



Revista Electrónica:
Depósito Legal: ppi 201502ZU4665 // ISSN electrónico: 2477-944X

Revista Impresa:
Depósito Legal: pp 199102ZU46 / ISSN 0798-2259

UNIVERSIDAD DEL ZULIA
REVISTA CIENTÍFICA

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS
DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN



MARACAIBO, ESTADO ZULIA, VENEZUELA



Vol. XXIX (2), Marzo - Abril, 2019

TRATAMIENTO MEDIANTE ULTRA ALTA PRESIÓN (300 MPa) EN LA ELABORACIÓN DE QUESO FRESCO BAJO EN GRASAS

Homogenization treatment by ultra-high pressure (300 MPa) in the preparation of fresh low-fat cheese

Sebastián Alberto Guerrero-luzuriaga¹, Víctor Julio García¹, Carmen Omaira Márquez¹

Facultad de Ingeniería. Escuela de Agroindustrial. Universidad Nacional de Chimborazo y Ecuador. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional de Chimborazo. *Autor de correspondencia: saguerrero@unach.edu

RESUMEN

Se estudió el efecto de la homogeneización de la fase grasa de la leche en la elaboración de queso fresco light (bajo en grasas). Para ello, la nata (20% grasa) se procesó por diferentes tecnologías incluyendo la homogeneización convencional (HC) y un tratamiento térmico de pasteurización (5 megapascal (MPa), 63 °C por 30 minutos (min) y por homogeneización a ultra alta presión (UHPH, 300 MPa) en presencia o no de caseinato sódico al 1,5%. Las diferentes natas tratadas fueron mezcladas con leche desnatada pasteurizada, para obtener una leche estandarizada al 1,5%, a partir de las cuales se elaboraron los correspondientes quesos frescos reducidos en grasa. También se elaboró un queso fresco con leche no estandarizada, no homogeneizada y un queso fresco con leche estandarizado al 1,5%, no homogeneizada. Los quesos se almacenaron en refrigeración a 4 °C, y se tomaron muestras los días 1 y 7 de almacenamiento, evaluándose las características físico-químicas (humedad, grasa y pH), rendimiento potencial quesero, color (Comisión Internacional de Iluminación (CIE) Coordenadas Lab) y textura de los diferentes tipos de tratamientos. Los procesos de homogeneización (HC y UHPH) de la nata utilizada en la fabricación de quesos reducidos en grasa causaron cambios importantes en la composición y textura de los quesos obtenidos, produciendo quesos más húmedos y firmes, en comparación al queso elaborado con leche entera. La adición de caseinato sódico a la nata, previo al tratamiento UHPH, mejoró el rendimiento potencial quesero respecto al resto de quesos reducidos en grasa.

Palabras clave: Queso fresco; queso reducido en grasa; homogeneización

ABSTRACT

The effect of homogenization treatment on milk fat in the preparation of reduced-fat fresh cheeses was studied. The cream (20% fat) was processed by different technologies including the conventional homogenization (CH) plus a heat treatment of pasteurisation (15 megapascals (MPa), 63 °C for 30 minutes (min) and by ultra-high pressure homogenization (UHPH, 300 MPa) in the presence or not of 1.5% sodium caseinate. The different creams were mixed with pasteurised skim milk to obtain milk at 1.5% of fat, and with these milk, the corresponding reduced-fat fresh cheeses were manufactured. A full-fat cheese made from whole milk and a reduced-fat cheese containing non-homogenized fat, and used as a control, were also produced. The cheeses were stored in refrigeration at 4 °C. The samples were taken at 1 and 7 days of storage, and the physicochemical characteristics (moisture, fat and pH), potential cheese yield, colour (International Commission on Illumination (CIE) Lab Coordinate), texture and sensorial characteristics of the different types of reduced-fat cheeses and full-fat cheese were evaluated. The homogenization processes (CH and UHPH) of milk fat used in the manufacture of reduced-fat fresh cheeses, caused a significant effect on the composition and texture of cheeses, producing more humid and firmer cheeses, compared to the cheese made from whole milk. The addition of sodium caseinate to milk cream, before UHPH treatment, improved the potential cheese yield compared to the rest of reduced-fat fresh cheeses.

Keywords: Fresh cheese; reduced-fat cheese; cream; homogenization

INTRODUCCIÓN

El queso es un producto que se consume a nivel mundial debido a su alto valor nutritivo, principalmente por su elevado contenido en proteínas, grasas (G), calcio, fósforo, sodio y algunas vitaminas (A, D y B2) [7]. Sin embargo, la creciente preocupación por una nutrición saludable (alimentos bajos en grasas o light) y el hecho que, desde el punto de vista nutricional, la gran mayoría de los quesos presentan alto contenido de grasas y en alta proporción grasas saturada, por lo que están relacionadas con enfermedades cardiovasculares, aunque estudios recientes muestran que el consumo moderado de leche y productos lácteos como el queso no incrementa el riesgo de este tipo de enfermedades [4]. La tendencia actual es que los consumidores están más preocupados por su salud, lo que hace que se incline su preferencia por alimentos reducidos en grasas y bajos en sal [7].

El desarrollo de quesos con bajos contenidos de grasa, que exhiban la misma calidad de los quesos elaborados con leche entera, es un reto que debe enfrentar los queseros, debido al papel que juega las propiedades funcionales de las grasas en el sabor, la textura y la apariencia de los alimentos. Para simular las diferentes funciones de las G en un producto con bajo contenidos de grasa, se deben considerar aspectos como el tamaño de las partículas sólidas, el impacto en la sensación en boca, la contribución en el color, y el equilibrio adecuado en la percepción del sabor característico. Debido a esto se han desarrollado ingredientes y tecnologías con el objetivo específico de sustituir o imitar las grasas en productos alimenticios [24]. Los sustitutos de G están siendo utilizados por su potencial de mantener los productos bajos en grasa con una alta calidad sensorial. En el caso del queso, también se han utilizado diferentes estrategias como la modificación de los procesos convencionales de elaboración del queso, por ejemplo, utilizando tecnologías para mejorar la retención de humedad y/o aumentar la superficie específica de los glóbulos de grasa mediante homogeneización convencional (HC) de la leche de quesería, el uso de cultivos adjuntos (principalmente *Lactobacilos* y *Micrococcus* spp.) para mejorar el sabor, y principalmente para compensar la pérdida de cremosidad del queso como resultado de la extracción de grasa [24].

