

# EFECTO DE LA NEUTRALIZACIÓN Y ADICIÓN DE EDULCORANTE EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS Y SENSORIALES DEL AREQUIPE DE LECHE DE BÚFALA

## NEUTRALIZATION AND ADDITION OF SWEETENING EFFECT IN PHYSICO-CHEMICAL, MICROBIOLOGICAL AND SENSORY PROPERTIES OF BUFFALO MILK AREQUIPE

Ricardo D. Andrade P. <sup>1\*</sup>, Gabriel I. Vélez H. <sup>1</sup>, Margarita R. Arteaga M. <sup>1</sup>,  
Yolanda S. Díaz Q. <sup>2</sup>, Saudit S. Sánchez S. <sup>2</sup>

Recibido: Diciembre 05 de 2008 Aceptado: Junio 11 de 2009

### RESUMEN

La leche de búfala, debido a su composición, especialmente en carbohidratos, presenta una aptitud favorable para la elaboración de arequipe. Su rendimiento en productos lácteos es 40% superior al de la leche bovina. Esta investigación evalúa la variación de dos niveles de neutralización (0.09 y 0.10 % ácido láctico) y tres porcentajes de edulcorantes (25% sacarosa; 22% sacarosa y 30% azúcar invertido; 20% sacarosa y 30% azúcar invertido), en la elaboración del arequipe de leche de búfala. Al tratamiento seleccionado por los jueces mediante la prueba de medición de grado de satisfacción se le determina: contenidos de sólidos totales, humedad, cenizas, proteína, grasa, viscosidad, color, mesófilos, coliformes totales, coliformes fecales, mohos y levaduras y *Staphylococcus coagulasa* positivo. Se almacena a temperatura ambiente y se le practica análisis microbiológico (mohos y levaduras), organoléptico (arenosidad) y fisicoquímico (sólidos totales y humedad) en intervalos de diez días durante sesenta días. El tratamiento seleccionado, con un nivel de confianza del 95%, es el de 0.10% ácido láctico, 20% sacarosa y 30% azúcar invertido. El arequipe presenta contenidos de sólidos totales, humedad, cenizas, proteína y grasa de  $77.90 \pm 0.04\%$ ;  $22.10 \pm 0.04\%$ ;  $1.76 \pm 0.09\%$ ;  $9.85 \pm 0.37\%$  y  $7.95 \pm 0.41\%$  respectivamente; un comportamiento pseudoplástico y tixotrópico. El arequipe elaborado, de acuerdo con los análisis microbiológicos, cumple la Norma Técnica Colombiana NTC 3757 de 1996 y conserva sus características microbiológicas, organolépticas y fisicoquímicas hasta el día cincuenta.

**Palabras clave:** dulce de leche, análisis sensorial, pseudoplástico.

### ABSTRACT

The buffalo milk due to its composition, especially in carbohydrates, present a favorable aptitude for the elaboration of arequipe. Its milky product yield is 40% superior to bovine milk. This investigation evaluates the variation of two neutralization levels (0.09 and 0.10% lactic acid) and three sweeteners percentage (25% sucrose; 22% sucrose and 30% inverted sugar; 20% sucrose and 30% sugar inverted) in the elaboration of buffalo milk *arequipe*. The panel selected treatment was to test the satisfaction degree by measurement

---

1 Grupo Investigaciones en Procesos Agroindustriales, Programa de Ingeniería de Alimentos, Universidad de Córdoba. Cra. 6 No. 76-103. Montería, Colombia.

2 Programa de Ingeniería de Alimentos, Universidad de Córdoba. Cra. 6 No. 76-103. Montería, Colombia.

\* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: randrade@sinu.unicordoba.edu.co

total solid contents, humidity, ashes, protein, fat, viscosity, colour, mesophiles, fecal coliforms, mushrooms and yeasts and *Staphylococcus* coagulase positives. It is stored to room temperature, and microbiological analyses are carried for mushrooms and yeasts, organoleptic (sandiness) and physicochemical (solid totals and humidity) by ten days intervals during sixty days. The selected treatment, with a confidence level of 95% is of 0.10% lactic acid, 20% sucrose and 30% inverted sugar. Arequipe presents total solid contents, humidity, ashes, protein and fat of  $77.90 \pm 0.04\%$ ;  $22.10 \pm 0.04\%$ ;  $1.76 \pm 0.09\%$ ;  $9.85 \pm 0.37\%$  and  $7.95 \pm 0.41\%$  respectively; a pseudoplastic and thixotropic behavior. Arequipe elaborated, in agreement with the microbiological analyses, comply with practical standards Colombian NTC 3757 of 1996 and conserves its microbiological, organoleptic and physicochemical characteristics until day fifty.

**Keywords:** milk sweet, sensory analysis, pseudoplastic.

## INTRODUCCIÓN

En Colombia, en el año 2006, la población bufalina fue estimada en 100.000 cabezas aproximadamente, con un crecimiento anual cercano al 10%, y una producción promedio de leche por lactancia de 1.200 litros. Ha llegado a ser una alternativa pecuaria y una de las especies con mayor potencial, así que es evidente la necesidad de transformación e industrialización de los productos obtenidos a partir del búfalo (1, 2).

