



## Propiedades fisicoquímicas y aceptabilidad sensorial de yogur de leche descremada de cabra frutado con mango y plátano en pruebas aceleradas

Physicochemical properties and sensory acceptability of goat's milk fruit yogurts with mango and banana using accelerated testing

Víctor Vásquez-Villalobos<sup>1\*</sup>, Víctor Aredo<sup>2</sup>, Lía Velásquez<sup>2</sup>, María Lázaro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Regional de Investigación Agraria – IRIA. Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n, Trujillo, Perú.

<sup>2</sup>Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n, Trujillo, Perú.

Recibido 14 mayo 2015. Aceptado 22 septiembre 2015.

### Resumen

Dos tipos de yogur de leche descremada de cabra (3% de grasa) frutado con mango (YM) y plátano (YP) fueron almacenados a temperaturas de 5 °C, 15 °C y 25 °C durante 72 horas. Cada 24 horas se analizó el pH, acidez titulable, sólidos totales, grasa y proteína. Asimismo se evaluó la aceptabilidad sensorial con 75 consumidores habituales de yogur, que respondieron con “sí” o “no” a la pregunta ¿consumiría este producto?. Al inicio, el pH, acidez, sólidos totales, grasa y proteína fue 4,35 y 4,36; 0,76% y 0,75%; 12,71% y 13,23%; 3,2% y 3,3%; 4,4% y 4,5%, respectivamente para el YM y el YP, cumpliendo con normas conocidas para yogur de leche de vaca: rango de acidez 0,5%-1,6%, grasa valor máximo 15% y proteína valor mínimo 2,7%. La aceptabilidad sensorial del YM y el YP fue alta, con 88,9% y 94,7%, respectivamente. Durante el almacenamiento en condiciones aceleradas, el pH disminuyó hasta 3,88 y 3,92; la acidez titulable aumentó hasta 1,1% y 0,93%; los sólidos totales, grasa y proteína disminuyeron hasta 9,37% y 9,7%; 2,4% y 2,0%; 2,5% y 2,6%, respectivamente para el YM y el YP, permaneciendo dentro de los límites de las normas consultadas. La aceptabilidad sensorial disminuyó hasta 4% y 5,33% para el YM y el YP respectivamente. Estimando así la vida útil de la aceptabilidad sensorial (V.U.A.S.) a 4°C en 69 y 49 h (para un porcentaje de rechazo de 25%), 193 y 111 h (para un porcentaje de rechazo de 50%) para el YM y el YP respectivamente.

**Palabras clave:** yogur de leche de cabra, leche descremada de cabra, pruebas aceleradas, vida útil, cinética de reacciones.

### Abstract

Two types of skimmed (fat 3%) goat's milk fruit yogurt with mango (YM) and banana (YB) were stored at temperatures of 5 °C, 15 °C and 25 °C for 72 hours. Every 24 hours the pH, titratable acidity, total solids, fat and protein were analyzed. Sensory acceptability was also evaluated with 75 yogurt frequent consumers, who responded with "yes" or "no" to the question ¿would you consume this product? At the beginning pH, acidity, total solids, fat and protein were 4.35 and 4.36; 0.76% and 0.75%; 12.71% and 13.23%; 3.2% and 3.3%; 4.4% and 4.5%, for the YM and YB respectively, meeting known standards for cow's milk yogurt: range of acidity 0.5%-1.6%, fat maximum value 15% and protein minimum value 2.7%. The sensory acceptability of the YM and the YB was high, with 88.9% and 94.7%, respectively. During storage under accelerated conditions, pH decreased to 3.88 and 3.92; titratable acidity increased to 1.1% and 0.93%; total solids, fat and protein decreased to 9.37% and 9.7%; 2.4% and 2.0%; 2.5% and 2.6%, for the YM and YB respectively, while remaining within the limits of the standards consulted. The sensory acceptability decreased to 4% and 5.33% for YM and YB respectively. Therefore the shelf life of the sensory acceptability was estimated (S.S.A) at 4°C in a rejection percentage of 25% and 50%, 69 and 49 h; 193 and 111 h, for the YM and YB respectively.

**Keywords:** goat's milk yogurt, skimmed goat's milk, accelerated testing, shelf life, reactions kinetics.

### 1. Introducción

Los registros de la producción láctea de la última década (2004 – 2013) de la FAO

(FAOSTAT, 2013), evidencian que la producción de leche de vaca en el mundo aumentó un 20%, y en el Perú un 42%. La

\* Autor para correspondencia  
E-mail: [vvasquez@unitru.edu.pe](mailto:vvasquez@unitru.edu.pe) (V. Vásquez-Villalobos).

producción de leche de cabra en el mundo aumentó un 25%, y en el Perú un 19%. Se menciona que este incremento, es resultado del fomento de la producción, así como de la investigación científica en la mejora de la calidad (García *et al.*, 2014), lo que ha permitido cambiar la idea errónea del intolerable sabor de la leche de cabra, que se remonta al hecho que en algunas oportunidades es obtenida en condiciones sanitarias deficientes y a una mala fabricación de sus derivados. Por lo que el desarrollo futuro del sector, tiene que contemplar el desarrollo de productos especializados en granjas o plantas de procesamiento comerciales con instalaciones adecuadas y bien organizadas, para que los beneficios se reflejen en la sostenibilidad económica de los integrantes de la cadena de valor (Ribeiro y Ribeiro, 2010). Que de ejecutarse en nuestro ámbito se traduciría en una mejora situacional del sector que aún no implementa normas técnicas para la leche de cabra y sus derivados, y tampoco cuenta con un registro exacto de la producción. Sin embargo autores como Haenlein, (2004) y Pirisi *et al.*, (2007) mencionan que, en países en desarrollo es probable que la producción de leche de cabra sea mucho mayor a lo reportado en las estadísticas oficiales, principalmente por la gran cantidad de consumo doméstico no declarado, ya que es común que la leche de cabra sea procesada directamente por agricultores, que en su mayoría no informan de la cantidad producida o procesada.

El consumidor actual busca alimentos de alta calidad considerando dentro de sus expectativas además de aspectos organolépticos o sensoriales, propiedades nutricionales y funcionales (McGhee *et al.*, 2015; Ribeiro y Ribeiro, 2010), llegando a ser tal el interés en ciertos mercados en la “salud” o la “especialización del producto” que el precio pasa a segundo plano (Mowlem, 2005). Es donde el yogur de leche de cabra representa un producto superior al yogur de leche de vaca, debido

a que las características más resaltantes de la leche de cabra son ser menos alergénica y poseer mayor digestibilidad que la leche de vaca (García *et al.*, 2014; Haenlein, 2004). Respecto al carácter hipoalergénico de la leche de cabra, Haenlein (2004) señala que a pesar de que no hay datos exactos de las alergias a las proteínas de la leche de vaca, ya sea por la variedad de proteínas (18 proteínas) o por la dificultad de realización de métodos de diagnóstico diferencial, el bajo contenido de caseína  $\alpha$ -s-1 en la leche de cabra puede ser la razón de su baja alergenicidad. También se conoce que la alergia a leche de vaca causada por la  $\alpha$ -lactoalbúmina (que provoca reacciones en la piel), ha sido resuelta en un 40% con el consumo de leche de cabra. Mientras que la mayor digestibilidad de la leche de cabra se debe al menor tamaño de glóbulos grasos que la leche de vaca, lo cual ofrece una mayor superficie a la acción de las enzimas lipolíticas (Raynal-Ljutovac *et al.*, 2007). En la producción de yogur de leche de cabra, los beneficios de la leche de cabra pueden ser potenciados por la adición de bacterias ácido lácticas que actúan como probióticos, cuyos beneficios en pro de la salud están bien documentados, como puede ser la mejora del sistema inmune, reducción de la intolerancia a la lactosa, la reducción del nivel de colesterol y posibles propiedades anticancerígenas (Senaka *et al.*, 2012). Por otro lado, el consumo de alimentos altos en grasa es desalentado, debido a que la grasa en la dieta ha sido asociada con la incidencia de enfermedades coronarias, diabetes y otros problemas de salud (OMS, 2010). Lo que ha originado que el consumo de productos lácteos bajos en grasa sea cada vez más popular en los últimos años (McGhee *et al.*, 2015; Johnson *et al.*, 2009). Esta afirmación, complementada con el hecho de que algunos ácidos grasos presentes en la leche de cabra son los responsables del aroma y en parte de su sabor atípico propio (Rojas *et al.*, 2007), justifican un descremado parcial de la leche de cabra

destinada a la elaboración de yogur, con el fin de aumentar la aceptabilidad del producto.