El término *homogeneización* en lácteos, hace referencia a todo lo que sea reducción del tamaño de las grasas, sin embargo, en jugos y néctares la homogeneización de refiere a la capacidad de producir una distribución de tamaños homogénea de partículas suspendidas en un líquido [28]. Efectivamente, una de las principales consecuencias de la homogeneización con ultra alta presión de leche completa es una reducción significativa en el tamaño de los glóbulos de la grasa cuando estos se comparan con el tamaño de los glóbulos de leche homogeneizada de manera convencional –el tamaño es de 3,81 micrómetros (μm) a 1 megapascal (MPa) comparado con 189 nanómetros (nm) a 300 MPa– [19, 25]. El uso de la ultra alta presión (UHPH) es un

método que involucra el bombeo de un producto a alta presión hacia una válvula. En lechería, la UHPH es una técnica que permite homogeneizar y al mismo tiempo pasteurizar la leche, que reduce algunos aspectos negativos del tratamiento térmico [9, 25, 29]. La UHPH es una tecnología que se usa para fragmentar partículas en suspensiones o emulsiones, producir emulsiones estables con partículas muy finas, modificar las propiedades de los fluidos viscosos, reducir el tamaño de las partículas, y facilitar la extracción de metabolitos, así como para lograr la inactivación de microorganismos y enzimas o incluso algunos virus [6, 15]. De hecho, la UHPH es un proceso continuo que ofrece además una reducción importante de la carga microbiana, a un nivel equivalente a la pasteurización e incluso a la esterilización [1, 6, 28, 29]. La tecnología UHPH se basa en los mismos principios que la HC en jugos y néctares y HC en la leche con la gran diferencia de que en la UHPH se pueden alcanzar presiones superiores a 200 MPa, gracias al diseño de las válvulas y a la utilización de nuevos materiales. Así, el tratamiento con UHPH se puede encuadrar dentro de las técnicas físicas emergentes con un mecanismo de acción basado en la utilización de fuerzas combinadas de cizalla, turbulencias, cavitación y altas presiones [6].

Los trabajos publicados sobre los efectos de UHPH en productos lácteos incluyen estudios en leche, queso y leches fermentadas, existiendo pocos trabajos sobre los efectos de UHPH en helados y nata. Estos trabajos han mostrado que, con el uso de la UHPH es posible lograr leche y productos lácteos física y microbiológicamente estables, con características sensoriales y nutricionales mejoradas, en comparación a los obtenidos con los tratamientos térmicos convencionales [27]. Sin embargo, se han realizado muy pocos estudios en emulsiones lácteas de tipo cremas o natas. Respecto a la nata, un estudio reciente ha mostrado que la UHPH, en comparación con la homogeneización convencional (15 MPa) seguida de un tratamiento térmico de pasteurización (63 °C, 30 min), es capaz de mejorar las características físico-químicas (reducción considerable del tamaño de partícula sin cremado) y vida útil microbiológica de la nata durante su almacenamiento en refrigeración (4 °C) (Thermo Scientific TSX505GA, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MS, EUA), sin afectar sus potenciales de coagulación enzimática al ser añadida a una leche desnatada. A nivel físico-químico con la UHPH se producen nuevas partículas recubiertas por las proteínas de la leche, lo que reduce la coalescencia y cremado [20].

Considerando las deficiencias en las características sensoriales de los productos reducidos en G, y los resultados obtenidos al tratar homogeneizar la nata con ultra alta presión, la hipótesis de trabajo de este estudio contempla la posibilidad de que el proceso UHPH produzca un queso fresco con características similares a un queso fresco de mayor contenido graso y procesado de forma convencional. Por ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la incorporación de nata homogeneizada con ultra alta presión en la elaboración de queso fresco bajo en G.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención y tratamiento de la nata

Para esta investigación se utilizó leche de vaca (*Bos taurus*) obtenida de una granja local (Santa Agnès de Malanyanes, Barcelona, España). La leche fue desnatada mediante una desnatadora (SE020V, Seital, San Torso, Italia). La nata obtenida se mezcló con la leche desnatada hasta obtener crema estandarizada con 20% de grasa. Se prepararon cuatro lotes diferentes de crema. El primer lote se pasteurizó (65 °C por 30 min) en un sistema de pasteurización discontinuo (TB-1009 184, Gracia, SA, Viladecans, Barcelona). Otro lote se sometió a un tratamiento de HC en un homogeneizador convencional (Tetra Alex® S05, Tetra Pak®, Lund, Suecia) a presión de 15 MPa, seguido de una pasteurización en el sistema discontinuo a 65 °C por 30 min. Los dos lotes restantes de nata se sometieron a un tratamiento de UHPH a 300 MPa y $T_i = 40$ °C, mediante un equipo Stansted (FPG 12500, Stansted Benchtop, Essex, Reino Unido) con un caudal de 15 litros (L) por hora (h), capaz de llegar hasta 350 MPa, acoplado a la cabina laminar Telestar Mini-V/PCR (Terrassa, España). A uno de los lotes tratados por UHPH, se le adicionó un 1,5% de caseinato de sodio (NaCn) (Zeus Química, Barcelona, España) antes de la UHPH para mejorar el recubrimiento y evitar, en lo posible, la aglomeración de las nuevas partículas de grasa creadas por el sistema de UHPH, condiciones optimizadas en un estudio anterior [20]. Previo al tratamiento de UHPH, el equipo fue higienizado durante 15 min a 30 °C por circulación de un desinfectante compuesto por: una solución de agua (80%) en presencia de un agente desinfectante (20%) compuesto por ácido peracético y peróxido de hidrógeno (P3-Oxonia activo, Ecolab Hispano Portugués, Barcelona, España), y posteriormente esterilizado usando vapor

de agua a 135-140 °C durante 40 min (Caldera de tubos de fuego (Piro-tubular) WNS, Zhengzhou Boiler Co., Ltd., Henan, China).

