



Universidad de Valladolid

**Influencia del perfil de ácidos grasos de la leche de
oveja sobre la calidad del yogur firme, evaluado a lo
largo de la vida útil**

Trabajo Fin de Máster

Junio 2014

Alumno: Humberto Melgarejo Escalier
Tutor Universidad: Dra. Felicidad Ronda Balbás

Tutor Empresa (ETL): Dra. Carmen Asensio Vegas
Dr. David Delgado Fuente

**Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias Campus de Palencia
(La Yutera)**

Máster en Calidad, Desarrollo e innovación de Alimentos

AGRADECIMIENTOS

La realización del presente trabajo de fin de máster ha requerido de sacrificios, de perseverancia y de un gran esfuerzo a lo largo de todo este tiempo, y constituye una meta más para mi formación profesional en el área de alimentos.

En primer lugar, quiero agradecer la beca concedida por la Universidad de Valladolid en colaboración con el Banco Santander para la realización del Máster oficial durante el curso académico 2013-2014; luego quiero agradecer de un modo especial a la Dra. Carmen Asensio Vegas y al Dr. David Delgado Fuente y a su equipo de investigación de la Estación Tecnológica de la Leche (ETL), del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL) en Palencia, por la orientación, por la tutela, por sus inestimables sugerencias, por su paciencia y por la ayuda recibida. Su apoyo e implicación han sido esenciales para concluir este trabajo.

Especial agradecimiento para la tutora de este trabajo por parte de la Universidad de Valladolid: Dra. Felicidad Ronda Balbás, por todos sus aportes, críticas constructivas y por la magnífica capacidad de análisis y visión demostrada.

También quiero dar gracias y hacer extensiva mi gratitud a mis compañeros del Máster: Sandra, Raquel y especialmente a David y Raydel por su amistad y colaboración.

En el contexto privado, agradecer enormemente todo el apoyo incondicional recibido por mi familia desde que decidí realizar mis estudios de posgrado en el extranjero, hasta su materialización en las presentes páginas. Finalmente, pero no menos importante, quiero agradecer el apoyo incondicional por parte de los amigos: Sergio, Víctor Hugo, Pingui, Erick, Karol y Katy, por la comprensión y ánimo recibidos.

A todos ellos, muchas gracias.

ÍNDICE

Resumen	4
Abstract	5
1 Introducción	6
2 Objetivo	8
3 Materiales y Metodología	8
3.1 Materiales	8
3.2 Metodología	9
3.2.1 Fabricación de yogur firme	9
3.2.2 Determinación de parámetros físico-químicos	10
3.2.3 Determinación de las propiedades físicas	12
3.2.4 Análisis microbiológico	13
3.2.5 Análisis sensorial descriptivo	13
3.2.6 Análisis estadístico	14
4 Resultados y Discusión	14
4.2.1 Determinación de parámetros físico-químicos	14
4.2.2 Determinación de las propiedades físicas	16
4.2.3 Análisis microbiológico	21
4.2.4 Análisis sensorial descriptivo	22
5 Conclusiones	24
6 Bibliografía	26

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue estudiar las diferencias, en cuanto a las características y los parámetros de calidad, del yogur firme usando como materia prima leche de oveja con perfil de ácidos grasos modificado (L1), que posee una mayor proporción de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) y menor de ácidos grasos saturados (SFA), respecto a la composición normal de la leche de oveja (L0). Estas diferencias fueron evaluadas a lo largo del tiempo de vida útil del yogur (días 1, 14 y 28). Con el análisis de los datos obtenidos se ha podido observar que las variables representativas del color (L^* , a^*) en L1 disminuyen significativamente a la vez que b^* aumenta. La viscosidad aparente de L1 aumentó a lo largo del tiempo de vida útil y fue significativamente menor que L0 durante todo el tiempo de almacenamiento. El análisis de textura demostró que en la firmeza no existen diferencias significativas entre L0 y L1, pero sí se vieron diferencias en cuanto a la consistencia y la cohesividad, siendo L1 menos consistente a día 1 y con menor cohesividad a días 1, 14 y 28. El análisis fisicoquímico demostró que existen diferencias significativas en el pH con respecto a la vida útil a día 28, siendo L1 menos ácido que L0; lo cual se relaciona con el mayor porcentaje de lactosa en L1 a día 28; en cuanto a la composición (ceniza, grasa, extracto seco y proteína) no se vieron diferencias significativas a día 1 de la fabricación entre L0 y L1, lo que demuestra que las diferencias detectadas en las propiedades físicas son debidas a la modificación del perfil lipídico de la grasa de la leche. El análisis microbiológico mostró que no existen diferencias significativas en el recuento de *Streptococcus thermophilus* entre L0 y L1, pero sí se vieron diferencias en el recuento de *Lactobacillus bulgaricus* siendo los recuentos en L1 menores a los de L0 a lo largo del tiempo. Finalmente el análisis sensorial descriptivo mostró diferencias significativas únicamente en la intensidad del olor y el aroma a nata, siendo calificado L1 con mayor intensidad de olor a día 14 y 28, pero con menor aroma a nata que L0.

Palabras clave: Yogur, Oveja, Vida útil, Ácidos grasos, Calidad

Abstract

The objective of this work was to study the significant differences, as for characteristics and the quality parameters of firm yogurt using as sheep milk raw material with modified fat acid profile (L1), which highest proportion of monounsaturated fatty acids (MUFA) and lower saturated fatty acid (SFA), with regard to the normal composition of sheep milk (L0). These differences were evaluated as for along shelf-life time (days 1, 14 and 28). With the analysis of the data obtained it has been noted that variables representing the color (L^* , a^*) at L1 decreased significantly while b^* value increased. Regarding the apparent viscosity is observed that L1 increased along the shelf-life time and was significantly lower than L0 throughout the storage time. The analysis of texture showed that the firmness was no significant difference between L0 and L1, but they were differences as for consistency and cohesiveness, was being L1 less consistency at day 1 and lower cohesiveness at day 1, 14 and 28 than L0. The physicochemical analysis showed significant differences in pH with respect to shelf-life at day 28, being L1 less acidic than L0; which is related to the higher percentage of lactose in L1 at day 28; as for composition (ash, fat, drymatter and protein) did not showed significantly differences at day 1 of the manufacturing between L0 and L1, this shows that the differences detected in the physical properties are due to lipid profile modified of fat milk. The microbiological analysis showed no significant differences in the count *Streptococcus thermophilus* between L0 and L1, but they were differences in the count of *Lactobacillus bulgaricus* being L1 lower than L0 during the storage time. Finally the descriptive sensory analysis showed significant differences only in Intensity of the smell and the aroma of cream, being more qualified L1 with more Intensity of the smell at day 14 and 28, but less aroma of cream than L0.

Keywords: Yogurt, sheep, shelf-Life, fatty acids, quality.

1 Introducción

La leche de oveja tiene un contenido de materia grasa y proteína mayor que el de la leche de cabra y de vaca. El elevado contenido de proteínas y el contenido sólido general de la leche de oveja hace que sea particularmente adecuada para la producción de quesos y yogur. La producción de leche de oveja es importante en la región del Mediterráneo, empleándose en su mayor parte para la elaboración de queso (FAO, 2014), principalmente en países como Francia, Italia, España y Grecia (Park & Haenlein, 2006). En España, Castilla y León es una zona geográfica importante en la producción de leche, siendo actualmente la principal productora de leche de oveja, ya que produce un 66% del total nacional y, al mismo tiempo, es la segunda productora de leche de vaca tras Galicia (Consejería de Agricultura y Ganadería, 2013).

Barłowska *et al.*, (2011) estudiaron las ventajas tecnológicas y nutricionales de la leche de varias especies animales. Observaron que en la leche de oveja se aprecia una mayor concentración de vitamina A que en la leche de vaca, además el β -caroteno en la leche de oveja está en forma de retinol, dando como resultado un color blanco característico de la leche de oveja. Estudios anteriores como el de Assenat (1991), ya diferenciaban la leche de oveja con la de vaca en algunas características, unas directamente observables y otras relacionadas con sus particularidades físicas y químicas. De modo general, estas características se referían al aspecto blanco nacarado, a su opacidad, la cual es mayor a la de otras especies y a sus características organolépticas en cuanto a su sabor más dulce, su aroma característico y su cremosidad debida al elevado contenido en grasa.