Gran parte de los rebaños se encuentran distribuidos en los departamentos de Córdoba, Antioquia, Santander, Caldas, Cesar, Cundinamarca, Valle, Cauca, zonas de Llanos Orientales y Amazonas. En algunos de estos departamentos, la producción láctea bufalina se ha tornado una buena opción económica, pues su precio es 30% superior al de la leche de vaca, como bonificación por su calidad (2).

La leche de búfala, debido a su composición, es una materia prima ideal para la elaboración de diversos productos. Tiene niveles de grasa, proteína, sólidos totales, calorías y vitamina A, más elevados que la leche de vaca. Es valiosa para el consumo en forma natural y en la elaboración de derivados lácteos (3) que tengan como principio de transformación el aprovechamiento de los contenidos en carbohidratos (arequipe y dulces de leche), proteínas (quesos, bebidas lácteas) y lípidos (crema de leche). Su rendimiento industrial en la elaboración de productos lácteos es 40% superior al de la leche bovina (4).

El dulce de leche es un tipo de leche condensada azucarada, muy popular en algunos países suramericanos. Es producido concentrando la leche a un mínimo de sólidos totales de 68%, evaporando a presión atmosférica con adición de sacarosa. El

bicarbonato de sodio se agrega durante la fabricación para evitar la coagulación de la caseína y para favorecer la reacción del Maillard, responsable de su color marrón típico (5).

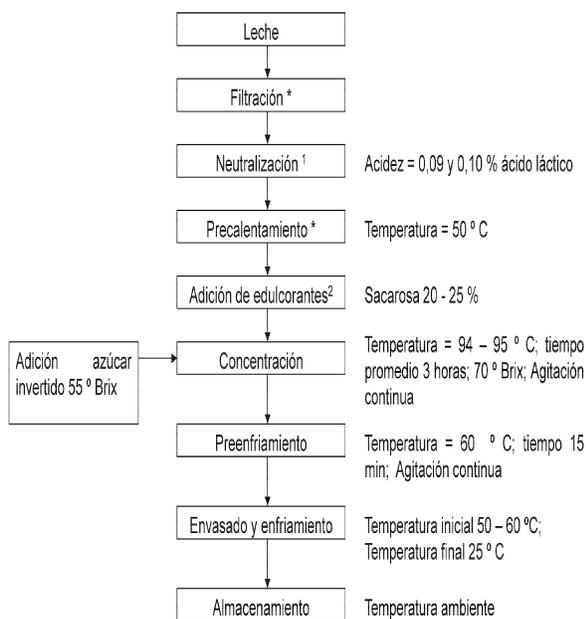
El arequipe de leche de búfala es elaborado en la región cordobesa a nivel artesanal. Sus características son variables debido a que no se han establecido parámetros para su procesamiento. Por esta razón el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la variación de dos niveles de neutralización y tres porcentajes de edulcorantes en el arequipe a partir de leche de búfala.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en la Planta Piloto del Programa de Ingeniería de Alimentos, en los Laboratorios de Lactología, Ingeniería aplicada, Microbiología de Alimentos y Nutrición, de la Universidad de Córdoba, Sede Berástegui.

**Materia prima.** La leche de búfala se obtuvo en la Hacienda Fortaleza, ubicada en el municipio de Montería, Córdoba; se le determinó acidez por el método volumétrico, titulación con hidróxido de sodio 0.1N (6); pH por potenciometría (7), y densidad por termolactodensímetro graduado a 20/20 °C entre 1.015 y 1.040 (8).

**Elaboración de arequipe.** Se utilizó la metodología propuesta por el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) de la Universidad Nacional de Colombia, con modificaciones, (Véase figura 1) utilizando diferentes porcentajes de edulcorante y niveles de neutralización. El agente neutralizante fue bicarbonato de sodio, y los edulcorantes sacarosa y azúcar invertido. Se utilizaron 10 litros de leche de búfala y el arequipe se concentró hasta 70° Brix.



**Figura 1.** Diagrama de flujo para la elaboración de arequipe de leche de búfala.

\* Etapas adicionadas.

<sup>1</sup> La cantidad de bicarbonato se adicionó según el tratamiento.

<sup>2</sup> El porcentaje de sacarosa varió según el tratamiento.

**Análisis sensorial.** Se seleccionó el tratamiento que presentó mayor aceptación entre los cincuenta jueces tipo consumidor, aplicando pruebas de medición de grado de satisfacción, utilizando escalas hedónicas verbales de nueve puntos.

Las muestras fueron presentadas a los jueces en condiciones homogéneas, en recipientes idénticos y codificadas con claves de cuatro dígitos tomadas de una tabla de números aleatorios (9). Al tratamiento seleccionado se le aplicó una prueba de calificación con escala de intervalos para determinar arenosidad, y se comparó con arequipe de leche de búfala elaborado artesanalmente, en cuanto al color, aplicando una prueba de preferencia, utilizando cincuenta jueces tipo consumidor (9).

**Análisis del arequipe seleccionado.** Al arequipe seleccionado por análisis sensorial se le realizaron los siguientes análisis en el tiempo cero.