Elaboración del queso fresco

Se prepararon 5 tipos de queso frescos, combinando leche desnatada y pasteurizada con las natas anteriormente descritas. En la TABLA I se presentan los tipos de quesos preparados y se describe de manera resumida su preparación. La temperatura de coagulación de la leche fue de 32 °C seguido de la adición de 0,010% (10 mg /100 L de leche) de enzima coagulante (quimosina recombinante, Chi-Max Extra, Chr. Hansen A/S, Hørsholm, Dinamarca), 1% de sal/100 L de leche y 10,5 g de $CaCl_2$ /100 L de leche (Larbus, Madrid). Después de una coagulación de 45 min, se procedió al corte de la cuajada utilizando una lira para realizar cortes verticales y horizontales (formando cuadros de 2 cm de lado). La cuajada fue cocinada a 35°C por un tiempo de 30 min para después proceder con el desuerado.

El moldeado se realizó en moldes redondos de 250 gramos (g) de queso fresco (ETSA Coquard, Villafranche-sur-Saone, Francia), posteriormente pasando por un periodo de desuerado de 2 h en el propio molde, realizando volteos sucesivos cada 30 min, y retirando el suero del molde para finalmente refrigerarlo en cámara de refrigeración a 4 °C (Thermo Scientific TSX505GA, Thermo Fisher Scientific, Waltham, Massachusetts, EUA). Los análisis se realizaron a los d 1 y 7 de almacenamiento a 4 °C.

Análisis físico-químicos

La determinación de sólidos totales se por gravimetría, mediante la desecación en estufa (Mettler UN110 plus, Schwabach, Alemania) a 102 °C hasta llevar a peso constante [10, 11]. El pH

TABLA I
TIPOS DE QUESO PREPARADOS Y DESCRIPCIÓN DE SU PREPARACIÓN

Queso fresco	Mezcla de:	Producto inicial:	Producto final
Entero	Leche desnatada y pasteurizada + nata pasteurizada (NP; 65 °C, 30 min)	Leche estandarizada con 3,2 % de grasa	Queso fresco entero (E)
Reducido en grasa	Leche desnatada y pasteurizada + nata pasteurizada (NP; 65 °C, 30 min)	Leche estandarizada con 1,5 % de grasa	Quesos frescos reducidos en grasa (RG)
Reducido en grasa	Leche desnatada y pasteurizada + nata homogenizada y pasteurizada (NHP, 15 MPa, 65 °C, 30 min)	Leche estandarizada con 1,5 % de grasa	Queso fresco reducido en grasa elaborado con nata homogenizada y pasteurizada (NHP15)
Reducido en grasa	Leche desnatada y pasteurizada + nata homogenizada mediante ultra alta presión -300 MPa (N; UHPH)	Leche estandarizada con 1,5 % de grasa	Queso fresco reducido en grasa elaborado con nata homogenizada y pasteurizada mediante ultra alta presión (UHPH300)
Reducido en grasa	Leche desnatada y pasteurizada + nata + 1,5 % de caseinato sódico; homogenizada mediante ultra alta presión -300 MPa (N+NaCn; UHPH300).	Leche estandarizada con 1,5 % de grasa	Queso fresco reducido en grasa elaborado con nata a la cual se le ha agregado caseinato sódico; homogeneizada y pasteurizada por ultra alta presión (UHPH300+NaCn)

se determinó a partir de una mezcla homogénea 1:1 de queso y agua mediante un pH-metro (GLP 21 model, Crison Instruments S.A, Alella, Barcelona, España) [5]. El contenido de grasa se analizó siguiendo el método de Van Gulik para quesos [12]. Todos estos análisis se realizaron por duplicado.

Rendimiento potencial quesero

El rendimiento potencial quesero de la leche desnatada mezclada con las diferentes natas utilizadas para cada tratamiento se estimó, por duplicado, mediante centrifugación usando una Centrifuge Sigma 4K15, Postfch, Alemania; y siguiendo el procedimiento sugerido por Calvo y Balcones [5]. En el caso de los quesos enteros se partió de 178,96 g de leche desnatada y se mezcló con 21,04 g de nata pasteurizada, mientras que para el resto de tratamientos se mezclaron 190,32 g de leche desnatada con 9,68 g de nata tratada por los diferentes procesos a los cuales fueron sometidas. Para cada tratamiento se utilizaron 5 alícuotas de 40 mililitros (mL) que se depositaron en tubos de centrifuga. Estas mezclas se atemperaron a 32 °C, se adicionó la preparación enzimática (0,035% v/v), y después de 30 min de coagulación, se centrifugaron las muestras (13.000 g, 15 min, 10 °C) y el rendimiento potencial quesero de estas mezclas se calculó por pesada (Balanza de precisión 440, Kern & Sohn GmbH, Ziegelei 1, 72336, Balingen-Frommern, Alemania) usando peso del coágulo de precipitación obtenido en el proceso de centrifugación y dividiéndolo entre el peso de mezcla láctea inicial. Esta proporción se multiplica por cien para expresar el rendimiento del potencial quesero en porcentaje.

Análisis de color

La toma del color se realizó a partir de las caras internas de un queso recién cortado a la altura de la mitad de su longitud. La toma del color se realizó en 8 puntos distintos mediante un colorímetro Hunter Lab (MiniScan XEETM, Huter Associates Laboratory Inc., Virginia, EUA). El colorímetro se calibró con las placas estándares de color negro y blanco. Los datos fueron adquiridos como valores numéricos en el espacio de color CIELAB, donde se obtuvieron valores según la escala del Comisión Internacional de Iluminación (CIE) (L, a*, b*) donde, el valor de L varía de 0 a 100 y da una medición de la luminosidad, el valor a* corresponde a la transición del color rojo (valores positivos) a verde (valores negativos) y b* la transición del color amarillo (valores positivos) a azul (valores negativos).