La composición inicial y los factores que influyen sobre el contenido graso de la leche de partida dependen de la raza del animal, de su tipo de alimentación, época del año (máxima variación en invierno debido a la temperatura y tipos de alimentación), etc. (Amiot, 1991). La grasa de la leche está compuesta en su mayoría por grasas neutras (triglicéridos) con algunos lipoides (fosfolípidos, carotenoides, tocoferoles, aldehídos, etc.), que contribuyen a su aroma y color (A. Madrid, 1996). Los ácidos grasos se dividen en: saturados (SFA), que aumentan el colesterol LDL en plasma y están asociados con enfermedades coronarias del corazón (Mattson & Grundy, 1985); monoinsaturados (MUFA), que son más saludables que los monoinsaturados y están relacionados con la prevención de enfermedades de corazón y reducción del colesterol (Miller & Shackelford, 1990) y los polinsaturados (PUFA), caracterizados por los

omega 3 y omega 6, los cuales disminuyen los niveles de colesterol total y LDL (Zuliani *et al.*, 2009).

El control de la composición y las características físico-químicas de la leche de oveja es esencial para el desarrollo exitoso de las industrias de productos lácteos de oveja, así como para la comercialización de los productos. Hay claras diferencias en las características físico-químicas entre las leches de oveja y vaca. La leche de oveja tiene una mayor densidad, viscosidad, índice de refracción, acidez valorable, y el punto de congelación más bajo que la leche de vaca promedio (Haenlein & Wendorff, 2006). Al mismo tiempo presenta mayor fluctuación en su composición, al final de la lactancia, ya que la grasa, la proteína y los minerales aumentan, mientras que disminuye el contenido de lactosa (Brozos *et al.*, 1998). Las características físicas de la leche de oveja y de vaca son diferentes debido a su composición lipídica, siendo más elevada en la leche de oveja que la de vaca (Anifantakis, 1986; Park *et al.*, 2007).

Se entiende por yogur al producto lácteo obtenido por fermentación láctica mediante la acción de *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* a partir de leche o de leche concentrada, que previamente hayan sufrido un tratamiento térmico u otro tipo de tratamiento, equivalente, al menos, a la pasteurización (BOE, 2014). Cuando la fermentación se produce en el mismo recipiente donde será consumido, se lo clasifica como "yogur firme" por la consistencia firme que presenta (Montero *et al.*, 2003).

Desde un punto de vista nutricional, el yogur y otras leches fermentadas son alimentos muy valiosos en la dieta, ya que son ricos en proteínas de alto valor biológico, calcio de fácil asimilación, vitaminas del grupo B (especialmente B2 o riboflavina) y vitaminas liposolubles A y D (MAGRAMA, 2013).

La elaboración de yogur se explica como la fermentación de la leche con bacterias termófilas ácido lácticas como *S. thermophilus* y *L. bulgaricus* (Ozcan, 2013). Anteriormente estudios como el de Condony *et al.*, (1988) explicaban este proceso: primero actuará el *S. thermophilus*, que acidificará el medio de forma limitada, para que consecutivamente actúe el *L. bulgaricus*, que proporcionará una acidez más elevada, ambos actuarán simbióticamente, es decir el primero proporcionará al segundo un medio adecuado para su desarrollo óptimo, y entre los dos consiguen las condiciones adecuadas para la obtención del yogur. Así mismo otros estudios sobre la popularidad de estas leches fermentadas como el de Tamime *et al.*, (2011) mencionan cómo se presenta este producto al consumidor: en forma de gel firme o yogur firme, de tipo agitado o yogur batido y de bajo fluido viscoso como el yogur líquido.

Condony *et al.*, (1988) observaron en la elaboración de yogur un ligero aumento del contenido de ácidos grasos libres, aunque el perfil de los ácidos grasos totales del yogur era similar al de la leche de partida por lo que para conocer la composición lipídica del yogur, basta con conocer la composición de la leche de partida. Consecuentemente, el contenido lipídico de la leche utilizada para la fabricación del yogur condiciona la composición del producto final.

Trabajos previos como el de Boylston y Beintz(2002) muestran estudios de la composición del perfil de ácidos grasos en el yogur con leche de vaca. El objeto de este trabajo es estudiar el efecto del empleo de leche de oveja con perfil de ácidos grasos modificado con mayor proporción de MUFA y menor de SFA respecto a la composición normal de la leche de oveja sobre la calidad del yogur firme a lo largo de su vida útil.

2 Objetivo

Estudiar la influencia del perfil de ácidos grasos de la leche de oveja sobre la calidad del yogur firme, evaluado a lo largo del tiempo de su vida útil. Para este fin se estudiarán los parámetros físicos, químicos, microbiológicos y sensoriales del yogur elaborado con la leche modificada y se comparará con el yogur obtenido con una leche control, de perfil lipídico estándar.

3 Materiales y Metodología

Todos los trabajos que aquí se presentan, se han desarrollado en la Estación Tecnológica de la Leche (ETL), del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL), en Palencia.

3.1 Materiales

Se han utilizado dos tipos de leche de oveja para la elaboración de yogur firme que parten de la composición media con respecto al porcentaje de agua, grasa, y extracto seco magro, que es distinta para ambos tipos de leche (Tabla 1). Se usó leche de oveja con perfil de ácidos grasos modificado (L1), con mayor proporción de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) y menor de ácidos grasos saturados (SFA) respecto a la composición normal de la leche de oveja (L0), que es la leche control. Los perfiles de ácidos grasos de ambas leches fueron distintos, L1 tiene un menor porcentaje de SFA y mayor de MUFA que L0, dichas diferencias se presentan en la Tabla 2.

Para la elaboración del yogur se utilizó un fermento comercial compuesto de una mezcla de *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* (Chr-Hansen, Dinamarca).

Tabla 1. Composición media de la leche de oveja L0 y L1.

L0			Porcentaje %
Agua			82,18
Extracto seco Total (17,82%)	Materia Grasa		6,65
	Extracto Seco Magro (11,17%)	Lactosa	4,83
		Proteínas	5,44
		Minerales	0,9
L1			Porcentaje %
Agua			82,08
Extracto seco Total (17,92%)	Materia Grasa		6,77
	Extracto Seco Magro (11,15%)	Lactosa	4,87
		Proteínas	5,38
		Minerales	0,9

Fuente: Estación Tecnológica de la Leche en Palencia (ETL). Laboratorio de análisis fisicoquímico

Tabla 2. Composición media de ácidos grasos presentes en la grasa de la leche.

Ácidos grasos %	L0	L1
SFA ¹	70,59±0,78	66,28±0,03
MUFA ²	24,95±0,64	30,13±0,45
PUFA ³	5,72±0,01	5,14±0,21

¹Ácidos grasos saturados, ²Ácidos grasos monoinsaturados, ³Ácidos grasos polinsaturados

3.2 Metodología

3.2.1 Fabricación de yogur firme

Se utilizó la metodología propuesta por la Estación Tecnológica de la Leche (ETL), en Palencia que se resume en la Figura 1. Se partió de leche entera de oveja a la cual se le aplicó un proceso de pasteurizado de 80°C durante 30 minutos; posteriormente se realizó una inoculación directa con fermento comercial reconstituido en un litro de leche pasteurizada, a razón de 4 mL por litro de leche y a una temperatura de 42-43°C. La mezcla fue distribuida en envases de plástico de 125 mL con tapa, dispuestos en bandejas de rejilla (12 envases/bandeja) y fueron llevados a incubar a 42-43°C en un fermentador con control de temperatura (PORTINOX ARGBT 700-1P, Sevilla, España). En esta etapa el pH fue monitorizado mediante un pH-metro multicanal (Crison GLP22, España) con sondas de pH y temperatura, hasta alcanzar valores de pH de 4,6. Alcanzado dicho valor de pH, los yogures se conservaron en cámara fría a 4°C.

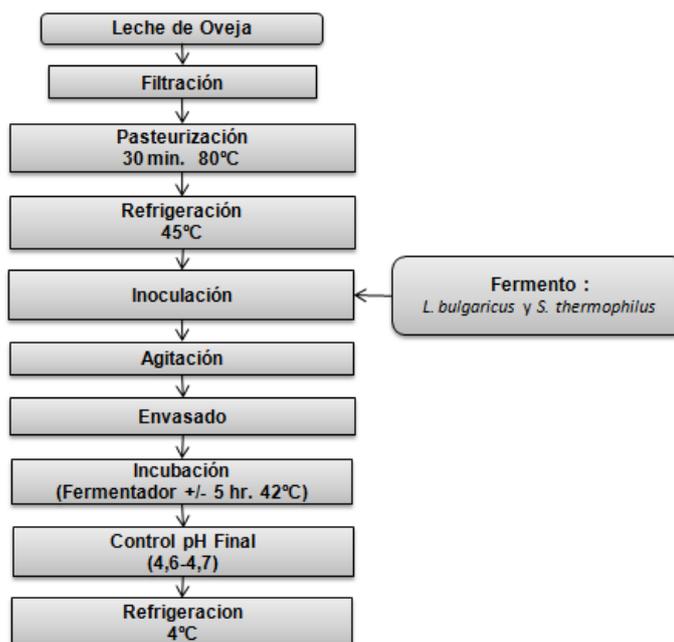


Figura 1. Diagrama flujo de la preparación de yogur firme de leche de oveja.