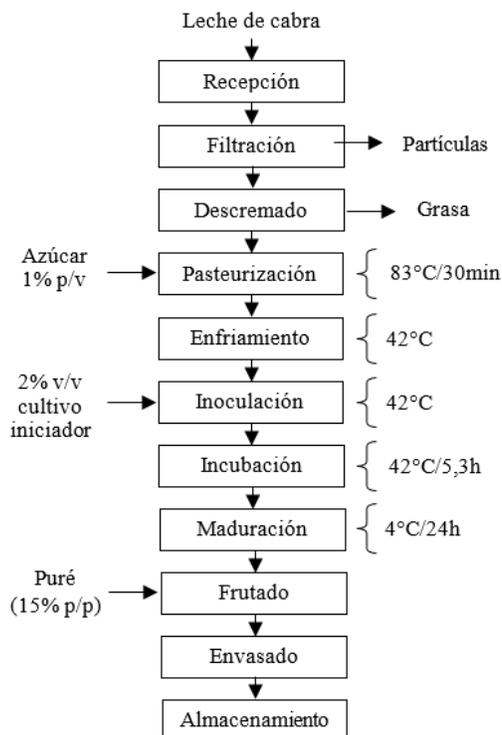
Considerando la potencialidad del yogur es conveniente estudiar su estabilidad y vida útil. En el caso de la vida útil sensorial, los alimentos no tienen una caducidad propia, sino que dependen de su interacción con el consumidor (Curia *et al.*, 2005) y puede estimarse con datos de una evaluación sensorial en pruebas aceleradas (Hough y Fiszman, 2005).

A pesar de la importancia nutricional, comercial y social de la leche de cabra y derivados, no existen muchos estudios referidos a yogur de leche de cabra (Guler-Akin y Akin, 2007; Moneim *et al.*, 2011; Senaka *et al.*, 2012; Sumarmono *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2012). La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la estabilidad fisicoquímica y la aceptabilidad sensorial de yogur de leche de cabra frutado durante el almacenamiento en condiciones aceleradas y determinar su vida útil sensorial a 4°C.

## 2. Material e métodos

### Elaboración de yogur con leche descremada de cabra

Se utilizó como materia prima leche de cabra (*Capra aegagrus hircus*) de la raza criolla Anglo-Nubian, procedente de la localidad de Buena Vista-Virú, Región La Libertad (Perú). La secuencia del procedimiento de elaboración se muestra en la Figura 1. En la etapa de recepción se realizaron análisis fisicoquímicos para el control del proceso. El descremado de la leche se realizó en un separador de crema “Lakshmi Ball Bearing RS-9” de 165L/h de capacidad con tornillo regulador ajustado para obtener un máximo descremado. La incubación se realizó hasta alcanzar una acidez titulable de 0,8% de ácido láctico y un pH de 4,5. El frutado, se llevó a cabo adicionando purés de mango y plátano. El yogur envasado fue almacenado a diferentes temperaturas para las pruebas posteriores.



**Figura 1.** Diagrama del proceso de elaboración de yogur frutado de leche descremada de cabra.

### Elaboración de purés de plátano y mango

Las materias primas de los purés fueron plátano (*Musa paradisiaca*) variedad Cavendish y mango (*Mangifera indica* L.) variedad Kent. Las frutas fueron lavadas en agua clorada (200 ppm). Los plátanos fueron pelados manualmente y sumergidos en una solución de agua con 0,1% de ácido cítrico durante 3 minutos para inactivar la enzima polifenoloxidasas, posteriormente fueron empacados previa adición de ácido ascórbico 0,05% p/p en bolsas de polietileno para evitar el contacto con el oxígeno, y fueron triturados de forma manual en este envase hasta formar un puré. Los mangos fueron pelados y trozados manualmente empleando un cuchillo de acero inoxidable, y triturados en una licuadora. El puré de mango fue envasado en bolsas de polietileno y tratado térmicamente (65°C por 30 min). Finalmente, ambos purés fueron almacenados para su conservación a 4°C.

### 2.3 Almacenamiento para pruebas aceleradas

Ambos yogures de leche descremada de cabra (LDC) frutado con plátano (YP) y mango (YM) fueron almacenados a temperaturas de 5 °C, 15 °C y 25 °C durante 72 horas; cada 24 horas se realizaron análisis fisicoquímicos y se extrajeron muestras las que fueron refrigeradas a 4 °C, para la evaluación sensorial.

### 2.4 Análisis de las propiedades fisicoquímicas

Los análisis fisicoquímicos empleados fueron: Densidad relativa (INDECOPI-PERÚ, 1998a); pH por método potenciométrico (A.O.A.C., 1995); acidez titulable por método volumétrico (INDECOPI-PERÚ, 2008); grasa por técnica de Gerber (INDECOPI-PERÚ, 1998b); sólidos totales (INDECOPI-PERÚ, 1998c); proteínas por método volumétrico de titulación con formol (Rosas, 2014).

### 2.5 Evaluación sensorial

Se realizó utilizando 75 panelistas no entrenados consumidores habituales de yogur de leche de vaca. Cada uno recibió 3 vasos con muestras (10 mL) de cada tipo de yogur a 4°C que estuvieron almacenados un tiempo determinado a 5°C, 15°C y 25°C, así como una hoja de Evaluación Sensorial con la pregunta para cada muestra: ¿Usted consumiría este producto?, ¿sí o no?. Los datos fueron expresados en porcentaje de aceptabilidad, siguiendo la Ecuación (1):

$$\% \text{ Aceptabilidad sensorial} = \frac{(\text{Cantidad de respuestas "sí"})}{\text{número de panelistas}} \times 100 \quad (1)$$

### 2.6 Estudio de cinética de reacción de las propiedades fisicoquímicas y de la aceptabilidad sensorial

La cinética de reacción de las propiedades fisicoquímicas (pH, acidez titulable, sólidos totales, grasa y proteína) y de la aceptabilidad sensorial, en función al tiempo y a temperaturas de almacenamiento de

5 °C, 15 °C, 25 °C, fueron evaluadas mediante cinética de reacciones de acuerdo al modelo de la ecuación diferencial (2) para reacciones de orden cero, primer y segundo orden; representadas en las ecuaciones linealizadas (3, 4 y 5). Mediante la regresión de estas ecuaciones y la evaluación del coeficientes de determinación ( $R^2 \approx 1$ ), se determinó el orden de reacción. El efecto de la temperatura en la cinética de reacción fue evaluado con las constantes de velocidad de reacción de orden global, usando una ecuación tipo Arrhenius (6) en su expresión linealizada (7), la que permitió determinar la energía de activación de las propiedades fisicoquímicas y del atributo aceptabilidad sensorial.