Análisis de textura

Se realizaron dos tipos de análisis para determinar la textura de los quesos, una compresión uniaxial (CU) y análisis de perfil de textura (TPA), utilizando un texturómetro TA-TX2 Texture Analyser (State Microsystem, Surrey, Reino Unido) con una célula de descarga de 245 Newtons (N) y a una velocidad de cabezal de 80 mm/min. Los análisis se realizaron a 20 °C. Las muestras de queso se cortaron en cubos de 1,5 cm³ (8 cubos de cada queso para cada ensayo de textura). En el caso de la

Compresión Uniaxial (CU) se comprimieron los cubos hasta el 80% de deformación de su altura original. Los valores de esfuerzo –stress– (σ) expresados en N/m y deformación –strain– (ϵ) expresado en unidades arbitrarias, se calcularon según la ecuación (1) propuestas por Calzada y Peleg [3].

$$\epsilon = \ln \frac{H_0}{H_0 - \Delta H} \quad \sigma(t) = \frac{F(t)}{A(t)} \quad ; (1)$$

fuerza en el tiempo t y $A(t)$ representa el área en el tiempo t , y ϵ simboliza la deformación verdadera; H_0 es la magnitud de la altura original de la muestra y ΔH simboliza la magnitud del cambio en altura. Para registrar el perfil de textura, los cubos se comprimieron hasta el 80% de su altura original durante 5 segundos (seg) con una fuerza de disparo de 0,049 N. Esto permitió determinar características importantes para la evaluación sensorial, como son dureza, adhesividad, cohesividad, elasticidad y masticabilidad.

Análisis microbiológico

La población de microorganismos en los quesos se evaluó previo al análisis sensorial para garantizar la seguridad de los catadores. El día 1 de producción se determinó los recuentos de mesófilos aerobios mediante el método de siembra en profundidad usando agar contaje de placas (siglas en inglés PCA) suministrado por Oxoid Ltd., Basingstoke, Hampshire, UK, en diluciones seriadas 10⁻¹ hasta 10⁻⁵, por duplicado y posterior incubación a 30°C por 48-72 horas. De manera similar se determinó el recuento de enterobacterias mediante Violet Red Bile Agar (VRBA, Oxoid Ltd., Basingstoke, Hampshire, Reino Unido), incubado por 24 h a 37 °C.

Análisis de datos

El diseño experimental corresponde con un diseño completamente aleatorizado con 5 tratamientos. Los resultados se expresaron como la media \pm desviación estándar (DE) de los valores experimentos. Los valores se analizaron con un análisis de varianza de una vía (ANOVA) utilizando un programa estadístico Statgraphics plus para Windows [26] tomando los tratamientos y tiempo de maduración como variables. Para determinar si existían diferencias significativas se realizó el test de Tukey con un nivel de significancia de $P < 0,05$. El experimento completo de tratamiento de nata y elaboración de los diferentes tipos de quesos se repitió en 2 ocasiones (duplicado).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis físico-químicos

Como se muestra en la TABLA II, los quesos bajos en grasa RG, NHP15, UHPH300, UHPH300+NaCn exhibieron un mayor

TABLA II

ALORES MEDIOS Y DESVIACIONES ESTÁNDAR DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LOS QUESOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN REFRIGERACIÓN

Tipo de queso	Humedad (%)	
	Día 1	Día 7
E	68,67 ^a ± 0,20	67,89 ^a ± 0,16
RG	70,21 ^b ± 0,56	69,18 ^b ± 0,36
NHP15	70,20 ^b ± 0,25	68,73 ^b ± 0,25
UHPH300	70,22 ^b ± 0,30	68,67 ^b ± 0,48
UHPH300+NaCn	70,90 ^c ± 0,43	69,61 ^c ± 0,47

porcentaje de humedad con respecto al queso fresco E, siendo el queso UHPH300+NaCn el que mostró mayor contenido de humedad. En el caso del queso E sin homogeneizar, el área de la superficie de sus poros por unidad de volumen es relativamente baja (poros relativamente grandes), por lo que la retención de humedad es menor y ocurre una mayor sinéresis, debido a que no hay impedimento de que una lámina de grasa pueda detener la salida del suero.

E (Queso fresco entero), RG (Queso fresco reducido en grasa), NHP15 (Queso fresco reducido en grasa elaborado con nata homogeneizada a 15 MPa y pasteurizada a 65 °C por 30 min), UHPH300 (Queso fresco reducido en grasa elaborado con nata tratada por UHPH), UHPH300+NaCn (Queso fresco reducido en grasa elaborado con nata adicionada de caseinato sódico al 1,5% y tratada por UHPH). Supra índices iguales en la misma columna indican que no existen diferencias significativas.

De manera similar, se puede explicar el porcentaje de humedad que mostraron los quesos RG. En los quesos RG, a menor contenido de grasa más fácil es la salida del agua hacia el medio, ya que los poros de la matriz del queso tendrán menos área de recubrimiento de su superficie. Sin embargo, en el caso de los quesos obtenidos con el tratamiento de altas presiones, los glóbulos de grasa se han hecho más pequeña lo que hace que el área de la superficie específica de sus poros por unidad de volumen sea relativamente alta (poros relativamente pequeños), por lo que la retención de humedad es alta. En el caso del tratamiento con homogeneización convencional es el mismo principio, en el momento de mezclar la leche desnatada con la crema homogeneizada, debido a la reducción del tamaño de los glóbulos de grasas, ocurre un aumento del área de la superficie de sus poros por unidad de volumen, que debe ser compensada con micelas de caseínas en las áreas faltantes a la superficie del glóbulo de grasa, por lo que aumentaría el área de la superficial de contacto de la caseína con el agua y ocurre una mayor retención de humedad. A medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento se pudo observar que los valores de humedad de los quesos el d 7 disminuyeron, debido a la pérdida de líquidos por desuerado del queso. Los valores medios de G obtenidos para los distintos quesos, expresados como porcentaje de G sobre extracto seco fueron: ~45% para el queso fresco E,

TABLA III

VALORES MEDIOS Y DESVIACIONES ESTÁNDAR DE pH DE LOS QUESOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN REFRIGERACIÓN

Tipo de queso	pH	
	Día 1	Día 7
E	6,50 ^{a,y} ± 0,04	6,26 ^{a,x} ± 0,23
RG	6,66 ^{b,y} ± 0,05	6,55 ^{b,x} ± 0,04
NHP15	6,58 ^{ab} ± 0,08	6,52 ^b ± 0,08
UHPH300	6,66 ^{b,y} ± 0,04	6,59 ^{b,x} ± 0,02
UHPH300+NaCn	6,59 ^{ab} ± 0,07	6,52 ^b ± 0,08

TABLA IV

VALORES MEDIOS Y DESVIACIONES ESTÁNDAR DEL RENDIMIENTO POTENCIAL QUESERO DE LOS QUESOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN CONDICIONES DE REFRIGERACIÓN

Tipo de queso	Rendimiento Potencial Quesero (%)
E	19,86 ^b ± 0,33
RG	15,83 ^a ± 0,83
NHP15	18,35 ^{ab} ± 0,92
UHPH300	17,21 ^a ± 0,52
UHPH300+NaCn	20,36 ^b ± 0,42