**Análisis microbiológico.** Coliformes totales y coliformes fecales, técnica del número más probable NMP (7); recuento total de microorganismos mesófilos (7); recuento de mohos y levaduras por siembra en placa (10) y *Staphylococcus* coagulasa positiva, método de recuento en placa en agar Baird-Parker® (10).

**Análisis fisicoquímico.** El porcentaje de proteína se determinó por el método Kjeldahl (FIL-IDF Norma 20B:1993), utilizando el factor de conversión de nitrógeno a proteína para productos lácteos de 6.38 (7, 11); cenizas, método gravimétrico AOAC 33.2.10: 1995 (11); grasa, método butirométrico, FIL-IDF Norma 152A:1997 (12) y sólidos totales, método gravimétrico por estufa, FIL-IDF Norma 21B:1987 (13).

**Comportamiento reológico.** Se midió su viscosidad aparente utilizando el viscosímetro Brookfield modelo Dv – II + Pro, empleando la aguja de disco N° 7. Las muestras fueron analizadas a una temperatura de 25°C. Los datos de viscosidad aparente y gradiente de deformación se ajustaron al modelo de la ley de potencia, utilizando el método de Mitschka (14). La cuantificación del comportamiento tixotrópico se estableció mediante la medida del área existente entre las curvas, al graficar los datos de ascenso y descenso de viscosidad aparente contra gradiente de deformación.

### Análisis del arequipe en el tiempo

Durante sesenta días, con intervalos de muestreo de diez días, se realizaron análisis microbiológico (presencia de mohos y levaduras), fisicoquímico (sólidos totales y humedad), y sensorial (presencia de arenosidad, citando cada diez días a los cincuenta jueces tipo consumidor), seleccionando estos análisis como descriptores críticos, es decir aquellos que limitan la vida útil del producto. El análisis microbiológico se escogió ya que, dadas las condiciones del producto, el mayor riesgo lo constituyen contaminantes de tipo fúngico (15, 16); los análisis fisicoquímicos se eligieron considerando la conservación del producto, la relación existente entre su comportamiento y la aparición de defectos (4, 17, 18); el análisis sensorial de arenosidad se seleccionó, porque es un defecto que disminuye la calidad del producto, presentándose cristales de lactosa perceptibles al paladar haciendo el producto desagradable para el consumidor (19, 20).

### Análisis estadístico

Se dispuso de un diseño completamente al azar bajo una estructura factorial de 2x3, con dos niveles de neutralización (0.09 y 0.10% ácido láctico) y tres porcentajes de edulcorantes (25% sacarosa; 22% sacarosa y 30% azúcar invertido; 20% sacarosa y 30% azúcar invertido), para seis tratamientos (Véase tabla 1) con tres repeticiones. Los niveles de neutralización se obtuvieron a partir de preensayos basados en estudios realizados por Campillo (21).

**Tabla 1.** Tratamientos para la elaboración de arequipe de leche de búfala.

Tratamientos	Nivel de neutralización (% ácido láctico)	Edulcorante (m/m)
T1	0.09	25 % sacarosa
T2	0.10	25 % sacarosa
T3	0.09	22 % sacarosa y 30 % azúcar invertido
T4	0.10	22 % sacarosa y 30 % azúcar invertido
T5	0.09	20 % sacarosa y 30 % azúcar invertido
T6	0.10	20 % sacarosa y 30 % azúcar invertido

El porcentaje de azúcar invertido está con base a la concentración de sacarosa.

Los datos reológicos se sometieron a un análisis de varianza, verificando los supuestos del modelo, como prueba de normalidad y de homogeneidad de varianzas; a los datos obtenidos de la evaluación sensorial (satisfacción y arenosidad), se les aplicó un análisis de varianza y se aplicó la prueba de diferencia mínima significativa; los datos obtenidos del análisis fisicoquímico (humedad y sólidos totales) en el tiempo, se les aplicó un análisis de varianza y se aplicó la prueba de diferencia mínima significativa, utilizando el paquete estadístico *Statistix*.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis físico de la leche de búfala

Los valores de pH varían de 6.53 a 6.88 (Véase tabla 2); posiblemente se debe a que el pH varía en el curso del ciclo de lactación y por influencia de la alimentación (22). Sin embargo, están de acuerdo con los datos reportados en Argentina (6.71) por Patiño (22); en Brasil (6.41 y 6.97) por Furtado y Nader Filho *et al.* citados por Cunha Neto *et al.* (23).

La densidad encontrada fue superior a la determinada en Argentina (1.0307 g/mL) por Patiño (22); en Brasil (1.0325 a 1.0347 g/mL) por Neves, citado por Cunha Neto *et al.* (23), y en Colombia (1.0339 a 1.0351 g/mL) por Hurtado-Lugo *et al.* (24). Pero presentó valores similares a los determinados en Brasil (1.0328 a 1.0355 g/mL) por Faria, citado por Hurtado-Lugo *et al.* (24), lo cual puede obedecer a que la composición fisicoquímica de la leche de búfala varía conforme a la raza, edad, manejo, sanidad del animal y condiciones climáticas, entre otros factores (25, 26).