$$k[Q]^n = \pm \frac{d[Q]}{dt} \quad (2)$$

$$n = 0, \quad Q_f = Q_0 + kt \quad (3)$$

$$n = 1, \quad \ln Q_f = \ln Q_0 + kt \quad (4)$$

$$n = 2, \quad \frac{1}{Q_f} = \frac{1}{Q_0} + kt \quad (5)$$

$$k = k_0 * e^{\left(\pm \frac{E_a}{RT}\right)} \quad (6)$$

$$\ln(k) = \ln(k_0) \pm \frac{E_a}{RT} \quad (7)$$

Dónde Q: propiedad fisicoquímica o atributo aceptabilidad sensorial; t: Tiempo de almacenamiento; k: Constante de la velocidad de reacción; n: Orden de reacción;  $Q_0$  y  $Q_f$ : Valores iniciales y finales respectivamente de la propiedad fisicoquímica o del atributo aceptabilidad sensorial;  $E_a$ : Energía de activación; R: Constante universal de los gases; T: temperatura en Kelvin.

Considerando que para la linealización se aplicó un proceso de regresión, Montgomery y Runger (2012) recomiendan tener en cuenta intervalos de confianza dentro de valores superiores e inferiores al 95% para respuesta de valor promedio, lo cual se realizó utilizando la Ecuación (8):

$$\hat{Y}_0 = \pm t(v, 1 - \alpha/2) \left\{ \frac{1}{n} + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{\sum(x_i - \bar{x})^2} \right\}^{1/2} s \quad (8)$$

Dónde:  $\hat{Y}_0$ : Punto ubicado dentro de la línea promedio a un valor dado de la ordenada (y);  $t(v, 1 - \alpha/2)$ : Distribución *t* de student de 2 colas; *s*: Error típico.

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1 Análisis fisicoquímico de la leche entera de cabra (LEC) y leche descremada de cabra (LDC)

En la Tabla 1 se presentan los valores de los análisis fisicoquímicos de la leche de cabra realizados antes y después del descremado, operación que redujo el contenido de grasa de 5% a 3%. Una baja reducción de grasa es resultado de la capacidad limitada de la centrifuga descremadora de separar un mayor volumen, debido al tamaño pequeño de los glóbulos de grasa en la leche que poseen diámetros de 1,5 a 3,0  $\mu\text{m}$ , los cuales son considerablemente inferiores a los que posee la leche de vaca (4,5  $\mu\text{m}$ ) y adicionalmente, al bajo contenido de euglobulinas y aglutininas en la leche de cabra que dificultan la formación de crema (Haenlein, 2004). El 3% de grasa obtenido en la leche de cabra, constituye un equilibrio entre lo negativo del colesterol y lo positivo del aporte de los ácidos grasos poliinsaturados omega-3, que previenen enfermedades cardiovasculares y, ácido linoleico conjugado que se le confiere potenciales propiedades anticancerígenas (García *et al.*, 2014).

El INS-PERÚ (2009) reporta un 3,8% de grasa en leche de cabra. Sin embargo, las cabras de la raza Anglo-Nubian contienen 4,5% de materia grasa, valor inferior al encontrado en la presente investigación (5,0%). Según Haenlein (2004) la composición de nutrientes de la leche de cabra puede ser influenciado por factores como: la temporada, las etapas de la lactancia, la raza, la dieta, el animal individual y las condiciones ambientales; siendo la nutrición el factor de mayor impacto afectando principalmente el contenido graso.

Los valores de densidad de la LEC y LDC (Tabla 1) son próximos a los reportados por (Fung *et al.*, 2004). En tanto, el valor de sólidos totales determinado en la LEC es más alto (14%) que el reportado por Eissa *et al.* (2010). Los cambios en la LDC respecto a la LEC se deben netamente al

proceso de descremado, ya que la grasa es un componente de los sólidos totales de la leche que disminuye el valor de densidad. Asimismo los valores de pH, acidez y proteína, son similares a los reportados por otros autores como Frau *et al.* (2007) y Castagnasso *et al.* (2007).

**Tabla 1**  
Propiedades fisicoquímicas de la LEC y LDC

Características	LEC (5% grasa)	LDC (3% grasa)	Referencia LEC
Densidad (g/mL)	1,0302	1,0340	1,027-1,030 <sup>(a)</sup>
pH	6,67	6,56	6,7 <sup>(b)</sup>
Acidez ( $^{\circ}\text{D}$ )	15,5	15,5	15,64 <sup>(c)</sup>
Proteína (%)	3,9	3,8	3,757 <sup>(c)</sup>
Sólidos Totales (%)	14,00	12,67	13,2 <sup>(d)</sup>

Referencia: <sup>(a)</sup> Fung *et al.* (2004) densidad a 15°C, <sup>(b)</sup> Frau *et al.* (2007) leche de cabra de raza Anglo Nubian, <sup>(c)</sup> Castagnasso *et al.* (2007), <sup>(d)</sup> Eissa *et al.* (2010).

Es importante considerar que las propiedades evaluadas no son todos los parámetros que definen la calidad de la leche. Estos parámetros están agrupados en criterios sanitarios, nutricionales, tecnológicos y sensoriales, y dependen de numerosos factores y de sus interacciones, que están vinculados a los principales componentes físico-químicos de la leche (grasa, proteína y lactosa), así como de los micro-compuestos comúnmente encontrados, como minerales, vitaminas, colesterol y terpenos (García *et al.*, 2014; Morand-Fehr *et al.*, 2007). También influye la presencia de inhibidores, que ralentizan o inhiben el desarrollo de bacterias ácido lácticas (Raynal-Ljutovac *et al.*, 2007). García *et al.* (2014) precisan que el contenido de proteínas y grasas son los principales criterios tecnológicos en la calidad de la leche de cabra. En ese sentido, asumiendo el cumplimiento de buenas prácticas en la ganadería, ordeño y otros factores, las propiedades evaluadas son suficientes para afirmar que la leche de cabra adquirida es apta para la elaboración de cualquier derivado lácteo.

### 3.2 Análisis de las propiedades fisicoquímicas y de la aceptabilidad sensorial del YM y del YP durante el almacenamiento.

En la Tabla 2 se presentan los datos del análisis fisicoquímico y de la evaluación sensorial del YM y del YP a las 0, 24, 48 y 72 horas en el almacenamiento a 5, 15 y 25 °C.

#### pH y acidez titulable

El pH y la acidez titulable (% ácido láctico) del YM y del YP fueron 4,35; 4,36 y 0,76; 0,75; respectivamente; valores aceptables para comercialización; dado que los valores de acidez titulable están dentro del rango establecido por la norma NTP: 202.192. 2014 (INDECOPI-PERÚ, 2014), de 0,6 a 1,5%, para la acidez del yogur de leche de vaca. Asimismo, otras normas como CODEX STAN 243-2003 (FAO, 2003) y NOM-181-SCFI-2010 (DGN

MEXICO, 2010) para yogur de leche de vaca, señalan una acidez mínima de 0,6% y de 0,5%, respectivamente; y al ser el pH una medida influenciada por la acidez, se puede afirmar que los valores de pH medidos son adecuados. No existen normas específicas respecto a yogur de leche de cabra y dado que los consumidores están habituados a las características del yogur de leche de vaca, estas constituyen un buen marco de referencia. En la Tabla 2 se aprecia una disminución progresiva en el pH hasta 3,88 y 3,92, y un aumento de la acidez titulable hasta 1,1% y 0,93% del YM y del YP respectivamente, comportamiento que es común observar en el estudio de la vida útil en yogures de leche de cabra (Guler-Akin y Akin, 2007); sin embargo a pesar del cambio, estas propiedades se mantuvieron dentro del rango de las normas previamente citadas.