~28% para RG y ~27% para el grupo de quesos elaborados con nata homogeneizada, es decir para los quesos NHP15, UHPH300, UHPH300+NaCn. Estos valores de G encontrados en los quesos reducidos en G se encuentran en rango considerado para poder ser denominados quesos reducidos en G (< 30%) [17, 18] Reglamento CE 1924/2006 (reglamento modificado por el 1047/2012). La TABLA III muestra los valores obtenidos de pH en los quesos estudiados. El valor medio fue de 6,60 ± 0,07 en el d 1. Estos valores fueron similares a los valores típicos reportados para queso fresco (pH 6,5-6,7) [8]. El queso E fue el que mostró menor valor del pH, en comparación a los quesos reducidos en G, aunque en ocasiones los valores de pH del queso E *no* fueron significativamente diferentes ($P > 0,05$) a otros con menor contenido de G.

E (Queso fresco entero), RG (Queso fresco reducido en grasa), NHP15 (Queso fresco reducido en grasa elaborado con nata homogeneizada a 15 MPa y pasteurizada a 65 °C por 30 min), UHPH300 (Queso fresco reducido en grasa elaborado con nata tratada por UHPH), UHPH300+NaCn (Queso fresco reducido en grasa elaborado con nata adicionada de caseinato sódico al 1,5% y tratada por UHPH). Letras diferentes (a, b y c) en la misma columna señala diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$). Letras diferentes (x, y) en la misma fila señala diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$).

Durante el tiempo de almacenamiento (d 7), se observó una ligera disminución del pH de los quesos, registrándose un valor

TABLA V
VALORES MEDIOS Y DESVIACIONES ESTÁNDAR DE LOS PARÁMETROS QUE IDENTIFICAN EL COLOR DE LOS QUESOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN CONDICIONE DE REFRIGERACIÓN

	L*		a*		b*	
	Día 1	Día 7	Día 1	Día 7	Día 1	Día 7
E	94,88 ^b ± 0,43	95,05 ^{c,y} ± 0,23	0,17 ^{b,x} ± 0,07	0,29 ^{c,y} ± 0,16	11,80 ^e ± 0,13	11,66 ^d ± 0,31
RG	94,36 ^{a,x} ± 0,34	94,95 ^{b,y} ± 0,44	-0,59 ^{a,x} ± 0,12	-0,36 ^{b,y} ± 0,09	11,20 ^{d,y} ± 0,16	10,80 ^{c,x} ± 0,33
NHP15	94,30 ^a ± 0,25	94,38 ^a ± 0,20	-0,71 ^a ± 0,32	-0,54 ^a ± 0,17	10,87 ^c ± 0,22	10,66 ^{bc} ± 0,32
UHPH300	94,52 ^{ab} ± 0,41	94,22 ^a ± 0,50	-0,69 ^a ± 0,29	-0,62 ^a ± 0,12	10,43 ^b ± 0,17	10,51 ^b ± 0,31
UHPH300+NaCn	94,49 ^{ab} ± 0,63	94,62 ^{ab} ± 0,28	-0,62 ^{a,x} ± 0,11	-0,42 ^{b,y} ± 0,14	9,88 ^a ± 0,13	9,99 ^a ± 0,44

medio de 6,48 ± 0,09, lo cual, puede atribuirse fundamentalmente al crecimiento microbiano y a las actividades enzimáticas del queso [2]. Igual que para el d 1, el queso E fue el que exhibió menor valor de pH.

Rendimiento potencial quesero

Los valores estimados del rendimiento potencial quesero (RPQ) obtenido en los diferentes tipos de queso se muestran en la TABLA IV. En este análisis el RPQ del queso E sirve de referencia para efectos de comparación. Así, el queso RG obtenido por homogenización convencional de la nata fue el que mostró menor rendimiento potencial quesero ($P < 0,05$). Esto es de esperar, si consideramos que se le ha quitado parte de su grasa. En el caso de los quesos NHP15 y UHPH300, el aumento del RPQ en comparación con el queso RG se explica debido a que en estos quesos la formación de nueva membrana de los glóbulos de grasa aumenta la absorción de humedad. Sin embargo, el RPQ en los quesos UHPH300 sin caseinato de sodio es relativamente bajo aun cuando su porcentaje de humedad es elevado.

E (Queso fresco entero), RG (Queso fresco reducido en grasa), NHP15 (Queso fresco reducido en grasa elaborado con nata homogeneizada a 15 MPa y pasteurizada a 65 °C por 30 min), UHPH300 (Queso fresco reducido en grasa elaborado con nata tratada por UHPH), UHPH300+NaCn (Queso fresco reducido en grasa elaborado con nata adicionada de caseinato sódico al 1,5% y tratada por UHPH). Supra índices iguales en la misma columna indican que no existen diferencias significativas.

Esto se puede explicar, si consideramos que la estructura de la grasa ha sido tan modificada que es incapaz de quedar retenida en la matriz del queso y se pierde con el suero en el desuerado. Este fenómeno de pérdida de grasa se logra controlar con la adición de caseinato en lo quesos UHPG300+NaCn. En este caso, los resultados sugieren que el caseinato contribuye a lograr una mayor retención de grasa, humedad y a mantener el RPQ elevado o al menos comparable con el queso control (queso E). No obstante, se requieren mas estudios para validar y confirmar este resultado.

Análisis de color

La TABLA V muestra los valores numéricos de los parámetros de color para los diferentes tipos de queso. Estos resultados confirman que los quesos con leche homogenizada son menos amarillos y menos rojos, y esto se debe a que hay mayor cantidad de centro dispersores de luz blanca como producto del incremento del número de partículas debido a la homogeneización. Los valores registrados del parámetro L* de los quesos en los d 1 y 7 fueron muy similares, aunque ligeramente menores en comparación con el queso E para los quesos RG, NHP15, UHPH300 y UHPH300+NaCn.