Para estudiar los parámetros físico-químicos, físicos, microbiológicos y sensoriales del yogur a lo largo del tiempo de su vida útil (Tabla 3) se elaboraron alrededor de 12,75 L para 102 muestras analizables extrayendo así 17 muestras de cada tipo de yogur (L0 y L1) y 34 muestras para cada periodo de tiempo (Días 1, 14 y 28).

Tabla 3. Número de muestras fabricadas para estudiar los parámetros de calidad del yogur firme a lo largo de su vida útil.

Día	Tipo leche	Análisis físico-químico	Textura	Viscosidad	Color	Microbiológico	Análisis sensorial descriptivo	Total
1	L0	2	4	4	2	9	17	
	L1	2	4	4	2	9	17	
14	L0	2	4	4	2	9	17	
	L1	2	4	4	2	9	17	
28	L0	2	4	4	2	9	17	
	L1	2	4	4	2	9	17	
Total		24	48	48	24	108	102	

3.2.2 Determinación de parámetros físico-químicos

Los análisis físico-químicos se realizaron de acuerdo a los procedimientos normalizados de trabajo implantados en la ETL. Se llevaron a cabo las siguientes determinaciones: análisis de pH y lactosa a lo largo de la vida útil; análisis de cenizas, grasa, extracto seco y proteína total a día 1 de fabricación.

3.2.2.1 Determinación de pH

Se realizó por el método potenciométrico, tomando como referencia básica el procedimiento normalizado de trabajo de la ETL, la ISO 2917-2010 y la metodología MFHP-03 (2013). Se utilizó un potenciómetro provisto de un electrodo estándar combinado de pH (Crison GLP22, España). El pH-metro se calibró con soluciones tampón con valores de pH 7 y 4,01. Posteriormente se procedió a la lectura de pH de las muestras una vez alcanzada una medida estable, a temperatura de $8\pm 2^{\circ}\text{C}$

3.2.2.2 Determinación de lactosa

Se determinó por HPLC y detección refractométrica (Jasco IR-930, U.K.), tomando como referencia el procedimiento normalizado de trabajo de la ETL y la ISO 22662:2007. El método se basó en la adición de un reactivo (solución de Biggs-Szijarto) para precipitar la grasa y la proteína. La muestra se filtró y se procedió a la separación cromatográfica de la lactosa y posterior detección por diferencia del índice de refracción entre una disolución que atraviesa una celda de medida respecto a otra de referencia. Posteriormente se cuantificó mediante la comparación de áreas de los picos de patrones y muestras. La columna fue de $4\ \mu\text{m}$ ($4,6\times 250\ \text{mm}$) (Waters High Performance Carbohydrate Column, Ireland) y la fase móvil una solución de Acetonitrilo/Agua 75/25 (filtrada por $0,45\ \mu\text{m}$). Para que la muestra de yogur fuese analizable se realizó una homogenización previa con ayuda de una espátula, pesando aproximadamente 5 g de muestra en un matraz aforado de 100 ml y añadiendo 70 ml agua y 10 ml de reactivo Biggs/Szijarto (solución de acetato de zinc dihidratado, ácido fosfotungstico monohidratado y ácido acético), seguido de un proceso de mezclado. Posteriormente se centrifugó a 3000 g durante 10 minutos. Finalmente se filtró a través de filtro de nylon de $0,45\ \mu\text{m}$ y se introdujo la muestra en un vial cromatográfico. El equipo se calibró con patrones de concentración de lactosa: 2, 3, 4, 5 y 6 g/L.

3.2.2.3 Determinación de cenizas

Se llevó a cabo un secado y calcinado de una muestra de 5 a 5,5 g de yogur en horno mufla (Thermo Scientific Heraeus M110, Canada) a una temperatura de 500-550°C durante 5h hasta obtener una ceniza gris o gris claro. Posteriormente se sacó la cápsula y se colocó en desecador, seguido de un enfriamiento y de una pesada hasta masa constante.

3.2.2.4 Determinación de extracto seco

Se determinó por el método de desecación en estufa, que consiste en pesar y mezclar la muestra (3,5 g de yogur) con arena y un secado a 102°C (J.P. Selecta, España) hasta peso constante.

3.2.2.5 Determinación de la materia grasa

Se realizó por el método gravimétrico, tomando como referencia la ISO 1735:2004, método Schmind-Bondzynski-Ratzlaff (SBR), que consiste en una digestión con ácido clorhídrico y posterior extracción de la grasa de una solución de ácido clorhídrico 25% p/p y etanol, con la ayuda de éter dietílico y éter de petróleo, seguido de una evaporación de los disolventes y posterior pesado del residuo (grasa).

3.2.2.6 Determinación de proteína

Se tomó como referencia la ISO 8968:2004. Se cuantificó el nitrógeno total de la muestra, multiplicando por 6,38 para obtener el valor de proteína. Se determinó el nitrógeno total utilizando el método Kjeldahl, para este fin, se empleó un digestor de proteínas (Büchi Digestor Unit Labortechnik, mod. K-425, Suiza) con equipo lavador de gases (Büchi Scrubber Unit Labortechnik, mod. K-415, Suiza) y un destilador por arrastre de vapor (Büchi Distillation Unit Labortechnik, mod. K-350, Suiza). La valoración final se realizó con ácido clorhídrico 0,1 N con una bureta automática de 25 mL de capacidad graduada a intervalos de 0,01 mL, calibrada y verificada.

3.2.3 Determinación de las propiedades físicas

Los análisis de color, viscosidad y textura se realizaron de acuerdo a los procedimientos normalizados de trabajo de la ETL.

3.2.3.1 Análisis de textura

La textura del yogur firme se caracterizó mediante texturómetro TA-XT2i (Stable Micro Systems Ltd, Inglaterra) con una sonda cilíndrica (P/25a) de 25 mm de diámetro. Se realizó un ensayo de *back-extrusión* (pseudo-compresión) método descrito por varios autores (Patrignani *et al.*, 2007; Pereira *et al.*, 2003; Staffolo *et al.*, 2004) sobre muestras de yogur contenidas en recipientes de 125 mL atemperadas previamente en cámara fría a temperatura de $10 \pm 2^\circ\text{C}$. Los parámetros de ensayo fueron 1 mm/s de velocidad de pre-ensayo y ensayo y 10 mm/s de velocidad de post-ensayo. La distancia de compresión fue de 15 mm. Las curvas de fuerza-tiempo (Figura 2) se analizaron mediante el software *Texture Expert* versión 1.22 para Windows 95 (Stable Micro Systems Ltd., England) y los parámetros de textura fueron: fuerza máxima en compresión expresado en N (firmeza), área positiva de la curva expresada en N·s (consistencia), máxima fuerza en el pico de área negativa, expresada en N (cohesividad) (Ciron *et al.*, 2010).

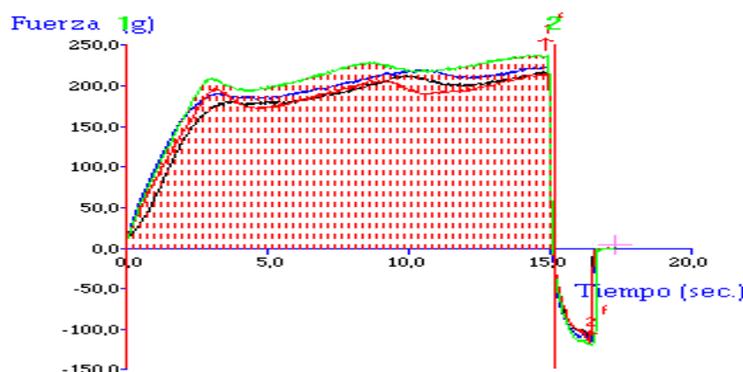


Figura 2. Curvas de fuerza tiempo del yogur firme

3.2.3.2 Color

Se determinaron y evaluaron las coordenadas de color en el espacio CIELAB: L^* (luminosidad) y a^* , b^* (cromaticidad), en los yogures (L0 y L1) a temperatura de $8 \pm 2^\circ\text{C}$ utilizando un colorímetro Minolta CR-410 (Konica, España). Las condiciones de operación fueron: observador 10° , Iluminante D65.

3.2.3.3 Viscosidad

Se utilizó el viscosímetro Brookfield LVP II+ (Brookfield Engineering Lab Inc., Stoughton, USA) para determinar la viscosidad aparente de las muestras a temperatura de $10 \pm 2^\circ\text{C}$, utilizando un husillo cilíndrico alargado (N° 4) a una velocidad de giro de 1,1 rpm.