**Tabla 2**

Propiedades fisicoquímicas y aceptabilidad sensorial del YM y del YP a diferentes temperaturas y tiempos de almacenamiento

Muestra	pH	Acidez total (% ácido láctico)	Sólidos totales (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Aceptabilidad (%)
0 horas						
YM	4,35±0,09	0,76±0,08	12,71±0,45	3,2±0,12	4,4±0,12	88,89±2,04
YP	4,36±0,15	0,75±0,06	13,23±0,08	3,3±0,00	4,5±0,90	94,67±1,33
24 horas						
YM-5°C	4,38	0,75	12,94	3,3	4,3	82,67
YM-15°C	4,25	0,72	11,80	3,1	3,9	81,33
YM-25°C	4,13	0,86	11,52	2,9	3,6	66,67
YP-5°C	4,35	0,74	12,94	3,3	4,4	93,33
YP-15°C	4,20	0,76	12,51	3,2	4,1	92,00
YP-25°C	4,10	0,86	12,52	3,0	3,6	62,67
48 horas						
YM-5°C	4,19	0,71	11,81	3,0	4,0	81,33
YM-15°C	4,15	0,76	10,94	2,7	3,3	78,67
YM-25°C	3,92	0,87	10,68	2,6	3,4	22,67
YP-5°C	4,23	0,73	11,83	3,0	4,0	84,00
YP-15°C	4,12	0,76	11,03	2,9	3,5	76,00
YP-25°C	3,99	0,83	10,91	2,5	3,1	28,00
72 horas						
YM-5°C	4,10	0,73	10,04	2,7	3,9	72,00
YM-15°C	4,00	0,82	9,75	2,4	2,8	46,67
YM-25°C	3,88	1,10	9,37	2,4	2,5	4,00
YP-5°C	4,18	0,74	10,51	3,0	3,9	65,33
YP-15°C	4,01	0,80	10,04	2,7	2,9	33,33
YP-25°C	3,92	0,93	9,70	2,0	2,6	5,33

La post-acidificación se explica por la actividad metabólica persistente de las bacterias ácido-lácticas (Cruz *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2012). A su vez, la adición de pulpa de fruta en la elaboración de yogur frutado afecta su pH y acidez (Senaka *et al.*, 2012). Hecho que fue observado en esta investigación, donde los valores de pH fueron menores en las muestras de mango que en las muestras de plátano, y en el caso de la acidez, las muestras de plátano tuvieron valores menores que las muestras de mango. Estas pequeñas variaciones son producto de la diferencia entre el pH de mango y plátano; el pH de mango Kent en estado de maduración intermedia fluctúa entre 4,7 y 4,9 (Siller-Cepeda *et al.*, 2009), y el pH del plátano fluctúa entre 4,3 a 5,5 (Palacín, 2012). Schimidt *et al.* (2012) señala que el rango de pH entre 4,0 y 4,4 se considera más cercano al ideal para yogur de leche de vaca, ya que el producto en este intervalo de pH no presenta un sabor demasiado amargo o agrio. A su vez, Moneim *et al.* (2011) investigaron el comportamiento de yogur de leche de cabra durante el almacenamiento a 15 días refrigerados a 6 °C, obteniendo valores del pH de 3,26 a 4,56. Por otro lado, Bezerra (2010) determinó la acidez de yogures frutados de leche de cabra, determinando una acidez inicial máxima de 0,72, llegando la acidez al día 28 en un almacenamiento a 5 °C a un valor máximo de 0,9% de ácido láctico. Ante lo presentado por los autores citados, se concluye que el yogur elaborado tuvo variaciones dentro de lo normal para este tipo de productos.

#### **Sólidos totales, grasa y proteínas**

Los sólidos totales, grasa y proteína respectivamente del YM y del YP fueron: 12,71% y 13,23%; 3,2% y 3,3%; 4,4% y 4,5%. Estas propiedades estuvieron dentro de lo estipulado por normas para yogur de leche de vaca: grasa con valor máximo permitido de 15% en el CODEX STAN 243-2003 (FAO, 2003), y NOM-181-SCFI-2010 (DGN MEXICO, 2010), y proteína con valor mínimo permitido de

2,7% en la NOM-181-SCFI-2010 (DGN MEXICO, 2010) y de 2,9% en el CODEX STAN 243-2003 (FAO, 2003). Como se puede observar en la Tabla 2, durante el almacenamiento, los sólidos totales disminuyeron hasta 26,3% y 26,7% en 72 horas a 25 °C en el YM y YP respectivamente. Senaka *et al.* (2012) determinaron que la adición de zumos de frutas hasta en un 15% en el yogur de leche de cabra, disminuyen los sólidos totales hasta 5,1% en una semana de almacenamiento a 4°C. Esta diferencia indica que la presencia del puré (15%) ejerce un mayor efecto en la disminución de los sólidos totales que la adición de zumo. La grasa como uno de los principales componentes de los sólidos totales tuvo el mismo comportamiento, disminuyendo constantemente hasta alcanzar un valor de 2,4% y 2,0%; un valor mínimo de este parámetro no está regulado por las normas consultadas. Sin embargo, se puede afirmar que la disminución del contenido de grasa es por resultado de las condiciones de almacenamiento y que los compuestos generados pueden influir en la aceptabilidad sensorial de los consumidores. Del mismo modo, el contenido de proteínas también disminuyó constantemente durante el almacenamiento, hasta alcanzar valores de 2,5%; 2,6% respectivamente, para el YM y el YP; valores que son ligeramente menores al mínimo establecido por norma (2,7%). La diferencia en el contenido de proteínas entre ambos tipos de yogur, se debe a que la pulpa de plátano presenta mayor contenido de proteínas en comparación con la pulpa de mango, 0,40% y 1,5% respectivamente (INS-PERÚ, 2009).

Serafeimidou *et al.* (2012) señalan que las principales propiedades fisicoquímicas de un yogur son proteínas, lípidos, contenido de grasa y acidez titulable, y que su variabilidad debe ser estudiada para definir la calidad del producto. En este estudio, dado que las características fisicoquímicas iniciales y durante el almacenamiento, demuestran que el producto elaborado está

en los rangos comerciales permitidos, la evaluación del consumidor tomó mayor importancia por la sensibilidad a ciertos cambios durante el almacenamiento, ya que la degradación sensorial puede ser mayor a la degradación de cualquier otro parámetro como los fisicoquímicos (Ávila-de Hernández y Gonzáles-Torrivilla, 2011).

### Aceptabilidad sensorial

En la Tabla 2 se observa que la aceptabilidad inicial de ambos yogures fue alta. Esto es relevante debido a que los consumidores peruanos de yogur, no están familiarizados con el sabor característico de la leche de cabra (conocido como "goaty"). Autores como Slacanac *et al.* (2010) señalan que resulta inaceptable este sabor para muchos consumidores. Sin embargo, la incorporación de fruta en el yogur de LDC puede ayudar a enmascarar el sabor "goaty" y mejorar potencialmente la aceptabilidad de los consumidores (Senaka *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2012),

ya que los yogures de frutas son generalmente populares entre los consumidores (Kailasapathy *et al.*, 2008), asimismo el yogur de LDC ofrece una matriz adecuada para la inclusión de ingredientes como frutas confitadas, mermeladas, miel y frutos secos que son muy aceptados (García *et al.*, 2014). Aunque otros autores como Wang *et al.* (2012), afirman que es difícil lograr una consistencia similar al yogur de leche de vaca, debido a la diferencia en composición de sólidos totales, entre ellas el contenido de proteínas (s1-caseína) (Domagala, 2009). En el almacenamiento en condiciones aceleradas, la aceptabilidad sensorial disminuyó notablemente a una temperatura de 25°C a las 72 horas llegando a valores de 4,0% y 5,33% para el YM y el YP respectivamente (Tabla 2). Durante la evaluación, los consumidores manifestaron que las razones de su rechazo fueron la percepción del sabor "goaty" y la pérdida de consistencia.