L* (Luminosidad), a* (Tonalidad Verde-Rojo), b* (Tonalidad Azul-Amarillo). E (Queso fresco entero), RG (Queso fresco reducido en grasa), NPH15 (Queso fresco reducido en grasa elaborado con nata homogeneizada a 15 MPa y pasteurizada a 65 °C por 30 min), UHPH300 (Queso fresco reducido en grasa elaborado con nata tratada por UHPH), UHPH300+NaCn (Queso fresco reducido en grasa elaborado con nata adicionada de caseinato sódico al 1,5% y tratada por UHPH). Letras diferentes (a, b y c) en la misma columna señalan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$). Letras diferentes (x, y) en la misma fila señalan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$).

Lo que sugiere que los quesos homogenizados exhiben una tonalidad ligeramente más oscura que el queso de control (queso E). Esto se puede explicar al considerar que hay una mayor superficie específica de absorción de radiación en estos quesos, que hace que se pueda observar una ligera disminución en los valores numéricos de la luminosidad. También, en la TABLA V se puede observar que, en los quesos reducidos en G, el parámetro a* en los d 1 y 7 exhibieron valores significativamente menores (valores negativos) en comparación con el valor exhibido por el queso E. Estos valores del parámetro a* sugieren una tendencia a mostrar tonalidades verdes. Siendo esta tendencia significativa en los quesos E, RG y UHPH300+NaCn. Los quesos reducidos en G exhibieron valores del parámetro b* menores que el queso E en los días 1 y 7. Sin embargo, durante el tiempo de almacenamiento *no* se produjeron cambios significativos en este parámetro.

TABLA VI

VALORES MEDIOS Y DESVIACIONES ESTÁNDAR DE LOS PARÁMETROS DE FRACTURE STRESS Y FRACTURE STRAIN DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL DE LOS QUESOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN REFRIGERACIÓN

	<i>Fracture stress</i> (×10 kPa)		<i>Fracture strain</i> (u.a.)	
	Día 1	Día 7	Día 1	Día 7
E	1,24 ^a ± 0,24	1,36 ^{ab} ± 0,17	1,33 ^{ab} ± 0,13	1,40 ^a ± 0,08
RG	1,26 ^a ± 0,26	1,19 ^a ± 0,32	1,25 ^{a,x} ± 0,16	1,41 ^{a,y} ± 0,06
NHP15	1,20 ^a ± 0,21	1,30 ^{ab} ± 0,28	1,32 ^{ab,x} ± 0,11	1,46 ^{a,y} ± 0,13
UHPH300	1,39 ^a ± 0,41	1,54 ^b ± 0,30	1,39 ^{bc} ± 0,11	1,46 ^a ± 0,11
UHPH300+NaCn	1,36 ^{a,x} ± 0,37	1,88 ^{c,y} ± 0,43	1,45 ^c ± 0,12	1,47 ^a ± 0,09

TABLA VII

VALORES MEDIOS Y DESVIACIONES ESTÁNDAR DE LOS DIFERENTES PARÁMETROS DE PERFIL DE TEXTURA DE LOS QUESOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN REFRIGERACIÓN

Tipo de queso		Dureza	Adhesividad	Elasticidad	Cohesión	Masticabilidad
E	Día 1	12,36 ^a ± 2,27	-10,92 ^{a,y} ± 4,26	0,51 ^a ± 0,07	0,26 ^a ± 0,04	1,74 ^a ± 0,77
	Día 7	14,35 ^{ab} ± 2,77	-18,15 ^{a,x} ± 6,77	0,53 ^a ± 0,10	0,24 ^a ± 0,03	1,83 ^a ± 0,68
RG	Día 1	13,02 ^a ± 1,00	- 5,74 ^b ± 1,60	0,54 ^a ± 0,08	0,29 ^{b,y} ± 0,03	2,07 ^{ab} ± 0,47
	Día 7	12,99 ^a ± 2,33	- 8,54 ^b ± 5,32	0,58 ^a ± 0,10	0,26 ^{abc,y} ± 0,03	2,01 ^a ± 0,81
NHP15	Día 1	15,74 ^{bc} ± 2,21	- 5,28 ^{ab,x} ± 1,27	0,59 ^a ± 0,12	0,29 ^{b,y} ± 0,02	2,70 ^b ± 0,73
	Día 7	17,04 ^{bc} ± 1,83	-10,35 ^{b,x} ± 7,26	0,58 ^a ± 0,14	0,27 ^{c,x} ± 0,02	2,71 ^{bc} ± 0,81
UHPH300	Día 1	16,84 ^c ± 3,37	- 9,35 ^c ± 7,57	0,55 ^a ± 0,12	0,26 ^a ± 0,03	2,45 ^b ± 0,93
	Día 7	18,26 ^c ± 3,24	-10,91 ^b ± 6,37	0,50 ^a ± 0,04	0,27 ^{b,c} ± 0,03	2,44 ^{ab} ± 0,53
UHPH300 +NaCn	Día 1	14,20 ^{ab} ± 3,42	-14,49 ^{c,y} ± 6,83	0,55 ^a ± 0,10	0,26 ^a ± 0,03	2,08 ^{ab} ± 0,82
	Día 7	18,50 ^c ± 4,55	-11,56 ^b ± 7,01	0,53 ^a ± 0,08	0,24 ^{abc} ± 0,02	2,36 ^{ab} ± 0,56

E (Queso fresco entero), RG (Queso fresco reducido en grasa), NPH15 (Queso fresco reducido en grasa).

Análisis de textura

Los valores del esfuerzo (stress) y deformación (strain) en el momento de la fractura se muestran en la TABLA VI. En general, en el d 1 los quesos exhibieron valores similares de esfuerzo antes de la fractura (EAF) "Fracture stress". Al d 7, en general, la EAF aumentó para la mayoría de los quesos manteniéndose, las diferencias antes mencionadas entre quesos.

E (Queso fresco entero), RG (Queso fresco reducido en grasa), NPH15 (Queso fresco reducido en grasa elaborado con nata homogeneizada a 15 MPa y pasteurizada a 65 °C por 30 min), UHPH300 (Queso fresco reducido en grasa elaborado con nata tratada por UHPH), UHPH300+NaCn (Queso fresco reducido en grasa elaborado con nata adicionada de caseinato sódico al 1,5% y tratada por UHPH). Letras diferentes (a, b y c) en la misma columna señalan diferencias estadísticamente significativas (P<0,05). Letras diferentes (x, y) en la misma fila señalan diferencias estadísticamente significativas (P<0,05).