3.2.4 Análisis microbiológico

Se utilizó el procedimiento normalizado de trabajo de la ETL, basado en la norma (AENOR, 2008) y la ISO 7889:2003. Se pesó una muestra de 10 g de yogur que fue diluido en agua peptona estéril (0.1%), se tomó 1 mL de la suspensión madre y se transfirió a placas Petri por duplicado (10^{-1}), aplicando una serie de diluciones decimales hasta la dilución 10^{-8} . Para el conteo de *S. thermophilus* se inoculó en medio agar M17 sembradas en placas por duplicado seguido por una incubación en estufa a 37°C durante 48 horas. Para el conteo de *L. bulgaricus* se inoculó en medio agar MRS sembradas en placas por duplicado seguido por una incubación en jarra de anaerobiosis a 37°C durante 72 horas. Finalmente se realizó el recuento de colonias características en cada una de las placas incubadas.

3.2.5 Análisis sensorial descriptivo

Se realizó una prueba analítica descriptiva con escala de 0 a 100, no estructura y con la colaboración de 9 panelistas entrenados, que conforman el panel de evaluación sensorial de la ETL. Los descriptores evaluados fueron: intensidad de olor,

olor láctico, firmeza, filancia, arenosidad, espesor en boca, cremosidad, aroma nata, y sabor ácido. También se realizó una evaluación de la impresión global del yogur.

3.2.6 Análisis estadístico

Para el análisis de todos los datos obtenidos, físico-químicos, físicos, microbiológicos y sensoriales descriptivos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el efecto simple de los dos factores estudiados (tipo de leche y vida útil) y de su interacción. Se empleó para ello el software estadístico SPSS® 12.0. Posteriormente se realizó análisis de varianza (ANOVA) individual para cada uno de los factores (leche y vida útil), para evaluar de forma más detallada las diferencias detectadas en el análisis multivariante. Se utilizó el test de Tukey para la clasificación en grupos homogéneos.

4 Resultados y Discusión

4.2.1 Determinación de parámetros físico-químicos

4.2.1.1 pH y lactosa

En la Tabla 4 se muestran los datos del estudio ANOVA multivariante. Como puede verse se obtuvieron diferencias significativas en el pH y el contenido en lactosa del yogur a lo largo del tiempo de vida útil y dependiendo del tipo de leche. La interacción Leche x tiempo resultó significativa en el valor del pH. Esto indica que el efecto del tiempo de almacenamiento sobre el pH del yogur es diferente en función del tipo de leche utilizada.

Tabla 4. Significación de los parámetros fisicoquímicos según el ANOVA para los factores: leche, vida útil y su interacción.

Variables	Leche (L)	Vida Útil (VU)	L x VU
pH	ns	***	*
Lactosa	ns	*	ns

ns, no significativo; *significativo al 95% ($p < 0,05$); *** significativo al 99,9% ($p < 0,001$)

Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos de los yogures elaborados con las leches L0 y L1 medidos a lo largo del tiempo de vida útil.

Variables	Día	L0	L1
pH	1	4,55±0,05 b B	4,50±0,04 a AB
	14	4,53±0,06 a B	4,52±0,03 a B
	28	4,45±0,01 a A	4,47±0,02 b A
Lactosa (%p/v)	1	3,09±0,12 a A	3,16±0,13 a B
	14	3,07±0,37 a A	2,93±0,20 a A
	28	2,88±0,09 a A	2,97±0,12 b AB

Valores con distintas letras en minúsculas en la misma fila son significativamente diferentes a un 95 % de probabilidad ($p < 0,05$)

Valores con distintas letras en mayúsculas en la misma columna son significativamente diferentes a un 95 % de probabilidad ($p < 0,05$)

La Tabla 5 recoge los valores de pH y lactosa obtenidos en los yogures elaborados. Como puede verse el pH de los yogures, de los dos tipos de leche (L0 y L1), disminuyó con el tiempo de almacenamiento a partir del día 14, siendo significativamente menor el pH del yogur tras 28 días de almacenamiento (Figura 3). También se observó un efecto del tipo de leche en el valor de pH del yogur, obteniéndose diferencias significativa entre el pH de L0 y L1, siendo a día 1 más ácido L1 que L0, mientras que a día 28 los yogures derivados de la L1 fueron menos ácidos que los de la L0. La acidificación del yogur se da por la fermentación de la lactosa a ácido láctico (Kosikowski, 1982), y se extiende a largo de la vida útil. Asimismo, según Chandan (2006) y la Norma Española (BOE, 2014), todos los yogures deberán tener un pH igual o inferior a 4,6 lo que quiere decir que el pH para L0 y L1 estuvo dentro del rango adecuado.

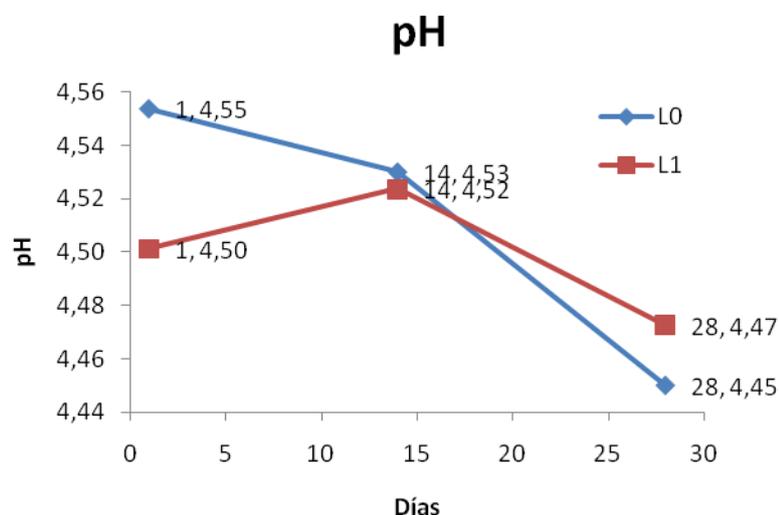


Figura 3. Evolución del pH contra al tiempo de la vida útil.

El porcentaje de lactosa (Tabla 5) en L1, como era de esperar, disminuyó a lo largo del tiempo de la vida útil aunque sólo se observaron diferencias significativas a día 14. Por otro lado, el ANOVA univariante demostró que, respecto al contenido en lactosa, existen diferencias significativas entre L0 y L1 a día 28, siendo L1 el que presentó mayor porcentaje de lactosa.

4.2.1.2 Cenizas, grasa, extracto seco y proteína

La composición de cenizas, grasa, extracto seco y proteína sólo se analizó a día 1 de fabricación. Con los resultados obtenidos se realizó un ANOVA de un factor (Tabla 6). Se observó que no existen diferencias significativas con respecto al

porcentaje de ceniza, grasa, extracto seco y proteína total del yogur (L0 y L1) aunque la leche inicial sí tenía una ligera diferencia en el contenido proteico (Tabla 1).

Tabla 6. Composición y significación de los yogures elaborados con las leches L0 y L1 medidos después de la fabricación.

Variables(%p/p)	Día	L0	L1	Sign.
Cenizas	1	0,75±0,15 a	0,64±0,28 a	ns
Grasa	1	6,60±0,30 a	6,73±0,36 a	ns
Extracto Seco	1	17,19±0,10 a	17,34±0,55 a	ns
Proteína total	1	5,56±0,07 a	5,56±0,11 a	ns

Valores con distintas letras en minúsculas en la misma fila son significativamente diferentes a un 95 % de probabilidad ($p < 0,05$)
ns, no significativo

4.2.2 Determinación de las propiedades físicas

4.2.2.1 Análisis de textura

En la Tabla 7 se muestran los datos del ANOVA multivariante. Se puede ver que el diferente perfil graso de las leches (L0 y L1) no afectó a la firmeza del yogur, pero sí a su consistencia y cohesividad. El tiempo de vida útil del yogur (VU) afectó de forma significativa a la firmeza y a la consistencia, pero no a la cohesividad. La interacción entre el tipo de leche y el tiempo de vida del yogur no resultó significativa para ninguno de los parámetros de textura evaluados.

Tabla 7. Significación de los parámetros de textura según el ANOVA para los factores: leche, vida útil y su interacción.

Variables	Leche (L)	Vida Útil (VU)	L x VU
Firmeza	ns	***	ns
Consistencia	**	***	ns
Cohesividad	***	ns	ns

ns, no significativo; ** significativo al 99% ($p < 0,01$); *** significativo al 99,9% ($p < 0,001$)

Tabla 8. Parámetros de textura de los yogures elaborados con leche L0 y L1 medidos a lo largo del tiempo de vida útil.