La acidez obtenida es similar a la reportada en Argentina (19.65° Dornic) por Patiño (22). Estos datos son inferiores a los reportados en Brasil (20° Dornic y 22.3° Dornic) por Nader Filho *et al.* (1983), y Nader Filho *et al.* (1986), citados por Cunha Neto *et al.* (23) y superiores a los reportados en Colombia (15.30 a 17.90° Dornic) por Hurtado-Lugo *et al.* (24). Es importante destacar que la elevada acidez titulable que posee la leche bubalina en comparación con la bovina, se debe a que la primera posee mayor cantidad de caseína (22).

**Tabla 2.** Características físicas de la leche de búfala.

Características	Tratamientos					
	1	2	3	4	5	6
pH	6.72	6.88	6.88	6.74	6.74	6.53
Densidad (g/mL)	1.036	1.037	1.037	1.036	1.036	1.037
Acidez (° Dornic)	19	19	19	19	19	18

**Análisis sensorial.** La ANOVA determinó diferencias significativas ( $P < 0.0001$ ) entre los seis tratamientos. Considerando estas diferencias, se aplicó una comparación de rangos medios (Véase

tabla 3), en la que se puede observar que existen tres niveles de satisfacción, en donde los T6 y T4 tienen una mayor posibilidad de satisfacción de los jueces.

**Tabla 3.** Comparación de los puntajes medios de grado de satisfacción.

Tratamiento	Rango Medio	Grupos Homogéneos
T6	196.46	A
T4	190.35	A
T2	152.06	A B
T5	146.96	A B C
T3	118.86	B C
T1	98.31	C

Para seleccionar entre T6 y T4 se realizó una prueba de preferencia, con una significancia del 5%, utilizando la metodología propuesta por Anzaldúa (9), presentando una mayor preferencia el tratamiento 6, en el que se observó una textura sin arenosidad y menor dulzura con respecto al tratamiento 4.

**Evaluación del color.** Se presentó una mayor preferencia por el tratamiento 6, con un nivel de significancia del 5%, porque el arequipe artesanal tiene una coloración más oscura y a los consumidores están acostumbrados a consumir principalmente dulces de leche de coloración castaño acaramelado.

La aparición del color está influenciada por el tiempo de cocción, y este, a su vez, por el volumen de la mezcla a procesar y por la capacidad de calentamiento del equipo. De igual manera, una coloración oscura puede ser producida por reducida presión de vapor o un exceso en la cantidad de neutralizante, ya que actúa como catalizador de la reacción de Maillard entre las proteínas y los azúcares, permitiendo la formación del color caramelo característico del arequipe, que puede variar desde crema claro hasta marrón muy oscuro (7, 27 - 29).

#### **Análisis del arequipe seleccionado.**

**Análisis microbiológico.** Los análisis microbiológicos (Véase tabla 4) están dentro de los requisitos exigidos por la Norma Técnica Colombiana NTC 3757 de 1996 (30), la cual se tomó como referencia por carecer de referencias específicas para arequipe de leche de búfala, e indicó buenas condiciones higiénico-sanitarias en la elaboración de este producto así como de las materias primas con las que fue procesado.

**Tabla 4.** Análisis microbiológico del arequipe de leche de búfala.

Variable	T6
Mesófilos UFC/g	398
Staphylococcus coagulasa positivo UFC/g	<100
Coliformes totales NPM/g	<3
Coliformes fecales NPM/g	<3
Mohos y levaduras UFC/g	<10

UFC: Unidades formadoras de colonia

NPM: Número más probable

**Análisis fisicoquímico.** Los contenidos de cenizas y humedad (Véase tabla 5) fueron inferiores a los exigidos en los requisitos máximos reportados por la Norma Técnica Colombiana NTC 3757 de 1996, y concuerdan con los obtenidos de los arequipes elaborados artesanalmente con leche de búfala del Brasil, 1.41 a 2.03% y 8.60 a 26.85% respectivamente (4). El contenido de grasa fue superior al exigido como requisito mínimo (6.0% m/m) de la Norma Técnica Colombiana NTC 3757 de 1996 (30) y es inferior al reportado en Brasil, de 12.47 a 14% (4).

El nivel de cenizas es uno de los mejores indicadores de la presencia de leche en el producto, pues es un valor constante en esta leche. Como es permitida la adición de bicarbonato de sodio, y también algunas otras sales en su producción, puede haber valores elevados de cenizas. Bajos valores, pueden indicar que los productos fueron obtenidos con poca leche u otras materias primas lácticas (29).

El bajo contenido de humedad puede ser atribuido a una adecuada concentración durante la elaboración del arequipe, Santos *et al.*, citados por Demiate *et al.* (29), manifiestan que la baja humedad en el dulce de leche mejora la conservación del producto, pero facilita el apareamiento de arenosidad.

**Tabla 5.** Análisis fisicoquímico del arequipe de leche de búfala (% m/m).

Análisis	Cantidad	Desv. Est.
Cenizas	1.76	0.09
Humedad	22.10	0.04
Grasa	7.95	0.41
Sólidos totales	77.90	0.04
Proteínas	9.85	0.37

El contenido de sólidos totales excedió el requisito mínimo exigido por la Norma Técnica Colombiana NTC 3757 de 1996 (70% m/m), y puede ser relacionado con el bajo contenido de humedad, ya que los sólidos totales guardan una correlación inversamente proporcional al contenido de humedad (18).