El aumento del EAF durante el tiempo de almacenamiento está relacionado con la disminución de la humedad que

sufren los quesos frescos debidos al desuerado espontáneo en el propio envase [8]. Los valores obtenidos de la máxima deformación antes de la fractura (DAF) "fracture strain" en los quesos muestran que el queso que más se deforma antes de fracturar fue el UHPH300+NaCn (exhibiendo menor rigidez) y el que menos se deformó fue el queso RG. Durante la transición del tiempo de almacenamiento se pudo observar que la deformabilidad de los quesos aumentó ligeramente, aumentando su rigidez. La máxima DAF que exhibieron los quesos logrados por homogeneización al d 7 fue muy similar. Los valores obtenidos para los parámetros texturales se muestran en la TABLA VII. Los resultados sugieren que los quesos más duros fueron los quesos NHP15 y UHPH300. La reducción del tamaño de los glóbulos de grasa por efecto de la homogeneización, permite que la red proteica sea más homogénea, ya que no, hay interrupción de la misma por efecto del tamaño de los glóbulos de grasa, por lo que aumenta la firmeza en los quesos [13,14].

E (Queso fresco entero), RG (Queso fresco reducido en grasa), NPH15 (Queso fresco reducido en grasa elaborado con nata homogeneizada a 15 MPa y pasteurizada a 65 °C por 30 min), UHPH300 (Queso fresco reducido en grasa elaborado

con nata tratada por UHPH), UHPH300+NaCn (Queso fresco reducido en grasa elaborado con nata adicionada de caseinato sódico al 1,5% y tratada por UHPH). Letras diferentes (a, b y c) en la misma columna señalan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$). Letras diferentes (x, y) en la misma fila señalan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$).

Así mismo [14-16,21,22], también observaron en quesos reducidos en G, que la dureza del queso aumentó cuando se retiró parte de la G de la leche de quesería. En d posteriores de almacenamiento (d 7) la dureza aumentó en la mayoría de los quesos, aunque de manera *no* significativa ($P > 0,05$). La cohesión se deriva de la fuerza ejercida por los enlaces internos entre las partes componentes del queso. La cohesión fue mayor en el queso fresco RG y NHP15, que, en los demás tipos de queso, pero al avanzar el tiempo de almacenamiento, la cohesión disminuyó. Estos resultados, concuerdan con los obtenidos por varios autores [23], quienes reportaron que la reducción de G aumentó la cohesión de los quesos. Si bien, en general se acepta que la reducción de G aumenta la cohesión de los quesos, en el caso de los quesos reducidos en G donde la G fue homogenizada por UHPH, la cohesión de estos quesos fue muy similar a la presentada por los quesos frescos E. Los valores de adhesividad fueron menores en los quesos frescos E y UHPH300+NaCn, en comparación al resto de quesos. Sin embargo, la adhesividad aumentó para todos los quesos a excepción UHPH300+NaCn. Los valores de elasticidad fueron muy similares entre los quesos y se mantuvo constante durante el tiempo de almacenamiento. La masticabilidad, definida como la energía necesaria para masticar las muestras de queso, exhibió valores mayores en los quesos reducidos en G, en especial en el NHP15 y *no* se observaron diferencias significativas ($P > 0,05$) en la masticabilidad después de 7 d de almacenamiento. Estos resultados se explican en términos del efecto del incremento de la superficie específica de los glóbulos de grasa y del efecto de la caseína incrementado la retención de humedad en los quesos UHPH+NaCn, así como, el incremento de la densidad de enlaces débiles e incompletos en la membrana de los glóbulos de grasa de tamaño reducido. Sin embargo, la explicación de estos resultados demanda un estudio que se sale del alcance de esta investigación.

CONCLUSIONES

El proceso de HC y el de homogenización a ultra alta presión de la nata tuvo un efecto significativo en la composición y textura de los quesos obtenidos. Con estos procesos se lograron quesos frescos con un contenido de G reducido más húmedos y firmes, en comparación a su homólogo. La adición de caseinato sódico a la nata, previo al tratamiento de UHPH, mejoró el rendimiento potencial quesero a valores similares al obtenido a partir de leche entera.

Los resultados obtenidos con el uso de la tecnología de UHPH, en la fabricación de queso fresco con un contenido de G reducido, representa un aspecto de connotación a nivel industrial y de consumidor.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] AMADOR-ESPEJO, G.G.; HERNÁNDEZ-HERREO, M.M.; JUAN, B.; TRUJILLO, A. J. Inactivation of *bacillus* spores inoculated in milk by ultra-high pressure homogenization. **Food Microbiol.** 44:204–210. 2014.
- [2] AUGUSTIN, M. A.; VERSTEEG, C. Milk Fat: Physical, Chemical and Enzymatic Modification. In **Advanced Dairy chemistry** Volume 2: Lipids. Fox, P. F. (Eds); McSweeney, P. L. H. (Eds). Springer Science+Business Media Inc. New York EUA. Pp. 293-325. 2006..
- [3] CALZADA, J.F.; PELEG, M. Mechanical interpretation of compress-sive stress-strain relationships of solid foods. **J. Food Sci.** 43(4): 1087-1092. 2006.
- [4] DALMEIJER, W.G.; STRUIJK, A.E.; VAN DER SCHOUW, T.Y.; SOEDAMAH-MUTHU, S.S.; VERCHUREN, M.W.; BOER, M.J., GELEIJNSE, M.J.; BEULENS, J.J. Dairy intake and coronary heart disease or stroke- A population-based cohort study. **Int. J. Cardiol.** 167:925-929. 2013.
- [5] DEETH, H. C.; LEWIS, M. J. **High-temperature processing of milk and milk-products.** John Wiley & Sons Ltd. West Susses. Reino Unido. Pp. 558. 2017.
- [6] DUMAY, E.; CHEVALIER-LUCIA, D.; PICART-PALMADE, L.; ENZARIA, A.; GRÀCIA-JULIÀ, A. Technological aspects and potential applications of (ultra) high-pressure homogenization. **Trends Food Sci. Tech.** 31:13-26. 2013.
- [7] FERRAO, L.L.; SILVA, E.B.; SILVA, H.L.A.; SILVA, R.; MOLLAKHALILI, N.; GRANATO, D.; FREITAS, M.Q.; SILVA, M.C.; RAICES, R.S.L.; PADILHA, M.C.; ZACARCHENCO, P.B.; BARBOSA, M.I.; MORTAZAVIAN, A.M.; CRUZ A.G. Strategies to develop healthier processed cheeses: Reduction of sodium and fat contents and use of prebiotics. **Food Res. Int.** 86:93-102. 2016.
- [8] FRESNO, M.; ÁLVAREZ, S. Análisis sensorial de los quesos de cabra de pasta prensada. **Manual de cata para el queso Majorero DOP y Palmero DOP.** Editorial Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, Santa Cruz de Tenerife, Fresno, M.; Álvarez, S. (Eds), Pp 225. 2007.
- [9] HEBISHY, E.; BUFFA, M.; JUAN, B.; BLASCO-MORENO, A.; TRUJILLO, A. J. Ultra high-pressure homogenized emulsions stabilized by sodium caseinate: Effects of protein concentration and pressure on emulsions structure and stability. **LWT. Food Sci. Technol.** 76: 57-66. 2017.
- [10] HENNEBERRY, S.; WILKINSON, M. G.; KILCAWLEY, K. N.; KELLY, P. M.; GUINEE, T. F. Interactive effects of salt and fat reduction on composition, rheology and functional properties of mozzarella-style cheese. **Dairy Sci. Technol.** 95(5): 613-638. 2015.