**Tabla 3**

Constantes de reacción "k" y coeficientes de determinación "R<sup>2</sup>" de las propiedades fisicoquímicas y de la aceptabilidad sensorial de yogur de LDC, orden de reacción y temperatura

T (°C)	YM						YP					
	Orden 0		Orden 1		Orden 2		Orden 0		Orden 1		Orden 2	
	k	R <sup>2</sup>										
pH												
5	-0,003917	0,84	-0,000925	0,84	0,000218	0,84	-0,002750	0,92	-0,000644	0,92	0,000218	0,92
15	-0,004792	0,99	-0,001148	0,99	0,000275	0,98	-0,004708	0,98	-0,001126	0,98	0,000269	0,99
25	-0,006750	0,93	-0,001647	0,94	0,000402	0,94	-0,005958	0,91	-0,001443	0,92	0,000350	0,93
Acidez titulable												
5	-0,000542	0,57	-0,000732	0,56	0,000989	0,56	-0,000167	0,40	-0,000224	0,40	0,000302	0,39
15	0,000917	0,47	0,001175	0,46	-0,001508	0,45	0,000625	0,76	0,000807	0,77	-0,001042	0,77
25	0,004292	0,85	0,004670	0,88	-0,005139	0,90	0,002125	0,78	0,002541	0,78	-0,003051	0,77
Sólidos totales												
5	-0,038083	0,80	-0,003328	0,80	0,000292	0,79	-0,032125	0,82	-0,002749	0,81	0,000292	0,81
15	-0,040583	0,99	-0,003629	0,99	0,000326	0,98	-0,039542	0,94	-0,003472	0,93	0,000326	0,93
25	-0,045250	0,99	-0,004126	0,99	0,000379	0,98	-0,044333	0,93	-0,003472	0,93	0,000379	0,92
Grasa												
5	-0,007875	0,81	-0,002638	0,81	0,000886	0,81	-0,005000	0,80	-0,001589	0,80	0,000886	0,80
15	-0,012042	0,97	-0,004288	0,96	0,001537	0,95	-0,008750	0,97	-0,002919	0,97	0,001537	0,96
25	-0,011625	0,99	-0,004168	1,00	0,001504	1,00	-0,018333	0,99	-0,007019	0,97	0,001504	0,95
Proteína												
5	-0,007500	0,95	-0,001809	0,95	0,000437	0,95	-0,009167	0,93	-0,002186	0,93	0,000522	0,93
15	-0,022500	1,00	-0,006346	0,99	0,001818	0,98	-0,022500	0,99	-0,006151	0,98	0,001707	0,96
25	-0,024583	0,95	-0,006346	0,94	0,002227	0,90	-0,025833	0,98	-0,007480	0,99	0,002217	1,00
Aceptabilidad												
5	-0,216667	0,93	-0,002702	0,92	0,000034	0,90	-0,405556	0,86	-0,005075	0,84	0,814345	0,81
15	-0,538889	0,80	-0,008193	0,76	0,000129	0,72	-0,833333	0,83	-0,013844	0,77	0,706538	0,71
25	-1,244444	0,98	-0,043259	0,91	0,003106	0,81	-1,261111	0,99	-0,039312	0,92	0,714709	0,71

Estas razones concuerdan con Zare *et al.* (2011) quienes afirman que la aceptabilidad de los consumidores está basada principalmente en parámetros satisfactorios de calidad texturales y sensoriales. Hay que resaltar que los consumidores peruanos tienen como referencia las características sensoriales de los yogures de leche de vaca, y por ello, es acertado estudiar la aceptabilidad durante el almacenamiento debido a que el desarrollo de nuevos productos debe ser apoyado por los resultados de análisis sensoriales realizados por grupos de expertos y consumidores habituales (García *et al.*, 2014).

### 3.3 Cinética de reacción de las propiedades fisicoquímicas y de la aceptabilidad sensorial

En la Tabla 3 se muestran las constantes de reacción “k” y los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) para las reacciones de orden cero, uno y dos a las temperaturas de 5 °C, 15 °C y 25 °C. Observándose niveles de ajuste de la acidez titulable entre 0,45 a 0,90 para YM y 0,39 a 0,78 para YP, los que no posibilitan la determinación de su orden de reacción. Las otras propiedades y la aceptabilidad sensorial mostraron mayores valores, posibilitando definir su cinética de reacción de orden global, siendo para el pH de orden dos, y para los otros de orden cero. El efecto de la temperatura en la cinética de reacción medido con un ajuste a una ecuación tipo Arrhenius, permitió determinar los valores de la energía de activación ( $E_a$ ) de las propiedades fisicoquímicas y de la aceptabilidad sensorial durante el almacenamiento del YM y del YP (Tabla 4). La temperatura presenta un importante efecto cinético sobre las reacciones. Conforme se observa en la ecuación (6) la variación de la constante de la velocidad de reacción (k) está influenciada de manera exponencial por la temperatura y el valor de la  $E_a$  (Doran, 1995). Por lo que la reacción que se esté considerando, se produce solo cuando el calor ha conseguido la activación de las moléculas, constituyendo la  $E_a$

la mínima energía que debe superarse para que ocurra la reacción (Casp y Abril, 1999). De acuerdo esto, un elevado valor de la misma provoca un reducido valor de k y por lo tanto de su velocidad. La presencia de mango en el yogur (YM) proporciona ligeramente un mayor valor de  $E_a=20,98$  kJ/mol en el pH en relación al YP, que proporcionó una  $E_a=16,22$  kJ/mol. Sin embargo esta diferencia en la  $E_a$ , no se vio reflejada en la velocidad de reacción del pH, ya que ambos tipos de yogures partieron de valores de pH cercanos (YM=4,35, YP=4,36) disminuyendo para el YM a 3,88 y para el YP a 3,92, observándose que el YM exhibió ligeramente una mayor velocidad en la disminución del pH de 10,8% y para el YP de 10,09%. Igualmente se observó un elevado valor de  $E_a$  para la aceptabilidad del YM (60,27 kJ/mol) comparada con el YP (29,22 kJ/mol), la cual tampoco se vio reflejada en la velocidad de reacción de la aceptabilidad. El YM tuvo una aceptabilidad inicial de 88,89% llegando a 4,0% es decir una disminución de 95,5% y para el YP de una aceptabilidad de 94,67% llegó a 5,33% es decir una disminución de 94,36%. Con respecto a las proteínas se observó ligeramente un mayor valor de  $E_a$  para el YM (41,31 kJ/mol) comparada con el YP (36,01 kJ/mol), la cual tampoco se vio reflejada en la velocidad de reacción del contenido proteico. El YM partió de un contenido proteico de 4,4% llegando a 2,5%, una disminución de 43,18 %. Para el YP partiendo de un valor de 4,5% se llegó a 2,6% es decir una disminución casi similar de 42,22%. Por el contrario respecto a los sólidos totales el YM exhibió una  $E_a$ : 5,92 kJ/mol menor que el YP con una  $E_a$ : 11,14 kJ/mol, lo cual tampoco se vio reflejado en los valores porcentuales de disminución de sólidos totales, ya que el YM experimentó una disminución similar de los valores iniciales de los sólidos totales de 26,28% que el YP de 26,68%. Igualmente en el caso del contenido de grasa, en el YM exhibió una  $E_a$ : 13,60 kJ/mol menor que el YP con una

Ea: 44,70 kJ/mol el cual no se vio reflejado, ya que el YM experimentó una disminución de la grasa de 25% y el YP de 39,39%. En todo este contexto de desarrollo experimental y de acuerdo a los resultados, la ecuación de Arrhenius a pesar de permitir obtener valores elevados de ajuste de  $R^2$ , no permitió predecir comparativamente la velocidad de disminución de las propiedades fisicoquímicas y de la aceptabilidad sensorial del YM y del YP en pruebas aceleradas.