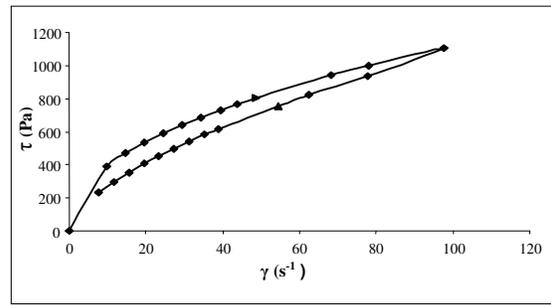
El contenido proteico coincide con el reportado en Brasil (8.61 a 10%) por Sousa *et al* (4) y fue superior al hallado en las investigaciones realizadas en Brasil (7.07%) por Demiate (29) en arequipe elaborado con leche de vaca. La normatividad colombiana para este tipo de producto no establece ningún parámetro acerca del contenido de proteína. Los dulces de leche elaborados con leche bovina, fabricados con la tecnología tradicional, es decir, usando solamente leche, sacarosa y bicarbonato de sodio, presentan un nivel medio de proteínas de 6.0 %. Factores como bajo nivel de lactosa y elevado nivel de proteínas en la leche mantienen el dulce de leche fuera del margen en que se torna arenoso (31).

**Comportamiento reológico.** El arequipe de leche de búfala se ajusta ( $R^2 > 0.90$ ) al modelo de ley de la potencia ( $\tau = k\gamma^n$ ), comportándose como pseudoplástico ( $n < 1$ ) en el rango de velocidad de deformación de  $7.8 - 97.57 \text{ s}^{-1}$ , lo que concuerda con lo reportado para dulce de leche (32). Es un producto que va perdiendo viscosidad aparente a medida que aumenta la aplicación de velocidad de deformación, presenta características de un fluido pseudoplástico y tixotrópico (33).

Los valores promedio del índice de consistencia (k) e índice de flujo (n) difieren según la forma de realizar la medida, ascenso y descenso (Véase tabla 6), lo cual se evidenció con la prueba t de Student, que muestra que existe diferencia significativa entre la curva de ascenso y descenso (Véase figura 2), por lo que el arequipe de leche de búfala exhibe un comportamiento tixotrópico de 33.37%. Este comportamiento ha sido reportado previamente para dulce de leche (33), y se debe al debilitamiento de su estructura y a cambios en la consistencia conforme transcurre el tiempo (34).

**Tabla 6.** Índices de consistencia (k) y flujo (n) de ascenso y descenso.

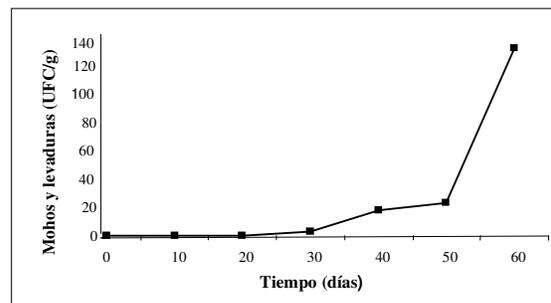
Parámetro	Ascenso		Descenso	
	Promedio	Desv. estándar	Promedio	Desv. estándar
n (adimensional)	0.452	0.032	0.605	0.017
k ( $\text{Pa}\cdot\text{s}^{-n}$ )	139.205	36.887	67.430	3.284



**Figura 2.** Comportamiento reológico del arequipe de leche de búfala.

**Evaluación del producto en el tiempo**

**Análisis microbiológico.** El arequipe presentó características microbiológicas constantes entre los días 0 y 30, con un leve aumento entre los días 40 a 50 (Véase figura 3). Esto refleja las buenas condiciones higiénico-sanitarias en las que fue elaborado, cumpliendo con lo establecido por la Norma Técnica Colombiana NTC 3757 de 1996; sin embargo, el día 60, el producto muestra un crecimiento excesivo por encima del permitido por esta norma, mostrando condiciones inapropiadas para el consumo. Debido a las condiciones y composición del arequipe (baja actividad acuosa y altas cantidades de azúcar), el mayor riesgo en el almacenamiento lo constituyen los mohos y levaduras, que son contaminantes capaces de desarrollarse bajo reducidas condiciones de agua (15), además proporcionan información sobre las condiciones generales del procesamiento, almacenamiento y transporte de los alimentos, y constituyen indicadores importantes del deterioro de los alimentos (16).



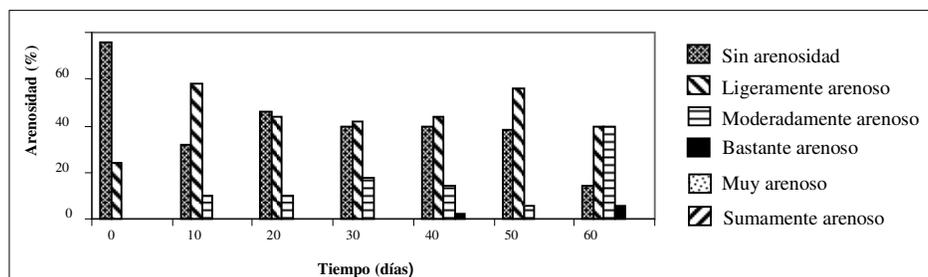
**Figura 3.** Crecimiento de mohos y levaduras en el tiempo.

