior es confirmado por el valor bajo de actividad de agua resultante que no es viable para el crecimiento de microorganismos en este producto.

Tabla 2. Caracterización fisicoquímica del almidón fermentado de yuca

Parámetro	Valor*
Almidón (%)	87.8±(2.1)
Cenizas (%)	0.05±(0.02)
Fibra cruda (%)	0.3±(0.04)
Grasa bruta (%)	0.05±(0.04)
Humedad (%)	10.7±(0.05)
pH	3.63±(0.09)
Proteína (%)	0.4±(0.2)
Actividad de agua (a_w)	0.58±(0.02)
I.A.A (g gel/ g muestra)	3.29±(0.05)
I.S.A (%)	0.69±(0.07)

*Media ± Desviación estándar (DE)

El contenido de cenizas fue más bajo que los valores encontrados por otros autores^{26, 29-30}. Nwokocha et al.²⁷ afirman que 0.5% es el contenido de cenizas límite recomendado para almidones industriales grado A. Las cenizas se atribuyen al contenido natural de minerales y a la posible presencia de materiales extraños debido a los tanques de fermentación y al proceso de secado²⁹.

Los porcentajes de proteína, fibra cruda y grasa bruta fueron inferiores a los reportados por Cadena et al.³⁰, los cuales encontraron contenidos de proteína, fibra cruda y grasa bruta en

los siguientes rangos: 0.82-1.28%, 0.23-1.06% y 0.13-0.59%, respectivamente. El almidón de yuca se distingue de otros almidones por su bajo nivel de materiales residuales (grasas, proteínas, cenizas). El contenido muy bajo de proteínas y lípidos es un factor importante que diferencia al almidón de yuca de los almidones de cereales²⁵. De acuerdo con valor de pH, se puede considerar como un producto ácido, lo que combinado con bajo contenido de humedad justifica su amplio tiempo de vida útil.

Los valores de ISA e IAA obtenidos en este estudio concuerdan con otros trabajos de in-

vestigación, donde se afirma que el índice de absorción de agua en el almidón de yuca varía entre 0.82 y 15.52 g gel/g muestra y el índice de solubilidad en agua entre 0.27-12%³¹. Diniz (2006)²⁶ afirma que tanto el índice de absorción como el de solubilidad en agua dependen de la disposición de las moléculas de amilosa y amilopectina en los gránulos de almidón.

Caracterización del queso. Los resultados del análisis fisicoquímico del queso se muestran en la tabla 3. Teniendo en cuenta la Resolución 01804 de 1989 del Ministerio de la Protección Social³², el queso costeño se puede clasificar como un queso semiduro y graso de acuerdo con su porcentaje de humedad y grasa, respectivamente. Estos resultados no coinciden con lo reportado en la literatura para queso costeño, donde autores como Chávez y Romero⁹ obtuvieron contenidos de humedad y grasa de 39.02% y 21.67%, respectivamente. Asimismo, Castillo y Umbacia³³ citaron valores de 33.40-40.95% de humedad y 28.11-32.91% de grasa; y Gómez³⁴, rangos de humedad de 45-47% y grasa de 23-25%. Se pueden observar en todas las investigaciones las variaciones de estos valores para un mismo producto, lo cual es debido a que el proceso de elaboración no está estandarizado y se realiza de forma artesanal, pudiéndose obtener quesos con diferentes características fisicoquímicas pero denominados bajo el mismo nombre.

Otra característica relevante de este tipo de queso es su alto contenido de sal; el resultado obtenido lo comprueba y es semejante a lo encontrado por otros autores. Castillo y Umbacia³³ obtuvieron un rango entre 2.34-3.81% de sal en queso costeño. La sal se emplea con la finalidad de impartirle cualidades de sabor, aumentar el tiempo de conservación e inhibir o retardar el desarrollo de microorganismos indeseables. Además, la sal regula en cierto modo el cuerpo y la textura del queso, influyendo en la solubilidad de los compuestos nitrogenados y facilitando en ciertas condiciones la salida del suero³³. A pesar del alto contenido de sal, la actividad de agua obtenida en este estudio fue alta, es decir, que es un producto muy susceptible al desarrollo microbiano. Pero este parámetro fue menor que el reportado para el queso blanco debido precisamente a su alto contenido de sal. El pH fue similar a lo citado en otros estudios^{9, 33-34}.