**Tabla 4**

Energía de activación de las propiedades fisicoquímicas y de la aceptabilidad sensorial de yogur de LDC

Parámetro	YM		YP	
	Ea (kJ/mol)	R <sup>2</sup>	Ea (kJ/mol)	R <sup>2</sup>
pH	20,98	0,97	16,22	0,99
Acidez titulable	–	–	–	–
Sólidos totales	5,92	0,97	11,14	0,98
Grasa	13,60	0,70	44,70	0,99
Proteínas	41,31	0,82	36,01	0,86
Aceptabilidad	60,27	0,99	39,22	0,98

De acuerdo a Silva *et al.* (2013) la constante k para los procesos dependen de la temperatura absoluta T de acuerdo a la ley de Arrhenius, pero a bajas temperaturas, se han observado desviaciones incluso sin ningún cambio aparente en el mecanismo químico o en la naturaleza física de sus componentes. Una descripción fenomenológica individualiza convexidad o concavidad en regímenes sub-Arrhenius o super-Arrhenius, correspondiendo, respectivamente, a una mayor o menor reactividad en función a la disminución de la temperatura y por lo tanto a una disminución o aumento de la energía de activación aparente, Ea (Nishiyama *et al.*, 2009; Aquilanti *et al.*, 2010).

### 3.4 Vida útil de la aceptabilidad sensorial (V.U.A.S.) de yogur de LDC

El modelamiento de la cinética de reacción de la aceptabilidad tuvo coeficientes de correlación altos para una cinética de orden cero (Tabla 3), por lo cual se estimó la V.U.A.S. (Hough y Fiszman, 2005) (Tabla 5). Al igual que la proyección de la

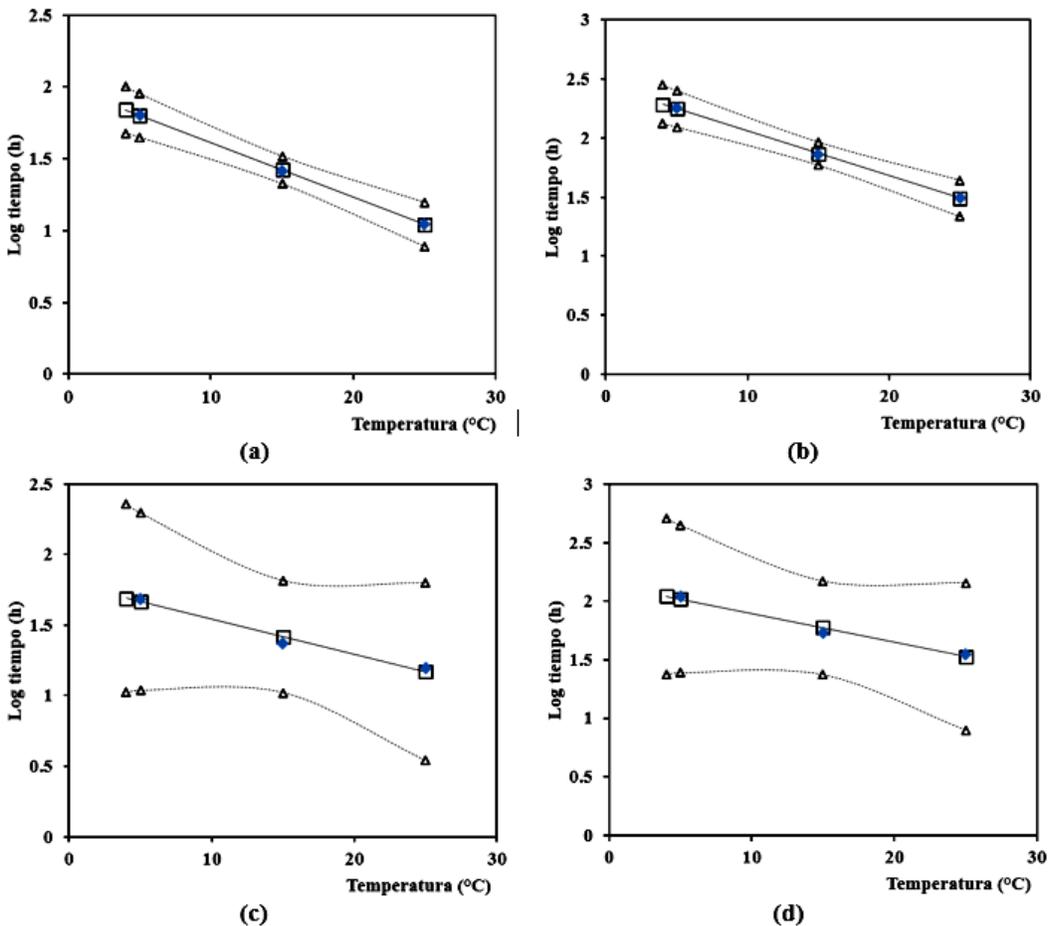
V.U.A.S. a 4°C, realizado por medio de la ecuación 7, con valores “k” para cinética de orden “cero” y energía de activación para cada tipo de yogur, respecto a su aceptabilidad (Tablas 3 y 4), obteniendo los valores “k a 4°C” de -0,1977 y -0,3982 para el YM y del YP, respectivamente. Se consideraron dos límites de rechazo (25% y 50%) debido a que en metodologías de estimación de V.U.A.S., como en análisis por estadística de supervivencia que emplean la aceptabilidad sensorial porcentual como variable respuesta de modelación, sugieren estos límites dependiendo de la perecibilidad del producto (Cruz *et al.*, 2010; Curia *et al.*, 2005).

**Tabla 5**

Vida útil promedio (h) estimada con intervalos de confianza superior e inferior al 95% en base a la cinética de reacción de la aceptabilidad sensorial

V.U.A.S. de YM al 25% de rechazo			
Temperatura (°C)	Límite inferior (horas)	Promedio (horas)	Límite superior (horas)
4	47,55	69,09	100,40
5	44,52	63,31	90,04
15	21,14	26,42	33,01
25	7,75	11,02	15,68
V.U.A.S. de YM al 50% de rechazo			
4	133,13	193,47	281,16
5	124,64	177,28	252,14
15	59,20	73,97	92,43
25	21,70	30,87	43,90
V.U.A.S. de YP con 25% rechazo			
Temperatura (°C)	Límite inferior (horas)	Promedio (horas)	Límite superior (horas)
4	10,50	48,77	226,49
5	10,84	46,08	195,88
15	10,46	26,13	65,25
25	3,49	14,82	62,98
V.U.A.S. de YP con 50% rechazo			
4	23,80	110,77	515,53
5	24,57	104,66	445,80
15	23,74	59,35	148,42
25	7,90	33,66	143,37

Asimismo utilizando la Ecuación (8) se determinó los respectivos intervalos de confianza de la V.U.A.S. al 95% (Tabla 5), tanto para el YM y del YP al 25% y 50% de rechazo. La Figura 2 (a, b, c y d), permite una mejor visualización de la tendencia de los valores promedio y de los intervalos de confianza.