**Análisis sensorial.** El análisis de varianza determinó diferencias significativas ( $P < 0.0001$ ) en los niveles de arenosidad con relación al tiempo. Aplicando una comparación de rangos medios se determinó, con un nivel de significancia del 5%, que únicamente los niveles de arenosidad en

los días 10 y 60 son estadísticamente iguales. La evaluación sensorial de arenosidad del tratamiento seleccionado (T6) en el tiempo, muestra que el día 0 la calificación es relativamente baja. Entre los días 10 y 50 se presenta una variación y finalmente, el día 60 hay un aumento en la calificación de este defecto (Véase figura 4).

El aumento de arenosidad reflejado en el día 60 pudo obedecer a una cristalización de la lactosa, lo que concuerda con lo reportado por el ICTA, según

el cual si el arequipe sufre un almacenamiento prolongado, los pequeños cristales de lactosa, imperceptibles en el envasado, aumentan de tamaño o se agrupan en núcleos que le dan al producto aspecto y textura arenosa. Así mismo, en la formulación tradicional para la producción de dulce de leche (leche, sacarosa y bicarbonato de sodio), se forman de un gran número de cristales de lactosa perceptibles y visibles al consumidor al final de sesenta días de almacenamiento (31).



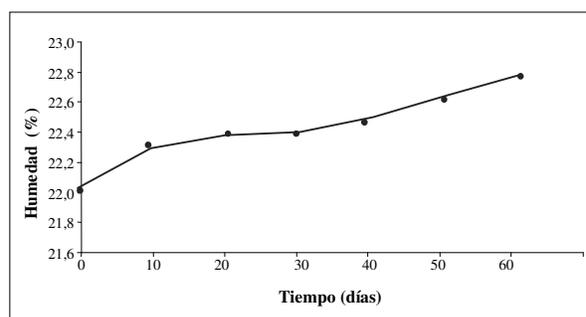
**Figura 4.** Arenosidad del arequipe de leche de búfala en el tiempo.

Al final de su procesamiento, el dulce de leche constituye una solución supersaturada de lactosa. La presencia de este azúcar va a influir fuertemente en la textura del producto final, porque tiene baja solubilidad y su cristalización en solución es un fenómeno inevitable, pues cualquier solución, al ser concentrada, tiende a tornarse supersaturada, o puede dar como resultado la precipitación (cristalización) del soluto durante el enfriamiento, formando cristales perceptibles al paladar, que le imprimen al producto una arenosidad muy desagradable (31).

#### *Análisis fisicoquímico*

**Humedad.** El ANOVA determinó diferencias significativas ( $P=0.0047$ ) entre los contenidos promedio de humedad en los diferentes días evaluados, es decir, el tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente del producto afectó el contenido de humedad del arequipe. La comparación de rangos medios determinó, con un nivel de significancia del 5%, que los niveles de humedad entre los días 10 y 60 son estadísticamente iguales. La humedad aumentó a los 10 días (Véase figura 5), posiblemente porque el envase no fue sellado herméticamente con un film de aluminio que lo protegiera contra la humedad del ambiente; sin embargo, el contenido de humedad en el día 60 (22.814%) no excedió el máximo permitido

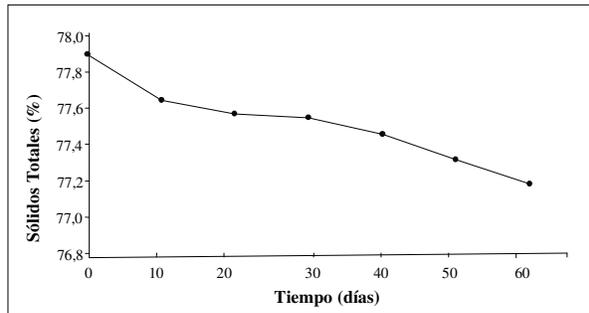
por la Norma Técnica Colombiana NTC 3757 de 1996. Bajos niveles de humedad y altos niveles de carbohidratos pueden ocasionar cristalización de la sacarosa durante el almacenamiento con alteraciones de la textura del producto (4).



**Figura 5.** Comportamiento de la humedad del arequipe de leche de búfala.

**Sólidos totales.** El ANOVA muestra diferencias significativas ( $P=0.0047$ ) entre los contenidos promedio de sólidos totales en los días evaluados, es decir, el almacenamiento a temperatura ambiente del producto afectó el contenido de sólidos totales del arequipe en el tiempo. Aplicando una comparación de rangos medios con un nivel de significancia del 5%, se determinó que los niveles de sólidos totales entre los días 0 y 50 son estadísticamente

iguales, pero diferentes el día 60. Sin embargo, los contenidos de sólidos totales (Véase figura 6) son superiores al mínimo exigido por la Norma Técnica Colombiana 3757. Los carbohidratos son los principales componentes de los sólidos totales en el dulce de leche y guardan una correlación inversamente proporcional al contenido de humedad (18).