Por su parte, el queso blanco según sus contenidos de grasa y humedad se puede clasificar como un queso graso y semiduro. Se encontraron diferencias significativas en cuanto a la actividad de agua, pH y porcentaje de sal entre los dos tipos de queso, observándose los mayores valores en el queso blanco, a excepción del contenido de sal que fue mayor en el queso costeño. Mientras que para el contenido de grasa y la humedad no existieron diferencias significativas.

Tabla 3. Caracterización fisicoquímica del queso costeño y queso blanco

	Queso Costeño	Queso Blanco
Humedad (%)	45.19±(0.66) ^a	48.72±(1.75) ^a
Actividad de agua	0.896±(0.004) ^a	0.97±(0.0007) ^b
pH	5.38±(0.05) ^a	6.41±(0.01) ^b
Grasa (%)	25.5±(0.7) ^a	26.5±(0.7) ^a
Sal (%)	2.635±(0.08) ^a	1.004±(0.04) ^b

Valore medios ± Desviación estándar.

Valores medios en la misma fila seguidos por letras diferentes son diferentes significativamente (P<0.05).

Caracterización física del buñuelo. El peso, volumen, densidad y actividad de agua del producto se muestran en la tabla 4. Como se puede observar, existen diferencias estadísticas significativas en cuanto a volumen, densidad y actividad de agua. Estas diferencias se deben principalmente a las características fisicoquímicas

del tipo de queso empleado. No hubo influencia del tipo de queso sobre el peso del producto final, obteniéndose valores muy similares.

El buñuelo elaborado con queso blanco fue el que presentó mayor densidad, ya que se presentó una menor expansión de este, es decir

una miga más compacta con menos alveolos desarrollados, lo que significa un menor volumen (tabla 4). Por el contrario, el buñuelo elaborado con queso costeño obtuvo un volumen mayor y menor densidad, que es indicio de una estructura más alveolada, aireada y porosa. La densidad es un indicador de la cantidad de aire incorporado y del potencial de desarrollo de la masa durante la cocción. Si la densidad es muy baja, las burbujas se encuentran en su máximo nivel de expansión. Por otro lado, si la densidad es muy alta, no hay suficiente aire incorporado y el producto no se desarrolla lo suficiente³⁵. Estos resultados coinciden con lo encontrado por Saeleaw y Schleining³, quienes

reportan valores de densidad en el siguiente rango: 0.1-0.7 g/cm³ para galletas de yuca frita; pero son inferiores a lo citado por Akdeniz³⁶ quien mostró valores de densidad entre 0.848-1.09 g/cm³ para rodajas de zanahoria fritas. En cuanto a los valores de volumen encontrados en este estudio fueron superiores a lo encontrado en otra investigación donde se reportaron volúmenes entre 9.64-15.28cm³ para esferas de gluten fritas³⁷. El valor de actividad de agua obtenido para los dos tipos de buñuelo fue alto, aunque para el buñuelo elaborado con queso blanco fue un poco superior. Por tal razón, el tiempo de vida de útil de estos productos es corto.

Tabla 4. Caracterización física del buñuelo elaborado con queso costeño y queso blanco

	Buñuelo formulado con queso costeño	Buñuelo formulado con queso blanco
Peso (g)	26.93±(0.26) ^a	27.14±(0.12) ^a
Volumen (cm ³)	55.23±(1.88) ^a	53.32±(1.05) ^b
Densidad (g/cm ³)	0.49±(0.01) ^a	0.51±(0.009) ^b
Actividad de agua (a _w)	0.95±(0.003) ^a	0.96±(0.0007) ^b

Valore medios ± Desviación estándar.

Valores medios en la misma fila seguidos por letras diferentes son diferentes significativamente (P<0.05).