**Figura 2.** Tendencia de cinética de orden cero ( $\diamond$ ) valores promedio ( $\square$ ) e intervalos de confianza superior e inferior ( $\Delta$ ) para la estimación de la V.U.A.S. de YM (a) 25% (b) 50% de rechazo y YP (c) 25% (d) 50% de rechazo.

Se puede observar que en promedio el YM presentó mayor V.U.A.S que el YP, excepto a la temperatura 25 °C, en la que ocurre lo contrario. Este comportamiento puede ser explicado por el tratamiento tecnológico realizado en los frutos, las interacciones de los frutos con el yogur en la etapa de frutado y el posterior almacenamiento (Senaka *et al.*, 2012). La V.U.A.S. estimada a 4 °C al 25% de rechazo por los consumidores fue de 69 y 49 horas (2,9 y 2,0 días), y al 50% de rechazo fue de 193 y 111 horas (8,0 y 4,6 días), respectivamente para el YM y del YP. Por otro lado los intervalos de confianza para el YP son más amplios tanto para los intervalos de confianza superior como inferior, este efecto está

influenciado por el error típico el cual fue mayor con un valor de 0,054 comparado con el valor de YM que fue de 0,01318: Aspectos que deben dilucidarse en pruebas reales durante el expendio. Siendo los límites de la V.U.A.S. a 4 °C al 25% de rechazo por los consumidores entre 48 - 100 y 11 - 226 horas (2,0 - 4,0 y 0,5 - 9,0 días), y al 50% de rechazo en 133 - 281 y 24 - 514 horas (6,0 - 12,0 y 1,0 - 21,0 días), respectivamente para el YM y del YP.

#### 4. Conclusiones

Los dos tipos de yogures de leche descremada de cabra (3% de grasa) frutado con mango (YM) y plátano (YP), tuvieron como pH, acidez, sólidos totales, grasa y

proteína valores de 4,35 y 4,36; 0,76% y 0,75%; 12,71% y 13,23%, 3,2% y 3,3%, 4,4% y 4,5%, respectivamente, cumpliendo con normas para yogur de leche de vaca. La aceptabilidad sensorial del YM y el YP fue alta, con 88,9% y 94,7%, respectivamente.

Durante el almacenamiento en condiciones aceleradas, el pH disminuyó hasta 3,88 y 3,92, la acidez titulable aumentó hasta 1,1% y 0,93%; los sólidos totales, grasa y proteína disminuyeron hasta 9,37% y 9,7%, 2,4% y 2,0%, 2,5% y 2,6%, respectivamente para el YM y el YP, permaneciendo dentro de las normas consultadas. La aceptabilidad sensorial disminuyó hasta 4,0% y 5,33% para el YM y el YP respectivamente. Estimando así la vida útil sensorial (V.U.A.S.) a 4 °C en un porcentaje de rechazo por los consumidores al 25% en 69 y 49 horas (2,9 y 2,0 días), y al 50% de rechazo en 193 y 111 horas (8,0 y 4,6 días), respectivamente para el YM y el YP. Aspecto que indica mejores propiedades para la comercialización del YM con respecto al YP, reflejada en una mayor vida útil antes que se produzca un rechazo por parte de los consumidores. Debe considerarse de acuerdo a la cinética mostrada, que una disminución de la temperatura de almacenamiento de 4 °C sin llegar a la temperatura de congelación puede aumentar la V.U.A.S., aspecto que debe considerarse dentro de la actividad de comercialización.

## 5. Referencias bibliográficas

A.O.A.C. - Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 1995. Official Methods of Analysis of the Official Agricultural Chemist. 16<sup>th</sup> Edition. USA.

Aquilanti, V.; Mundim, K.C.; Elango, M.; Kleijn, S.; Kasai, T. 2010. Temperature dependence of chemical and biophysical rate processes: Phenomenological approach to deviations from Arrhenius law. *Chem. Phys. Lett.* 498: 209-2013.

Ávila-de Hernández, R.; González-Torrevilla, C. 2011. La evaluación sensorial de bebidas a base de fruta: una aproximación difusa. *Universidad, Ciencia y Tecnología* 15 (60): 171-182.

Bezerra, M. 2010. Caracterização físico-química, reológica e sensorial de iogurte obtido pela mistura dos leites bubalino e caprino. *Dissertação de Mestrado em Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologias Regionais. Universidad Federal do Rio Grande do Norte. Rio Grande do Norte. Brasil.*

Casp, A.; Abril, J. 1999. *Procesos de conservación de alimentos*- Edit. A. Madrid Vicente. Mundi-Prensa. Pp. 494.

Castagnasso, H.; Miceli, E.; Dietrich, M.; Lacchini, R. 2007. Composición de leche de cabra criolla y cruce criolla x Nubian. V Congreso de Especialistas en Pequeños Ruminantes y Camélidos Sudamericanos. Argentina.

Cruz, A.G.; Walter, E.; Silva, R.; Faria, J.; Bolini, H.; Pinheiro, H.; Sant'Ana, A. 2010. Survival analysis methodology to predict the shelf-life of probiotic flavored yogurt. *Food Research International* 43: 1444 - 1448.

Curia, A.; Aguerrido, M.; Langohr, K.; Hough, G. 2005. Survival Analysis Applied to Sensory Shelf Life of Yogurts I: Argentine Formulations. *Journal of Food Sci.* 70 (7): 442-445.

DGN (Dirección General de Normas) - MÉXICO. 2010. Norma Oficial Mexicana: NOM-181-SCFI-2010, Yogurt-Denominación, Especificaciones Físico-químicas y Microbiológicas, Información Comercial y Métodos de Prueba.

Domagala, J. 2009. Instrumental texture, syneresis and microstructure of yoghurt prepared from goat, cow and sheep milk. *Int. Journal of Food Properties* 12: 605-615.

Doran, P.M. 1995. *Bioprocess Engineering Principles*. Elsevier Science & Technology Books. Pp. 439.

Eissa, E.; Mohamed, I.; Yagoub, A.; Babiker, E. 2010. Physicochemical, microbiological and sensory characteristics of yoghurt produced from goat milk. *Livestock Research for Rural Development* 22 (8). Disponible en: <http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd22/8/eiss22137.htm>

FAO (Food and Agriculture Organization). 2003. Norma del Codex para Leches Fermentadas: CODEX STAN 243-2003. Leche y Productos Lácteos (2da edición).

FAOSTAT, 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en: <http://faostat.fao.org>

Frau, S.; Pece, N.; Font, G.; Paz, R. 2007. Calidad composicional de leche de cabra de raza Anglo Nubian en Santiago del Estero. *Tec. Láctea Latinoamericana* 48: 56-59.

Fung, L.; Arroyo, O.; Matossian, S. 2004. Elaboración tecnificada de queso con leche de cabra. III<sup>o</sup> Congreso Peruano de Producción Lechera Perú. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_caprina/leche\\_caprina/09-elaboracion\\_quesos\\_cabra.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_caprina/leche_caprina/09-elaboracion_quesos_cabra.pdf)

García, V.; Rovira, S.; Boutoial, K.; López, M. 2014. Improvements in goat milk quality: A review. *Small Ruminant Research* 121 (1): 51-57.