**Figura 6.** Comportamiento de los sólidos totales del arequipe de leche de búfala.

## CONCLUSIONES

El arequipe de leche de búfala con mayor grado de aceptación para los jueces, con un nivel de confianza del 95%, es la formulación con 20% sacarosa, 30% azúcar invertido y un nivel de neutralización de 0.10 % ácido láctico. Las características microbiológicas del arequipe de leche de búfala cumplen con la Norma Técnica Colombiana NTC 3757 de 1996 para arequipe, mostrando buenas condiciones higiénico-sanitarias en la elaboración de este producto, así como de las materias primas con las que fue elaborado.

El comportamiento reológico del arequipe de leche de búfala se ajusta adecuadamente a la ley de potencia ( $R^2 > 0.90$ ), se comportará como un fluido pseudoplástico y presenta una tixotropía del 33.37%.

Sus características fisicoquímicas, organolépticas y microbiológicas son adecuadas en un periodo de aproximadamente 50 días a temperatura ambiente. Se obtiene así un producto de buena calidad y con aceptación por parte de los consumidores.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad de Córdoba, Colombia, y a la Hacienda Fortaleza (Córdoba), por su apoyo en la realización de esta investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Fondo Ganadero del Centro S.A. 2006. Memorando informativo. [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://asobufalos.org/CMS>. Consultado: 17 de febrero de 2007.
- Agudelo D, Cerón M, Hurtado-Lugo A. El búfalo como animal productor de carne: producción y mejoramiento genético. *Revista Lasallista de Investigación*. 2007; 4 (2): 43-49.
- Verruma MR, Salgado JM. Nutricional evaluation of buffalo milk in relation to cow milk. *Sci Agric*. 1993; 50 (3): 444-450.
- Sousa C, Neves E, Carneiro C, De Farias J, Peixoto M. Avaliação microbiológica e físico-química de doce de leite e requeijão produzidos com leite de búfala na ilha do Marajó-Pa. *B CEPPA*. 2002; 20 (2): 191-202.
- Giménez A, Ares G, Gámbaro A. Consumer reaction to changes in sensory profile of dulce de leche due to lactose hydrolysis. *Int Dairy J*. 2008; 18(9): 951-955.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC). Manual de métodos fisicoquímicos para el control de calidad de la leche y sus derivados. Santafé de Bogotá, Colombia: ICONTEC; 1993.
- Jaramillo M, Mejía L, Uriel J. La leche y su control. Medellín: Universidad Nacional de Colombia; 1999.
- Arteaga M. Manual de prácticas de tecnología de lácteos. Berástegui: Universidad de Córdoba; 2004.
- Anzaldúa A. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Zaragoza: Acribia; 1994.
- ICMSF. Microorganismos de los alimentos, Vol. 1. Zaragoza: Acribia; 2000.
- Pinto M, Vega S, Pérez N. Métodos de análisis de la leche y derivados. Garantía de calidad. Valdivia-Chile: Universidad Austral de Chile; 1998.
- International Dairy Federation (IDF-FIL). Milk and milk products. Determination of fat content. Bruselas: IDF-FIL; 1997.
- Federación Lechera Internacional. (IDF-FIL). Leche, crema y leche evaporada. Determinación del contenido total de sólidos (método de referencia) Bruselas IDF-FIL; 1987.
- Briggs J, Steffe J. Using Brookfield data and the Mitschka method to evaluate power law foods. *J Texture Stud*. 1997; 28 (5): 517-522.
- Meléndez P. Microbiología de los dulces de leche. En: Seminario – Taller Elaboración de dulces de leche. Bogotá: ICTA, Universidad Nacional de Colombia; 1993.
- Timm C, Conceição R, Coelho F, Roos T, Tejada T, Quevedo P, et al. Avaliação microbiológica de doce de leite pastoso. *Rev Ins Adolfo Lutz*. 2007; 66 (3): 275-277.
- ICTA. Manual de elaboración de dulces y panelitas de leche: inventario y desarrollo de la tecnología de productos lácteos campesinos en Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 1988.
- Zimmermann J, Fortes E, Sidinei E, Schwinden E, Manique P, Dias R, et al. Propriedades físico-químicas, sensoriais e reológicas de doce de leite com goma xantana e concentrado protéico de soro. *Ci Agr Eng*. 2007; 13 (3): 53-59.
- Durán C. Los fenómenos de cristalización y pardeamiento. En: Seminario – Taller Elaboración de dulces de leche. Bogotá: ICTA, Universidad Nacional de Colombia; 1993.
- Novoa C. Aspectos tecnológicos en la elaboración de dulces de leche. En: Seminario – Taller Elaboración de dulces de leche, Bogotá: ICTA, Universidad Nacional de Colombia; 1993.
- Campillo C. Obtención de productos lácteos a partir de leche de búfala. [Informe de Pasantías]. Berástegui: Universidad de Córdoba; 2005.
- Patiño E. Factores que afectan las propiedades físicas y la composición química de la leche de búfalas (*Bubalus bubalis*) en Corrientes, Argentina. *Rev Vet*. 2004; 15 (1): 1-25.