Análisis de textura del buñuelo. Los resultados de las propiedades de textura se presentan en la tabla 5. El buñuelo elaborado con queso blanco exhibió los mayores valores de firmeza y dureza, y el menor valor de elasticidad. La fracturabilidad es un buen indicador de la crujencia³⁶. No se obtuvieron diferencias estadísticas significativas en cuanto a la fracturabilidad entre los dos tipos de buñuelo. Esto podría indicar que el grosor de la corteza de estos dos productos fue muy similar. Akdeniz³⁶ reporta valores de fracturabilidad entre 0.051-0.055 N para rodajas de zanahoria fritas. Shih, Daigle and Clawson³⁸ obtuvieron valores de fracturabilidad para donas de baja absorción de aceite en el siguiente rango 7.86-61.17 N.

La firmeza fue mayor para el buñuelo elaborado con queso blanco; esto está relacionado con las características de la miga, la cual era mucho más compacta y con alveolos más pequeños que en el buñuelo elaborado con queso costeño. Estos resultados coinciden con los datos obtenidos de densidad y volumen. En

cuanto a las propiedades obtenidas del TPA la dureza fue mayor en el buñuelo elaborado con queso blanco, lo cual también es justificado por lo citado anteriormente. La cohesividad no presentó diferencias significativas entre los dos tipos de buñuelo. Tan y Mittal³⁹ reportaron valores menores de dureza (1.10-2.85 N) y cohesividad (0.11-0.22) y mayores valores de elasticidad (3.34-15.03 mm) para donas freidas al vacío.

Análisis sensorial. Veintitrés (23) jueces identificaron correctamente la muestra diferente de la prueba sensorial. En una prueba triangular donde se emplean 36 jueces y un α=0.05, el número mínimo de respuestas correctas requeridas es 18 (NTC 2681). Por ende, se puede concluir que existe una diferencia perceptible entre los dos productos evaluados con un nivel de confianza del 95%. La mayoría de los panelistas expresaron dentro de sus observaciones que el queso costeño le imparte al producto un sabor característico que lo hace fácilmente identificable y lo diferencia de una muestra elaborada con otro tipo de queso.

Tabla 5. Propiedades texturales del buñuelo elaborado con queso costeño y queso blanco

	Buñuelo formulado con queso costeño	Buñuelo formulado con queso blanco
Fracturabilidad (N)	2.34±(0.28) ^a	2.61±(0.23) ^a
Firmeza (N)	21.02±(2.44) ^a	28.17±(1.36) ^b
TPA		
Dureza (N)	23.03 ±(2.44) ^a	31.66±(2.03) ^b
Cohesividad	0.54 ±(0.04) ^a	0.38±(0.02) ^a
Elasticidad (mm)	0.90 ±(0.02) ^a	0.86±(0.008) ^b

Valore medios ± Desviación estándar.

Valores medios en la misma fila seguidos por letras diferentes son diferentes significativamente (P<0.05).

Conclusiones

Los resultados obtenidos confirman que el tipo de queso utilizado en la elaboración de buñuelo influye sobre sus propiedades físicas y texturales. Entre el queso costeño y el queso blanco utilizado en esta investigación, el primero confirió las mejores características físicas y texturales al producto final, obteniendo un mayor volumen y una menor densidad, lo cual indica que la miga fue más esponjosa con una estructura más alveolada, aireada y porosa. Igualmente, la firmeza del buñuelo elaborado con queso costeño fue menor debido a las características de la miga descritas anteriormente; por ende, su dureza también fue menor. En cuanto al sabor global, se encontró una diferencia entre ambos tipos de buñuelos debido principalmente al sabor característico que el queso costeño le imparte al producto. Por lo anterior, la utilización de queso costeño en la elaboración de buñuelo permite obtener un producto con unas propiedades físicas, texturales y de sabor apropiadas, y de gran aceptación por parte del consumidor.

Agradecimientos. Los autores agradecen a Julián Alfredo López por su colaboración técnica durante la investigación y a Gloria Lucy Rojas Gutiérrez de Industrias del Maíz S. A. por la consecución del aceite vegetal.

Referencias bibliográficas

1. MILDE, L.; *et al.* Pan de fécula de mandioca con leche. Comportamiento físico al adicionar

un emulsionante. En: Revista de Ciencia y Tecnología. 2009. Vol. 11, p. 4-8.