Guler-Akin, M. B.; Akin, M. S. 2007. Effects of cysteine and different incubation temperatures on the microflora, chemical composition and sensory characteristics of bio-yogurt made from goat's milk. *Food Chemistry* 100 (2): 788-793.

Haenlein, G. F. W. 2004. Goat Milk in Human Nutrition. *Small Ruminant Research* 51 (2): 155-163.

Hough, G.; Fiszman, S. 2005. *Estimación de la Vida Útil Sensorial de los Alimentos*. Edit. CYTED. Madrid. España. Pp. 111.

INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual) - PERÚ. 1998a. Norma Técnica Peruana. Ensayo de determinación de la densidad relativa – Método usual: NTP 202.008.1998.

INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad

- Intelectual) - PERÚ. 1998b. Norma Técnica Peruana. Ensayo de materia grasa – Técnica de Gerber: NTP 202.028.1998.
- INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual) - PERÚ. 1998c. Norma Técnica Peruana. Determinación de sólidos totales: NTP 202.118.1998.
- INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual) - PERÚ. 2008. Norma Técnica Peruana. Determinación de acidez de la leche – Método volumétrico: NTP 202.116.2008.
- INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual) - Perú. 2014. Norma Técnica Peruana. Leche y Productos Lácteos. Leches fermentadas. Yogurt. Requisitos. 5a. ed. NTP 202.092.2014.
- INS (Instituto Nacional de Salud) - Perú. 2009. Tablas peruanas de composición de alimentos. MINS-INS 8va Edición. Lima. Perú.
- Johnson, M.E.; Kapoor, R.; McMahon, D.J.; McCoy, D.R.; Narasimmon, R.G. 2009. Reduction of sodium and fat levels in natural and processed cheeses: scientific and technological aspects. *Compr. Rev. Food Sci. Food Safety* 8: 252-268.
- Kailasapathy, K.; Harmstorf, I.; Phillips, M. 2008. Survival of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium animalis* ssp lactis in stirred fruit yogurts. *LWT-Food Science and Technology* 41: 1317-1322.
- McGhee, C.E.; Jones, J.O.; Park, Y.W. 2015. Evaluation of textural and sensory characteristics of three types of low-fat goat milk ice cream. *Small Ruminant Research* 123: 293-300.
- Moneim, A.; Rania, M.; Zakaria, A. 2011. Effects of Storage on Quality of Yoghurt Prepared from Cows' and Goat's Milk and Pure Strains of Lactic Acid Bacteria. *Journal of Science and Technology* 12 (1): 136-143.
- Montgomery, D.C.; Runger, G.C. 2012. Probabilidad y Estadística Aplicadas a la Ingeniería. Edit Limusa Wiley. México D.F.
- Morand-Fehr, P.; Fedele, V.; Decandia, M.; Le Frileux, Y. 2007. Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.* 68: 20-34.
- Mowlem, A. 2005. Marketing goat dairy produce in the UK. *Small Rumin. Res.* 60: 207-213.
- OMS - Organización Mundial de la Salud. 2010. Global Health Indicator Tables and Footnotes Part 2. World Health Statistics. Disponible en: <http://www.who.int/whosis/whostat/2010/en/>
- Nishiyama, M.; Kleijn, S.; Aquilanti, V.; Kasai, T.; 2009. Temperature dependence of respiration rates of leaves, <sup>18</sup>O-experiments and super-Arrhenius kinetics. *Chem. Phys. Lett.* 482: 325-329.
- Palacín, J. 2012. Efectos de recubrimientos de almidón de yuca, ácido ascórbico, n-acetil-cisteína en la calidad del plátano (*Musa paradisiaca*). Tesis de Maestría para optar al título de Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Cartagena. Colombia.
- Pirisi, A.; Lauret, A.; Dubeuf J.P. 2007. Basic and Incentive Payments for goat and milk in relation to quality. *Small Rumin. Res.* 68: 167-178.
- Raynal-Ljutovac, K.; Lagriffoulb, G.; Paccardb, P.; Guilleta, I.; Chilliard, Y. 2008. Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small Rumin. Res.* 79: 57-72.
- Raynal-Ljutovac, K.; Pirisi, A.; Crémoux, R.; Gonzalo, C. 2007. Somatic cells of goat and sheep milk: analytical, sanitary, productive and technological aspects. *Small Rumin. Res.* 68: 126-144.
- Ribeiro, A.C.; Ribeiro, S.D.A. 2010. Specialty products made from goat milk. *Small Ruminant Research* 89: 225-233.
- Rojas, W.; Chacón, A.; Pineda, M. 2007. Características del yogurt batido de fresa derivadas de diferentes proporciones de leche de vaca y cabra. *Agronomía Mesoamericana* 18(2): 221-237.
- Rosas, E.M. 2014. Elaboración de un producto lácteo fermentado a base de *Morinda citrifolia* L. Tesis Ingeniería de Alimentos, Universidad Veracruzana. Pp. 67. Disponible en: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/37794/1/rosaszu%C3%Bligaelizamaría.pdf>
- Schimidt, C.A.P.; Pereira, C.; Dos Anjos, G.; Lucas, S. D. M. 2012. Formulação e avaliação sensorial hedônica de iogurte com polpa de Acerola. *Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia* 1 (5): 10-14.
- Senaka, C.; Evans, C.A.; Adams, M.C.; Baines, S. K. 2012. Probiotic viability and physico-chemical and sensory properties of plain and stirred fruit yogurts made from goat's milk. *Food Chemistry* 135 (3): 1411-1418.
- Serafeimidou, A.; Zlatanos, S.; Laskaridis, K.; Sagredos, A. 2012. Chemical characteristics, fatty acid composition and conjugated linoleic acid (CLA) content of traditional Greek yogurts. *Food Chemistry* 134(4): 1839-1846.
- Siller-Cepeda, J.; Muy-Rangel, D.; Báez-Sañudo, M.; Araiza-Lizarde, E.; Ireta-Ojeda, A. 2009. Calidad poscosecha de cultivares de mango de maduración temprana, intermedia y tardía. *Revista Fitotecnia Mexicana* 32 (1): 45-52.
- Silva, V.H.C., Aquilanti, V.; de Oliveira, H.C.B.; Mundim, K.C. 2013. Uniform description of non-Arrhenius temperature dependence of reaction rates, and a heuristic criterion for quantum tunneling vs classical non-extensive distribution. *Chemical Physics Letters* 590: 201-207.
- Slacanac, V.; Bozanic, R.; Hardi, J.; Rezessy-Szabo, J.; Lucan, M.; Krstanovic, V. 2010. Nutritional and therapeutic value of fermented caprine milk. *International Journal of Dairy Technology* 63(2): 171-189.
- Sumarmono, J.; Sulistyowati, M.; Soenarto. 2015. Fatty Acids Profiles of Fresh Milk, Yogurt and Concentrated Yogurt from Peranakan Etawah Goat Milk. *Procedia Food Science* 3: 216-222.
- Wang, W.; Bao, Y.; Hendricks, G. M.; Guo, M. 2012. Consistency, microstructure and probiotic survivability of goats' milk yoghurt using polymerized whey protein as a co-thickening agent. *International Dairy Journal* 24: 113-119.
- Zare, F.; Boye, J.; Orsat, V.; Champagne, C.; Simpson, B. 2011. Microbial, physical and sensory properties of yogurt supplemented with lentil flour. *Food Res. Int.* 44 (8): 2482-2488.