Variables	Día	L0	L1
Firmeza	1	2,12±0,12 b A	1,99±0,04 a A
(N)	14	2,26±0,19 a A	2,24±0,15 a B
	28	2,30±0,13 a A	2,27±0,15 a B
Consistencia	1	26,43±1,53 b A	24,92±0,60 a A
(Nxs)	14	27,74±1,65 a A	26,88±1,34 a B
	28	28,17±0,96 a A	27,20±1,49 a B
Cohesividad	1	1,21±0,10 b A	1,03±0,08 a A
(N)	14	1,16±0,09 b A	1,03±0,11 a A
	28	1,22±0,05 b A	1,06±0,07 a A

Valores con distintas letras en minúsculas en la misma fila son significativamente diferentes a un 95 % de probabilidad ($p < 0,05$)
Valores con distintas letras en mayúsculas en la misma columna son significativamente diferentes a un 95 % de probabilidad ($p < 0,05$)

Para la firmeza del yogur, si bien al realizar el ANOVA multifactorial (Tabla 7) no se vieron diferencias significativas respecto al tipo de leche utilizado, realizando el ANOVA univariante para el factor leche a un tiempo de almacenamiento dado, se observó que únicamente a día 1 de fabricación, los yogures elaborados con L0 son significativamente más firmes que los elaborados con L1. Las diferencias detectadas en la firmeza en cuanto a la vida útil, sólo se observan con L1 (Tabla 8), siendo la firmeza a día uno significativamente más pequeña que el resto de días analizados.

Abeddu et al., (2011) estudiaron la influencia de los piensos mediterráneos para ovejas sobre la leche de oveja y el yogur, y observaron que cuando aumenta el porcentaje de grasa, disminuye la firmeza del yogur. Asimismo Barrante *et al.*, (2006) en su estudio sobre las propiedades reológicas del yogur, observaron que cuando se utiliza leche con un alto contenido de aceites insaturados se obtienen yogures con menos firmeza. En nuestro estudio el análisis del porcentaje de grasa y el perfil de ácidos grasos de las leches de partida respecto a los MUFA fue mayor en L1, lo cual dio como resultado un yogur menos firme que L0.

La consistencia del yogur, mostró diferencias significativas (Tabla 7) respecto al tipo de leche utilizado. Realizando el ANOVA univariante para el factor leche se observó que, a día 1 de fabricación, los yogures elaborados con L1 son significativamente menos consistentes que los yogures elaborados con L0. En cuanto a la vida útil (VU), en la consistencia, al igual que la firmeza, sólo se observaron diferencias significativas en L1 (Tabla 8), siendo menos consistente el yogur a día 1 que al resto de días analizado.

La Tabla 8 recoge los valores de cohesividad de los yogures. Puede observarse que aquellos elaborados a partir de leche con un menor contenido en SFA (L1) resultaron menos cohesivos que los elaborados con la leche control. Sin embargo, el tiempo de vida útil no afectó significativamente a este parámetro textural.

Tamime y Robinson (1991) correlacionaron la consistencia del yogur con el extracto seco de la leche de partida, comprobando en su estudio que cuanto mayor sea el contenido de extracto magro de la mezcla destinada a la elaboración del yogur, mayor consistencia tendrá el producto final. Asimismo Hilali *et al.*, (2011) en su estudio sobre las propiedades físicas y químicas del yogur con distintas dietas, observaron que cuanto mayor cantidad de grasa y lactosa haya, dará como resultado una menor consistencia y menor fuerza de cohesividad en el yogur. En nuestro estudio en la leche de partida las diferencias en el extracto son prácticamente nulas y el análisis

fisicoquímico del yogur no mostró diferencias, lo que podría explicar que las diferencias en la cohesividad pueden ser debidos al distinto perfil de ácidos grasos ya que es lo único que cambia entre ambas leches, aunque con el ANOVA esta diferencia no fue significativa, exceptuando la consistencia que es menor a día 1 para L1 que L0.

4.2.2.2 Color

En la Tabla 9 se presentan los resultados del ANOVA multifactorial. En ella se observa que los parámetros de luminosidad (L^*) y cromaticidad (a^* , b^*) no difieren significativamente entre los yogures elaborados con las leches L0 y L1; sin embargo, a lo largo del tiempo de vida útil (VU) se observaron diferencias significativas en los tres parámetros analizados.

Tabla 9. Significación de los parámetros de color según el ANOVA para los factores: leche, vida útil y su interacción.

Variables	Leche (L)	Vida Útil (VU)	L x VU
L^*	ns	***	ns
a^*	ns	***	ns
b^*	ns	***	ns

ns, no significativo; *** significativo al 99,9% ($p < 0,001$)

Tabla 10. Parámetros de color de los yogures elaborados con las leches L0 y L1 medidos a lo largo del tiempo de vida útil.

Variables	Día	L0	L1
L^*	1	95,13±2,92 a B	95,16±2,91 a B
	14	92,13±0,13 a A	92,11±0,13 a A
	28	92,04±0,27 a A	91,84±0,17 a A
a^*	1	-1,93±2,01 a B	-2,04±1,96 a B
	14	-3,75±0,04 a A	-3,78±0,03 a A
	28	-3,72±0,06 a A	-3,73±0,03 a A
b^*	1	6,91±5,43 a A	7,32±5,42 a A
	14	11,72±0,09 a B	12,34±0,07 b B
	28	11,76±0,09 a B	12,31±0,13 b B

Valores con distintas letras en minúsculas en la misma fila son significativamente diferentes a un 95 % de probabilidad ($p < 0,05$)
Valores con distintas letras en mayúsculas en la misma columna son significativamente diferentes a un 95 % de probabilidad ($p < 0,05$)

La Tabla 10 recoge las coordenadas cromáticas de los yogures elaborados. En ella puede observarse que la luminosidad (L^*), definida por Gilabert (1992) como el atributo según el cual una superficie parece emitir más o menos luz y que varía entre 0 (negro absoluto) y 100 (blanco absoluto), disminuyó en los yogures con el tiempo de almacenamiento hasta en 3,3%.

El parámetro a^* es la desviación del punto cromático, en el que si a^* es mayor a 0 tiende hacia el color rojo y hacia el verde si es menor a 0 (Gilbert, 1992). Realizando un ANOVA univariante (Tabla 10) se observó que los yogures de los dos tipos de leche no presentan diferencias significativas, pero si mostraron diferencias significativas en cuanto a la vida útil y se observó que a día 1 en L0 y L1 es menos verde que a día 14 y 28. Así mismo Hilale *et al.*, (2011) en su estudio indica que cuanto mayor es el contenido de proteína de la leche de oveja, el yogur presenta una coloración más verde. En nuestro estudio el contenido de proteína no difiere significativamente lo que se le podría atribuir al distinto perfil de ácidos grasos esta ligera diferencia de tono que se puede apreciar en la Figura 4 donde L1 presenta menor tonalidad que L0 a día 14 y 28, aunque en el ANOVA realizado no haya sido significativa esta diferencia entre L0 y L1.

El parámetro b^* corresponde también a una coordenada de cromaticidad, pero en este caso va hacia amarillo si es mayor a 0 y hacia el azul si es menor a 0 (Gilbert, 1992). Realizando un ANOVA univariante para la vida útil (Tabla 10) se observó que ambos yogures (L0 y L1) muestran diferencias significativas, siendo a día 1 menos amarillo que el resto de los días, también se observó que a día 14 y 28 presentan diferencias significativas entre L0 y L1, siendo L1 mas amarillo que L0. Yazici & Akgun (2004), en su estudio sobre el efecto de algunos sustitutos de grasa sobre las propiedades físicas del yogur, observaron que un aumento en el contenido de grasa ocasiona un aumento significativo de los valores del color amarillo de las muestras. En nuestro estudio (Tabla 6), no se vieron diferencias significativas en el contenido total de grasa, si bien si en la composición relativa de dicha grasa, lo cual podría explicar una mayor tonalidad amarilla en L1.

Para diferenciar las coordenadas cartesianas rectangulares de a^* y b^* se empleó las coordenadas cilíndricas para obtener la saturación (C^*) y el tono (h), y apreciar las diferencias de L0 y L1. En la Figura 4 se observa que no parece haber una diferencia con el tono pero si con la saturación mostrando el yogur L1 a día 1 mayor saturación que L0.

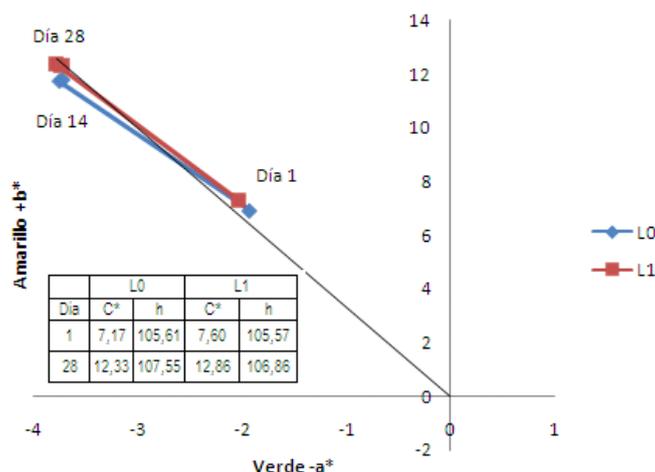


Figura 4. Representación del diagrama cromático cartesiano a* - b* y caracterización de los atributos psicológicos del color: Tono (h) y Saturación (C*)

4.2.2.3 Viscosidad

Tras el ANOVA multifactorial (Tabla 11), se observó cómo la viscosidad sólo presentó diferencias significativas respecto a la vida útil del yogur. Realizando ANOVA univariante (Tabla 12) se observó un aumento de la viscosidad con el tiempo en los yogures de L1 y entre L0 y L1 a día 28, siendo L1 a día 28 menos viscoso que L0.