23. Cunha Neto O, Oliveira C, Hotta R, Sobral P. Avaliação físico-química e sensorial do iogurte natural produzido com leite de búfala contendo diferentes níveis de gordura. *Ciênc Tecnol Aliment*. 2005; 25 (3): 448-453.
24. Hurtado-Lugo N, Cerón-Muñoz MF, Lopera MI, Bernal A, Cifuentes T. Determinación de parámetros físico-químicos de leche bufalina en un sistema de producción orgánica. *Livestock Research for Rural Development*. [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/1/hurt17001.htm>. Consultado: 17 de octubre de 2008.
25. Teixeira L, Bastianetto E, Oliveira D. Leite de búfala na indústria de produtos lácteos. *Rev Bras Reprod Anim*. 2005; 29 (2): 96-100.
26. Lopes E. 2006. Elaboração e caracterização do “queijo marajó”, tipo creme, de leite de búfala, visando sua padronização. [Sitio en Internet]. Disponible en: [http://www.cultura.ufpa.br/cagro/pdfs/CA\\_Ciencia\\_Animal/CA\\_ELAINELOPESFIGUEIREDO.pdf](http://www.cultura.ufpa.br/cagro/pdfs/CA_Ciencia_Animal/CA_ELAINELOPESFIGUEIREDO.pdf). Consultado: 1 de marzo de 2008.
27. Zunino A. Dulce de leche. Aspectos básicos para su adecuada elaboración. Publicación técnica del Departamento de Fiscalización de Industrias Lácteas. Disponible en: [http://www.maa.gba.gov.ar/ganaderia/documentos/dulce\\_de\\_leche\\_inf.doc](http://www.maa.gba.gov.ar/ganaderia/documentos/dulce_de_leche_inf.doc). Consultado: 16 de septiembre de 2007.
28. Rodríguez A. Elaboración de arequipe. En: Seminario – Taller Elaboración de dulces de leche. Bogotá: ICTA, Universidad Nacional de Colombia; 1993.
29. Demiate I, Konkel F, Pedroso R. Avaliação da qualidade de amostras comerciais de doce de leite pastoso – composição química. *Ciênc Tecnol Aliment*. 2001; 21 (1): 108-114.
30. Norma Técnica Colombiana 3757. Arequipe o dulce de leche. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación; 1996.
31. Perrone I. Efeito da nucleação secundaria sobre a cristalização do doce de leite. [Sitio en Internet]. Disponible en: [http://bib-tede.ufpa.br/tede/tde\\_arquivos/4/TDE-2006-02-22T111330Z-36/Publico/Tese%20Italo%20Tuler%20Perrone%202006.pdf](http://bib-tede.ufpa.br/tede/tde_arquivos/4/TDE-2006-02-22T111330Z-36/Publico/Tese%20Italo%20Tuler%20Perrone%202006.pdf). Consultado: 6 de septiembre de 2008.
32. Lamothe L. Efecto de la temperatura de enfriamiento y formulación en la elaboración de dulce de leche. [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://www.industriaalimenticia.com/imgupload/30422ELABORACION%20DULCE%20LECHE.pdf>. Consultado: 9 de octubre de 2007.
33. Rovedo C, Viollaz P, Suárez C. The effect of pH and temperature on the rheological behavior of dulce de leche, a typical dairy Argentine. *J Dairy Sci*. 1991; 74 (5): 1497-1502.
34. Alvarado J. Principios de ingeniería aplicados a alimentos. Secretaría general de la O.E.A. Programa regional de desarrollo científico y tecnológico. Proyecto multinacional de biotecnología de alimentos. Quito. [Sitio en Internet]. Disponible en: [http://www.science.oas.org/simbiol/prin\\_ali/principios.pdf](http://www.science.oas.org/simbiol/prin_ali/principios.pdf). Consultado: 24 de marzo de 2008.

**GRUPO DE EXTENSIÓN SOLIDARIA E INVESTIGACIÓN  
EN SEGURIDAD ALIMENTARIA PARA LA REGION  
VICERRECTORIA DE EXTENSION**

**Facultad de Química Farmacéutica**  
Departamento de Alimentos  
Universidad de Antioquia



**NUESTROS SERVICIOS**

- Asesoría técnica en procesos de alimentos a microempresas y vendedores ambulantes.
- Propuesta educativa para el fomento de hábitos de alimentación saludable en estudiantes de básica primaria y bachillerato (Media Técnica).
- Asesorías para comedores comunitarios y restaurantes escolares con énfasis en transformación de alimentos, apuntando a mejorar el consumo y la calidad de los nutrientes carenciales que padece nuestra población.
- Formulación y ejecución de proyectos comunitarios enfocados a la explotación de recursos agrícolas de la región.
- Capacitación en transformación de alimentos tales como: Yogur, Kumis, Queso Crema, Mermeladas, Compotas, Pulpas, entre otros.
- Asesoría empresarial en las buenas prácticas de manufactura.

**COORDINADORA: Karina Edith Motato Rocha**  
**[kmotato@farmacia.udea.edu.co](mailto:kmotato@farmacia.udea.edu.co) / Teléfono: 219-54-62**