- GAZMURI, A. M. & BOUCHON, P. Analysis of wheat gluten and starch matrices during deep-fat frying. En: Food Chemistry. 2009. Vol. 115, N° 3, p. 999-1005.
- SAELEAW, M. & SCHLEINING, G. Effect of frying parameters on crispiness and sound emission of cassava crackers. En: Journal of Food Engineering. 2011. Vol 103, N° 3, p. 229-236
- SHIEH, C. J.; CHANG, C. Y. & CHEN, C. S. Improving the texture of fried food. En: KILCAST, D. Texture in food. Volume 2: Solid Foods. Boca Raton, USA, Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC, 2004. p. 501-525.
- SRIBURI, P. y HILL, S. Extrusion of cassava starch with either variations in ascorbic acid concentration or pH. En: International Journal of Food Science and Technology. 2000. Vol. 35, p. 141-154.
- JAYENDRA, K. A.; *et al.* Kinetics of colour and texture changes in Gulabjamunballs during deep-fat frying. En: LWT Food Science and Technology. 2006. Vol. 39, p. 827 –833.
- VELEZ-RUIZ, J. F. & SOSA-MORALES, M. E. Evaluation of physical properties of dough of donuts during deep-fat frying at different temperatures. En: International Journal of Food Properties. 2003. Vol. 6, p. 341-353.
- PEREIRA, J.; *et al.* Função dos ingredientes na consistência da massa e nas características do pão de queijo. En: Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2004. Vol. 24, N° 4, p. 494-500.
- CHAVEZ, A. E. y ROMERO, A. A. Diagnóstico de las condiciones microbiológicas y fisico-químicas del queso costeño producido en el

- municipio de Sincé – Sucre (Colombia). Trabajo de grado Ingeniero Agroindustrial. Colombia: Universidad de Sucre. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Sincelejo, Sucre, 2006. 103 p.
10. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Native starch. Determination of starch content. Ewers polarimetric method. ISO 10520. Switzerland: ISO, 1997. 8 p.
 11. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official Methods of Analysis [CD]. 16th ed. 3^a revision. Washington D. C.: AOAC, 1997. 106 p.
 12. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Alimento y materias primas. Determinación de los contenidos de grasa y fibra cruda. Bogotá D.C. El instituto, 1973. 8 p. (NTC 668).
 13. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Animal feeding stuffs. Determination of moisture and other volatile matter content. Switzerland: ISO, 1999. 7 p. (ISO 6496).
 14. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Alimento para animales. Determinación del contenido de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína cruda. Método Kjeldahl. Bogotá D.C. El Instituto, 1999. 13 p. (NTC 4657).
 15. CORTÉS, M.; GARCÍA, A. y SUÁREZ, H. Fortificación de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*) con calcio, selenio y vitamina C. En: Revista Vitae. 2007. Vol. 14, N° 1, p. 16-24.
 16. ANDERSON, R. A.; *et al.* Gelatinization of corn grits by roll – and extrusion – cooking. En: Cereal Science Today. 1969. Vol. 14, p. 4-12.
 17. RODRÍGUEZ, E.; *et al.* Reología de suspensiones preparadas con harina precocida de yuca. En: Ingeniería y Desarrollo. 2006. Vol. 19, p. 17-30.
 18. KOSIKOWSKI, F. V. Cheese and fermented milk foods. 2^a ed. Michigan: Edwards Brothers Inc., Ann Arbor, 1977. 448 p.
 19. PELÁEZ, P., *et al.* Caracterización físico-química de quesos frescos elaborados con leche de cabra en la isla de Tenerife. En: Ciencia y Tecnología Alimentaria. 2003. Vol. 4, N° 2, p. 103-108.
 20. DIAZ, J. Manual de panadería, galletería y repostería. Medellín: Editorial Manuel Arroyave, 2008. 104 p.
 21. CARRILLO, M. A. Evaluación del uso de antimicrobianos sobre la estabilidad de pan parcialmente horneado almacenado en refrigeración. Tesis de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos. México: Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Escuela de Ingeniería y Ciencias. Universidad de las Américas, Puebla, 2007. 77 p.
 22. BOURNE, M. C. Texture profile analysis. En: Food Technology. 1978. Vol. 32, N° 7, p. 62-66, 72.
 23. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Análisis Sensorial. Metodología. Prueba Triangular. Bogotá D. C.: El Instituto. 2006. 17 p. (NTC 2681).
 24. ONITILLO, M. O.; *et al.* Physicochemical and functional properties of sour starches from different cassava varieties. En: International Journal of Food Properties. 2007. Vol. 10, p. 607-620.
 25. BREUNINGER, W. F.; PIYACHOMKWAN, K. & SRIROTH, K. Tapioca/cassava starch: production and use. En: Bemiller, J. y Whistler, R. (Eds). Starch: Chemistry and Technology. 3ed. New York: Elsevier, 2009. p. 541-568.
 26. DINIZ, I. P. Caracterização tecnológica do polvilhoazedoproducido em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais. Tesis de maestría. Brasil: Universidade Federal de Viçosa. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Viçosa, Minas Gerais, 2006. 116 p.
 27. NWOKOCHA, L. M.; *et al.* A comparative study of some properties of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) and cocoyam (*Colocasia esculenta*, Linn) starches. En: Carbohydrate Polymers. 2009. Vol. 76, p. 362-367.
 28. MACHADO, A. V.; ARAÚJO, F. M. M. y PEREIRA, J. Caracterização física, química e tecnológica do polvilho azedo. En: Revista Verde. 2010. Vol. 5, N° 3, p. 1-6.
 29. BERNAL, M. L.; *et al.* Variación de los tiempos de fermentación de almidón agrio y de la velocidad de rotación del tornillo de un extrusor de uso sencillo en la obtención de almidón termoplástico. En: Revista de Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 2005. Vol. 3, N° 1, p. 8-13.
 30. CADENA, M. P.; *et al.* Evaluación de la agroindustria del almidón agriode yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Córdoba y Sucre. En: Temas Agrarios. 2006. Vol. 11, N° 1, p. 43-53.
 31. ARISTIZÁBAL, J. y SÁNCHEZ, T. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de servicios agrícolas de la FAO. Número 163. Roma: FAO, 2007. 137 p.

32. COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Resolución 01804 (3, febrero, 1989). Por la cual se modifica la Resolución 02310 de 1986, (24 de febrero) que reglamenta parcialmente el título V de la Ley 09 de 1979. Bogotá, D. C.: El Ministerio, 1989. 9 p.
33. CASTILLO, D. L. y UMBACIA A. C. Evaluación físico-química y microbiológica del queso costeño que se comercializa en Bogotá D. C. Trabajo de grado Zootecnista. Colombia: Universidad de la Salle. Facultad de Zootecnia, Bogotá D. C., 2003. 96 p.
34. GÓMEZ DE ILLERA, M. Tecnología de Lácteos. Guía. Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. 348 p. [En línea]. [Citado el 21 de agosto de 2011]. Url disponible en www.educapalimentos.org/libros/mtecnologiaalacteos.pdf
35. ALLAIS, I.; EDOURA-GAENA, R. B. & DUFOUR, E. Characterisation of lady finger batters and biscuits by fluorescence spectroscopy—Relation with density, color and texture. En: *Journal of Food Engineering*. 2006. Vol. 77, p. 896–909.
36. AKDENIZ, N. Effects of different batter formulations on quality of deep-fat fried carrot slices. Thesis of master of science in food engineering. Turkey: Middle East Technical University. Graduate School of Natural and Applied Sciences. Ankara, 2004. 109 p.
37. CHIANG, S. H.; CHEN, C. S. & CHANG, C. Y. Effect of wheat flour protein compositions on the quality of deep-fried gluten balls. En: *Food Chemistry*. 2006. Vol. 97, p. 666–673
38. SHIH, F. F.; DAIGLE, K. W. & CLAWSON, E. L. Development of low oil-uptake donuts. En: *Journal of Food Science*. 2001. Vol. 66, N° 1, p. 141-144.
39. TAN, K. J. & MITTAL, G. S. Physicochemical properties changes of donuts during vacuum frying. En: *International Journal of Food Properties*. 2006. Vol. 9, p. 85–98.