Tabla 11. Significación de la viscosidad según el ANOVA para los factores: Leche, vida útil y su interacción.

Variables	Leche (L)	Vida Útil (VU)	L x VU
Viscosidad	ns	*	ns

ns, no significativo; *significativo al 95% (p<0,05)

Tabla 12. Viscosidad de los yogures elaborados con las leches L0 y L1 medidos a lo largo del tiempo de vida útil.

Variables	Día	L0	L1
Viscosidad (Paxs)	1	173,84±30,03 a A	140,67±49,51 a A
	14	191,13±49,05 a A	198,50±45,22 a AB
	28	222,5±44,26 b A	174,69±39,11 a B

Valores con distintas letras en minúsculas en la misma fila son significativamente diferentes a un 95 % de probabilidad (p < 0,05)
 Valores con distintas letras en mayúsculas en la misma columna son significativamente diferentes a un 95 % de probabilidad (p < 0,05)

Según Olga & Kayanush (2008), en su estudio sobre la calidad del yogur, vieron que el tiempo de almacenamiento afecta significativamente a la viscosidad aparente del yogur, no encontrando diferencias significativas entre los días 1 y 7, pero si en el día 21, donde la viscosidad aparente fue la más alta, atribuyendo dicho aumento a la disminución de sinéresis a causa del agua retenida dentro del producto. Por otro lado, Walstra (2001) en su estudio sobre procesos de leche observó que el yogur presenta mayor viscosidad cuanto más alto sea su acidez. En nuestro estudio el pH a día 28 es más ácido que a día 1, lo que puede explicar el aumento de viscosidad tanto en L0 como en L1.

4.2.3 Análisis microbiológico

Se realizó un ANOVA multifactorial (Tabla 13) para los recuentos microbianos y se observó que el recuento de *S. thermophilus* no presenta diferencia significativa entre ambos yogures (L0 y L1). Sin embargo con *L. bulgaricus* se observó que entre L0 y L1 es significativa la diferencia. Por otro lado se observó que a lo largo del tiempo de vida útil (VU) en los recuentos microbianos de *S.thermophilus* y *L. bulgaricus* se vieron diferencias significas. La interacción Leche x tiempo no resultó significativa para ambos recuentos microbiológicos.

Tabla 13. Significación de las colonias obtenidas del análisis microbiológico según el ANOVA para los factores: leche, vida útil y su interacción.

Variables	Leche (L)	Vida Útil (VU)	L x VU
<i>S. thermophilus</i>	ns	*	ns
<i>L. bulgaricus</i>	***	***	ns

ns, no significativo; *significativo al 95% ($p < 0,05$); *** significativo al 99,9% ($p < 0,001$)

Tabla 14. Recuento de colonias de los yogures elaborados con las leches L0 y L1 medidos a lo largo del tiempo de vida útil.

Variables	Día	L0	L1
<i>S. thermophilus</i> (log ufc g-1)	1	9,16±0,04 a B	9,36±0,44 a A
	14	9,17±0,06 a B	9,18±0,14 a A
	28	8,94±0,13 a A	9,02±0,07 a A
<i>L. bulgaricus</i> (log ufc g-1)	1	6,16±0,22 b B	5,83±0,1 a B
	14	6,09±0,11 b B	5,78±0,23 a B
	28	5,06±0,34 b A	4,33±0,12 a A

Valores con distintas letras en minúsculas en la misma fila son significativamente diferentes a un 95 % de probabilidad ($p < 0,05$)
Valores con distintas letras en mayúsculas en la misma columna son significativamente diferentes a un 95 % de probabilidad ($p < 0,05$)

Se realizó un ANOVA univariante (Tabla 14) para el tipo de leche utilizado (L0 y L1) y se observó que el recuento de *S. thermophilus* presentó diferencias significativas respecto a la vida útil en L0, siendo a día 28 menor que a día 1 y 14 (Figura 5). Sin embargo para L1 no fue significativa.

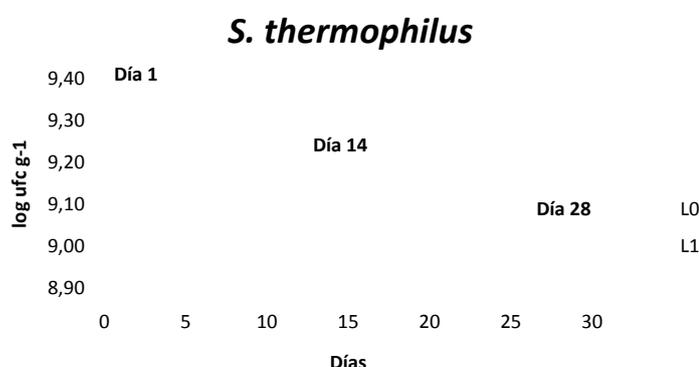


Figura 5. Recuento de *S. thermophilus* a lo largo del tiempo de vida útil del yogur firme (L0 y L1)

En el recuento de *L. bulgaricus* (Tabla 14), se observó que el número de bacterias de *Lactobacillus* en L1 es significativamente menor que en L0 (Figura 6). Por otra parte, respecto a la vida útil, se observó también que L0 y L1 son significativamente diferentes, demostrándose que el número de bacterias viables de los yogures es menor a día 28 que a días 1 y 14 para ambos.

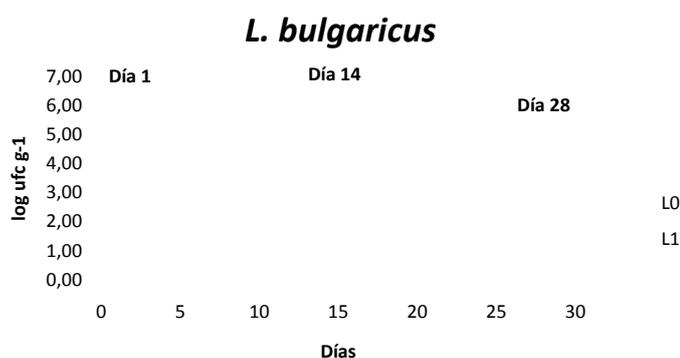


Figura 6. Recuento de *L. bulgaricus* a lo largo del tiempo de vida útil del yogur firme (L0 y L1)

Lankaputhra, Shah y Britz (1996) vieron en su estudio que los recuentos microbianos en el yogur de vaca disminuyen significativamente con el tiempo cuando el pH es de 4,3 o menor. En nuestro estudio, el pH a día 28 para L0 y L1 disminuyó a 4,45 y 4,47 respectivamente, lo que puede explicar la disminución del recuento las dos bacterias lácticas.

4.2.4 Análisis sensorial descriptivo

Se realizó un ANOVA multifactorial con todos los descriptores estudiados (Tabla 15) y se observó que sólo existen diferencias significativas en los relacionados con la intensidad de olor y el aroma a nata, a lo largo de la vida útil.

Tabla 15. Significación de los descriptores del análisis sensorial descriptivo del yogur según el ANOVA para los factores: Leche, vida útil y su interacción.

Variables	Leche (L)	Vida Útil (VU)	L x VU
Intensidad Olor	ns	**	ns
Olor Láctico	ns	ns	ns
Firmeza	ns	ns	ns
Filancia	ns	ns	ns
Arenosidad	ns	ns	ns
Espesor en boca	ns	ns	ns
Creмосidad	ns	ns	ns
Aroma Nata	ns	**	ns
Sabor Ácido	ns	ns	ns
Valoración Global	ns	ns	ns

ns, no significativo; *significativo al 95% (p<0,05); ** significativo al 99% (p<0,01)

Tabla 16. Análisis sensorial descriptivo de los yogures elaborados con las leches L0 y L1 medidos a lo largo del tiempo de vida útil.