- [11] INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION- FIL-IDF 4A:1982. Cheese: Determination of Total Solids Content. International Dairy Federation, Brussels, Belgium. Pp.20. 1986.
- [12] INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION-FIL-IDF 222. Cheese: Determination of fat Content-Van Gulik method. International Dairy Federation, Brussels, Belgium. Pp.20. 2008.
- [13] INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION- FIL-IDF 99-1. Milk and milk products. Sensory analysis. International Dairy Federation, Brussels, Belgium. Pp.20. 2009.
- [14] KÜÇÜKÖNER, E.; HAQUE, Z. U. Physicochemical properties of low-fat and full-fat Cheddar cheeses. **Int. Dairy J.** 59:166-170. 2006.
- [15] LIU, J.; ZAMORA, A.; CASTILLO, M.; SALDO, J. Modeling the effect on skim milk during ultra-high pressure homogenization using front-face fluorescence. **Innovative Food Sci. Emerg. Technol.** 47: 439-444. 2018.
- [16] MCMAHON, D.J.; ALLEYNE, M.C.; FIFE, R.L.; OBERG, C.J. Use of fat replacers in low fat mozzarella cheese. West. Cent. **Dairy Protein Res. Technol.** 79:1911-1921. 1996.
- [17] PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO. Reglamento (CE) No. 1924/2006. Diario relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos. Diario Oficial de la Unión Europea 404/9. Pp 9-25. 2006.
- [18] PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO. Reglamento (UE) No. 1047/2012. Diario relativo a la lista de declaraciones nutricionales. Diario Oficial de la Unión Europea. **L310/16**. Pp 2. 2012.
- [19] PICART, L.; THIEBAUD, M.; RENÉ, M.; GUIRAUD, J. P.; CHEFTEL, J. C.; DUMAY, E. Effects of high pressure homogenization of raw bovine milk on alkaline phosphatase and microbial inactivation. A comparison with continuous short-time thermal treatments. **J. Dairy Res.** 73(4): 54-463. 2006.
- [20] RODARTE, D.; ZAMORA, A.; TRUJILLO, A. J.; JUAN, B. Effect of ultra-high pressure homogenization on cream: Shelf life and physicochemical characteristics. **LWT. Food Sci. Technol.** 92:108-115. 2014.
- [21] ROMEIH, E. A.; MICHAELIDOU, A.; BILIADERIS, C. G.; ZERFIRIDIS, G. K. Low-fat white-brined cheese made from bovine milk and two commercial fat mimetics: chemical, physical and sensory attributes. **Inter. Dairy J.** 12(6): 525-540. 2002.
- [22] ROGERS, M.A. Novel structuring strategies for unsaturated fats – Meeting the zero- trans, zero-saturated fat challenge: A review. **Food Res. Int.** 42:747-753. 2009.
- [23] SAHAN, N.; YASAR, K.; HAYALOGLU, A.; KARACA, O.; KAYA, A. Influence of fat replacers on chemical composition, proteolysis, texture profiles, meltability and sensory properties of low-fat Kashar cheese. **J. Dairy Res.** 75: 1-7. 2008.
- [24] SANDOVAL-CASTILLA, O.; LOBATO-CALLEROS, C.; AGUIRRE-MANDUJANO, E.; VERNON-CARTER, E. J. Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers. **Int. Dairy J.** 14(2): 151-159. 2004
- [25] SHARABI, S.; OKUN, Z.; SHPIGELMAN, A. Changes in the shelf life stability of riboflavin, vitamin C and antioxidant properties of milk after (ultra) high pressure homogenization: Direct and indirect effects. **Innovative Food Sci. Emerg. Technol.** 47: 161-169. 2018.
- [26] STATPOINT. Technologies, Inc. Statgraphics Centurion XVI. Warrenton VA, USA. 2012.
- [27] TRUJILLO, A.J.; FERRAGUT, V.; JUAN, B.; ROIG-SAGUÉS, A.X.; GUAMIS, B. Processing of dairy products utilizing high pressure. **High Pressure Processing of Food**. Food Engineering Series, Balasubramaniam, V.; Barbosa-Cánovas, G.; Lelieveld, HV (Eds.), Springer Science Business Media, New York, USA. Pp. 553-590. 2016.
- [28] ZAMORA, A.; GUAMIS, B. Opportunities for ultra-high-pressure homogenization (UHPH) for the food industry. **Food Engineering Rev.** 7(2): 130-142. 2014.
- [29] ZAMORA, A.; FERRAGUT, V.; JARAMILLO, P.D.; GUAMIS, B.; TRUJILLO, A. Effects of ultra- high pressure homogenization on the cheese-making properties of milk. **J. Dairy Sci.** 90: 19-23. 2007.



UNIVERSIDAD
DEL ZULIA

REVISTA CIENTÍFICA

Vol, XXIX, Nº 2

*Esta revista fue editada en formato digital y publicada en
Abril 2019, por La Facultad de Ciencias Veterinarias,
Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela.*

www.luz.edu.ve
www.serbi.luz.edu.ve
produccioncientifica.luz.edu.ve