Variables	Día	L0	L1
Intensidad Olor	1	61,15±13,42 a B	55,23±15,27 a A
	14	51,27±13,76 a AB	52,13±18,64 a A
	28	41,38±17,05 a A	45,82±17,87 a A
Olor Láctico	1	47,69±19,43 a A	41,62±14,43 a A
	14	39,73±19,24 a A	34,94±18,85 a A
	28	32,56±17,85 a A	37,71±19,78 a A
Olor Leche Cocida	1	11,23±12,58 a A	16,54±16,5 a A
	14	9,40±9,22 a A	13,44±12,1 a A
	28	8,31±9,38 a A	11,18±11,18 a A
Firmeza	1	44,38±11,88 a A	39,46±14,39 a A
	14	40,00±13,61 a A	36,44±17,03 a A
	28	42,19±11,96 a A	40,71±13,42 a A
Filancia	1	10,92±7,59 a A	7,62±5,94 a A
	14	9,27±6,67 a A	10,63±6,08 a A
	28	11,75±9,90 a A	12,71±10,37 a A
Arenosidad	1	38,46±16,38 a A	33,31±14,79 a A
	14	39,20±16,26 a A	35,31±11,49 a A
	28	38,69±15,99 a A	39,18±15,31 a A
Espesor en boca	1	39,77±16,49 a A	36,85±16,27 a A
	14	43,73±14,46 a A	40,56±16,32 a A
	28	41,56±15,31 a A	38,35±11,75 a A
Cremosidad	1	42,23±16,62 a A	45,15±15,25 a A
	14	40,47±14,31 a A	38,94±15,15 a A
	28	43,63±16,12 a A	43,41±12,80 a A
Aroma Nata	1	45,77±17,46 a A	45,69±17,95 a B
	14	33,00±16,45 a A	29,69±14,69 a A
	28	41,75±14,44 a A	36,18±12,87 a AB
Aroma Animal	1	15,85±21,00 a A	20,46±24,08 a A
	14	25,13±26,64 a A	19,88±22,80 a A
	28	18,63±20,73 a A	15,82±16,79 a A
Sabor Ácido	1	44,08±20,86 a A	47,62±17,86 a A
	14	40,27±15,91 a A	38,44±17,32 a A
	28	37,56±15,39 a A	32,71±14,89 a A
Valoración Global	1	56,54±20,38 a A	58,23±16,86 a A
	14	46,67±11,01 a A	51,44±14,25 a A
	28	49,44±16,41 a A	49,76±10,96 a A

Valores con distintas letras en minúsculas en la misma fila son significativamente diferentes a un 95 % de probabilidad ($p < 0,05$)
 Valores con distintas letras en mayúsculas en la misma columna son significativamente diferentes a un 95 % de probabilidad ($p < 0,05$)

Según la Tabla 16 se observó que la percepción de aroma a nata fue mayor a días 1 y 28, esta variación resulta significativa sólo en el caso de L1. La intensidad del olor disminuyó ligeramente a lo largo del tiempo de vida útil, llegando a ser estadísticamente significativa dicha diferencia sólo en el caso de L0. La Figura 7 muestra la variabilidad de percepción de los distintos descriptores sensoriales y la impresión global del yogur.

Análisis Sensorial

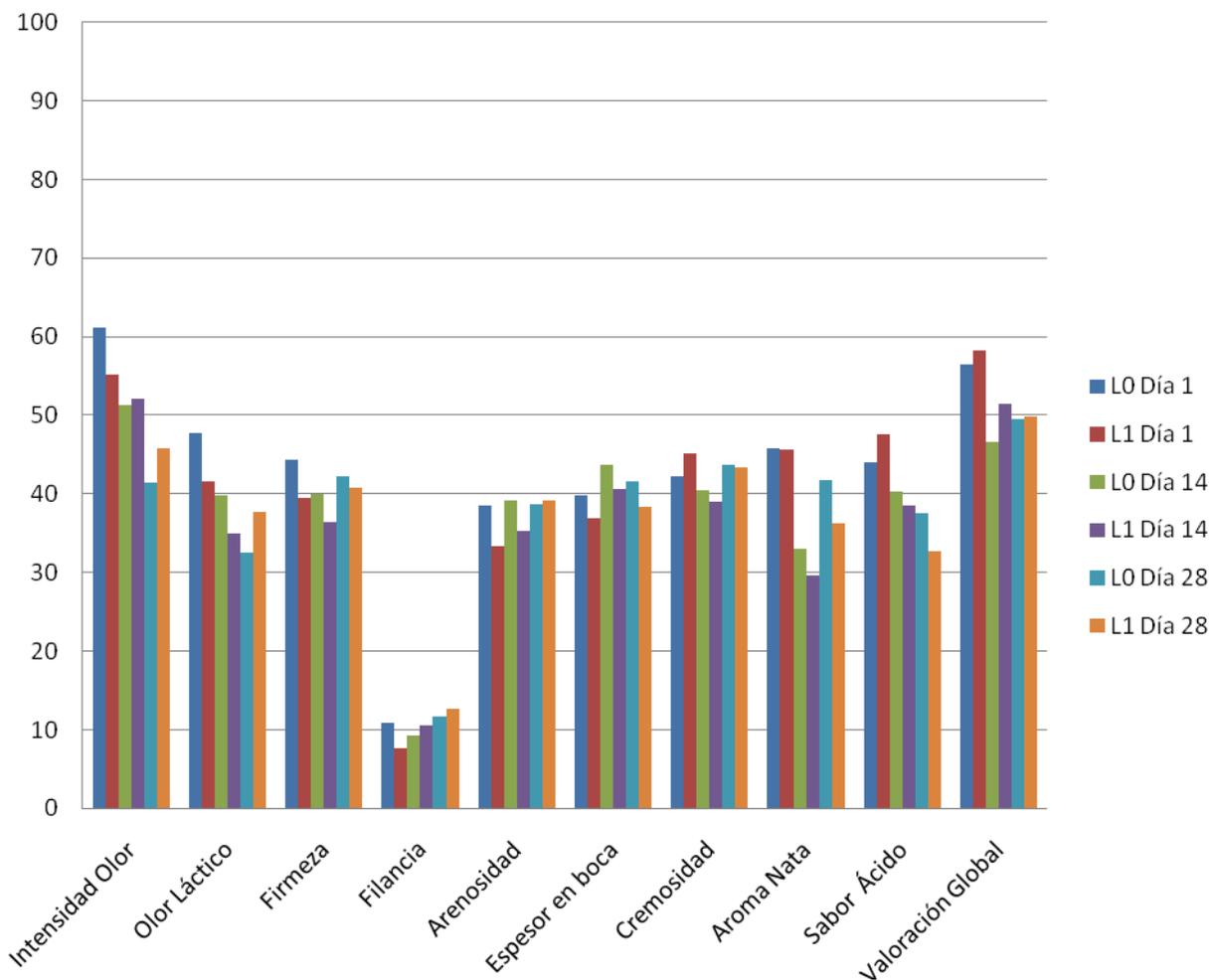


Figura 6. Análisis Sensorial descriptivo a días 1, 14 y 28 de yogur firme de oveja L0 y L1.

5 Conclusiones

Los resultados alcanzados del análisis de los datos obtenidos en el estudio de la influencia del perfil de ácidos grasos, empleando leche de oveja con mayor proporción de MUFA y menor de SFA (L1) respecto a la composición normal de la leche de oveja (L0), sobre la calidad del yogur firme a lo largo de su vida útil, permiten concluir que:

- El yogur firme elaborado con leche de oveja L1 después de 28 días presenta una disminución en el recuento microbiano de *L. bulgaricus* producto de una menor acidez y mayor cantidad de lactosa que la leche control L0.
- Aunque la composición de grasa, extracto seco y proteína de los yogures L0 y L1 no presentan diferencias significativas a día 1 de la fabricación, la variación del perfil de ácidos grasos de la leche de partida influyó en la textura de los yogures. Si bien no se observaron diferencias significativas entre L0 y L1 con

respecto a la firmeza, sí presentaron diferencias significativas en cuanto a la consistencia y la cohesividad, siendo L1 menos consistente a día 1 y menos cohesivo a días 1, 14 y 28 que L0. Esta diferencia se puede atribuir al aumento de ácidos grasos insaturados y lactosa en L1.

- La viscosidad aparente de L1 aumenta a lo largo del tiempo de su vida útil, pero fue menor que L0 a día 28. Esta diferencia se podría atribuir a la acidez del yogur ya que L1 fue menos ácido.
- Los parámetros de color no difieren significativamente entre L0 y L1; Lo más destacable fue el aumento de saturación del color de ambos tipos de yogures con el tiempo de almacenamiento con el período de almacenamiento en ambos tipos de yogures.
- En cuanto al análisis sensorial descriptivo, se observan diferencias significativas en la intensidad del olor en L0 y el aroma a nata en L1, obteniendo ambos yogures menores puntuaciones en intensidad de olor a medida que aumenta la vida útil y menor aroma a nata a los 14 días de fabricación.
- Tras la caracterización del yogur firme de oveja con perfil lipídico modificado se han observado pequeñas diferencias en parámetros de textura, como su menor cohesividad y una menor acidez a lo largo del tiempo de vida útil relacionada con un menor crecimiento de *L. Bulgaricus*. Estas diferencias se consideran pequeñas y no han sido identificadas mediante panel de cata entrenado, por ello se considera que una modificación del perfil lipídico de la grasa, orientada a aumentar el número de ácidos grasos insaturados y reducir los saturados, aumenta las propiedades saludables del yogur sin afectar su calidad sensorial

6 Bibliografía

- Abbeddou, S., Rischkowsky, B., El-Dine, M., Dieter, H., & Kreuzer, M. (2011).** Influence of feeding Mediterranean food industry byproducts to Awassi sheep on physicochemical properties of milk, yoghurt and cheese. *Journal of Dairy Research* , 426-435.
- Amiot, J. (1991).** Ciencia y tecnología de la leche. Zaragoza: Acribia, S. A.
- Anifantakis, E. M. (1986).** Comparison of the physico-chemical properties of ewe's and cow's milk. *Proceedings of the IDF Seminar Production and Utilization of Ewe's and Goat's Milk* , 42-53.
- Assenat, L. (1991).** Leche de oveja. En L. Assenat, J. F. Boudier, M. Cottier, J. Goursaud, J. C. Le Jaquen, P. Le Mens, y otros, *Leche productos lácteos vaca-oveja-cabra* 277-313. Zaragoza: Acribia, S.A.
- Barłowska, J., Szwajkowska, M., Litwinczuk, Z., & Król, J. (2011).** Nutritional Value and Technological Suitability of Milk from Various Animal Species Used for Dairy Production. *Comprehensive reviews in food science and food safety* , 10, 291-302.
- Barrantes, E., Tamime, A. Y., Sword, A., Muir, D., & Kalab, M. (1996).** The manufacture of set-type natural yoghurt containing different oils—2. Rheological properties and microstructure. *Journal of the Science of Food and Agriculture* , 827-837.
- BOE. (2014).** Real Decreto 271/2014, de 11 de abril, por el que se aprueba la Norma de Calidad para el yogur o yoghurt. *Boletín Oficial del Estado*, 33154-33158.
- Boylston, T., & Beitz, D. (2002).** Conjugated linoleic acid and fatty acid composition of yogurt produced from milk of cows fed soy oil and conjugated Linoleic Acid. *Journal of food science* , 1973-1978.
- Brozos, C., Saratsis, P., Boscós, C., Kyriakis, S., & Tsakalof, P. (1998).** Effects of long-term recombinant bovine somatotropin (bst) administration on milk yield, milk composition and mammary gland health of dairy ewes. *Small Ruminant Research* , 113-120.

- Casado Cimiano (1991).** P. Métodos para el análisis del yogur y otras leches fermentadas. En P. Casado Cimiano, Guía para el análisis químico de la leche y los derivados lácteos, 450-476. Madrid, España: Ediciones Ayala y Revista ILE.
- Chandan, R. (2006).** Manufacturing yogurt and fermented milks. Iowa USA: Blackwell Publishing.
- Ciron, C., Gee, V., Kelly, A., & Auty, M. (2010).** Comparison of the effects of high-pressure microfluidization and conventional homogenization of milk on particle size, water retention and texture of non-fat and low-fat yoghurts. International Dairy Journal , 20,314-320.
- Condony, R., Mariné, A., & Rafecas, M. (1988).** Yogur: Elaboración y valor nutritivo. Barcelona: Fundación Española de la Nutrición.
- Consejería de Agricultura y Ganadería. (2013).** La agricultura y ganadería de Castilla y León en cifras. Junta de Castilla y León.
- FAO. (2014).** Producción y productos lácteos. Composición de la leche .
- Gilabert, E. (1992).** Medida del color. Valencia: Servicio de publicaciones UPV.
- Haenlein, G. F., & Wendorff, W. L. (2006).** Sheep milk production and utilization of sheep milk. (Haenlein, Ed.) Blackwell Publishing Professional, 137-194.
- Hilali, M., Iñiguez, L., Knaus, W., Schreiner, M., Wurzinger, M., & Mayer, H. K. (2011).** Dietary supplementation with nonconventional feeds from the Middle East: Assessing the effects on physicochemical and organoleptic properties of Awassi sheep milk and yogurt. American Dairy Science Association , 5737-5749.
- ISO 1735:2004 (IDF 5: 2004). (2013).** Cheese and processed cheese products - Determination of fat content -- Gravimetric method (Reference method).
- ISO 22662:2007 (IDF 198: 2007). (2011).** Milk and milk products -- Determination of lactose content by high-performance liquid chromatography (Reference method).
- ISO 8968-3:2004 (IDF 20-3: 2004). (2013).** Milk -- Determination of nitrogen content -- Part 3: Block-digestion method (Semi-micro rapid routine method).
- ISO, 7889;. (2008).** Yogur - Enumeración de microorganismos característicos - técnica de Cuenta de colonia en 37 grados C. España.

- ISO 2917:1999. (2010).** Meat and meat products measurement of pH (Reference method).
- Kosikowski, F. V. (1982).** Cheese and fermented milk foods (2nd ed.).
- Lankaputhra, W., Shah, N. P., & Britz, M. L. (1996).** Survival of bifidobacteria during refrigerated storage in the presence of acid and hydrogen peroxide. *Milchwissenschaft* , 51, 65-70.
- Madrid, A. (1996).** Curso de industrias lácteas. Madrid: MUNDI-PRENSA.
- MAGRAMA. (2013).** Queso, Yogur y otras leches fermentadas. Recuperado el 08 de 05 de 2014, de Plan de Nutrición y Comunicación - Productos lácteos: <http://www.lacteosinsustituibles.es/>
- Mattson, F. H., & Grundy, S. M. (1985).** Comparison of effects of dietary saturated monounsaturated and polyunsaturated fatty acids on plasma lipid and lipoproteins in man. *Journal of Lipid Research* , 26, 194-202.
- MFHPB-03. (2013).** Methods for the microbiological analysis of foods. Determination of the pH of foods including foods in hermetically sealed containers. Canada .
- Miller, M. F., & Shackelford, S. D. (1990).** Determination of the alteration in fatty acid profiles, sensory characteristics and carcass traits of swine fed elevated levels of monounsaturated fats in diet. *Journal of Animal Science* , 68, 1624–1631.
- Montero, M., Sánchez, A. L., Pérez, P., & Quintana, C. (2003).** Yogur y otras leches fermentadas. En *Leches fermentadas en la comunidad de Madrid*. Madrid: Dirección General de Salud Pública y Alimentación.
- Olga, C., & Kayanush, J. (2008).** Quality attributes of a heart healthy yogurt. *ScienceDirect* , 537-544.
- Ozcan, T. (2013).** Determination of Yogurt Quality by Using Rheological and Textural Parameters. *Nutrition and Food Sciences* , 53, 118-122.
- Park, Y. W., & Haenlein, G. (2006).** Goat milk, its products and nutrition. *Handbook of Food Products Manufacturing* . New York: Y. H.
- Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M., & Haenlein, G. (2007).** Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research* , 68, 88-113.

- Patrignani, F., Iucci, L., Lanciotti, R., Vallicelli, M., Maina Mathara, J., & Holzappel, W. H. (2007).** Effect of high-pressure homogenization, non fat milk solids, and milk fat on the technological performance of a functional strain for the production of probiotic fermented milks. *Journal of Dairy Science* , 90, 4513–4523.
- Pereira, R. B., Singh, H., Munro, P. A., & Luckman, M. S. (2003).** Sensory and instrumental textural characteristics of acid milk gels. *International Dairy Journal* , 13, 655–667.
- Staffolo, M. D., Bertola, N., Martino, M., & Bevilacqua, Y. A. (2004).** Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. *International Dairy Journal* , 14, 263–268.
- Tamime, A. Y., & Robinson, R. K. (1991).** *Yogur: Ciencia y Tecnología*. Zaragoza-España: Acribia, S. A.
- Tamime, A., Wszolek, M., Bozanic, R., & Ozer, B. (2011).** Popular ovine and caprine fermented milks. *Small Ruminant Research* , 101, 2-16.
- UNE-EN ISO 7218:2007. (2008).** *Microbiología de los alimentos para consumo humano y alimentación animal. Requisitos generales y guía para el examen microbiológico*. España.
- Walstra, P., Geurts, J., Normen, A., Jellema, A., & Boekel, M. (2001).** *Principles of milk properties and processes*. Zaragoza, España: Acribia.
- Yazici, F., & Akgun, A. (2004).** Effect of some protein based fat replacers on physical, chemical, textural, and sensory properties of strained yoghurt. *Journal of Food Engineering* , 62, 245-254.
- Zuliani, G., Galvani, M., Leitersdorf, E., Volpato, S., Cavalieri, M., & Fellin, R. (2009).** The role of polyunsaturated fatty acids (PUFA) in the treatment of dyslipidemias. *PubMed* , 36, 4087-4093.