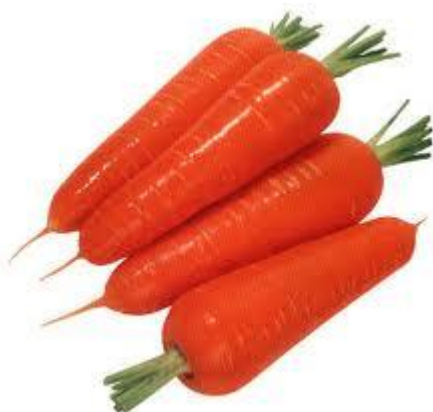




UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

"FORMULACIÓN DE UN YOGUR FUNCIONAL DE ZANAHORIA".



MASTER EN CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS

Lourdes del Rocío Benítez Santillán

DIRECTORA: Purificación García Segovia

CODIRECTORA: Ma. Jesús Pagán Moreno

Grupo CUINA. Dpto. Tec.de Alimentos. UPV.

2011

FORMULACIÓN DE UN YOGUR FUNCIONAL DE ZANAHORIA

Lourdes Benítez Santillán¹, Purificación García Segovia², María Jesús Pagán Moreno².

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue formular yogures con un alto contenido en fibra procedente de zanahoria. Para lo cual se utilizaron diferentes tipos de leches (entera, desnatada y sin lactosa) y endulzantes (sacarosa y jarabe de fructosa), incorporándoles zanahoria en diferentes porcentajes (15 y 25 %) y omega 3 mediante la adición de nueces. Se evaluó la incidencia del porcentaje de adición de fibra y del tipo de azúcar sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de los productos obtenidos. Todas las formulaciones ensayadas fueron adecuadas para la obtención de yogures con un nivel aceptable por los consumidores. Aunque estos prefirieron el yogur azucarado frente a los endulzados con jarabe de fructosa. Y con respecto a la apariencia general los yogures mejor valorados son los elaborados con un porcentaje de zanahoria del 25%. La única formulación que no cumplió con los requisitos de la norma de calidad de yogur fue la elaborada con leche sin lactosa endulzada con jarabe de fructosa y con un 25 % de fibra de zanahoria, puesto que los recuentos de microorganismos vivos responsables de la fermentación fueron inferiores a 10^7 ufc/g.

RESUMEN (VALENCIANO)

L'objectiu d'este treball va ser formular iogurts amb un alt contingut en fibra procedent de carlota. Per a la qual cosa es van utilitzar diferents tipus de llets (entera, desnatada i sense lactosa) i endulzants (sacarosa i xarop de fructosa), incorporant-los carlota en diferents percentatges (15 i 25 %) i omega 3 per mitjà de l'addició de nueces". Totes les formulacions assajades van ser adequades per a l'obtenció de iogurts amb un nivell acceptable pels consumidors. Encara que estos van preferir el iogurt ensucrat enfront dels endolcits amb xarop de fructosa. I respecte a l'aparença general els iogurts millor valorats són els elaborats amb un percentatge de carlota del 25%. L'única formulació que no va complir amb els requisits de la norma de qualitat de iogurt va ser l'elaborada amb llet sense lactosa endolcida amb xarop de fructosa i amb un 25 % de fibra de carlota, ja que els recomptes de microorganismes vius responsables de la fermentació van ser inferiors a 10^7 ufc/g.

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador.

² Grupo de investigación e innovación Alimentaria (CUINA). Dpto. Tecnología de Alimentos.UPV

SUMMARY

The objective of this study was to formulate yogurts are high in fiber from carrot. Which were used for different types of milk (Whole, skim and lactose) and sweeteners (sucrose and fructose syrup), incorporating different percentages carrot (15 and 25%) and omega 3 by the addition of nuts. The incidence rate of addition of fiber and sugar type on the products obtained. All formulations tested were suitable for the production of yogurt with an acceptable level for consumers. Although these preferred the sweetened yogurt sweetened compared to fructose syrup. And as for the overall appearance highest rated yogurts are made with a carrot percentage of 25%. The only formulation that did not meet the requirements of the standard quality of yogurt was made from lactose-free milk sweetened with fructose syrup with 25% carrot fiber, since the counts of live microorganisms responsible for fermentation were below 10^7 cfu/g.

PALABRAS CLAVE: Yogur, probiótico, fibra, zanahoria, sacarosa, jarabe de fructosa.

KEY WORDS: Yogurt, probiotics, fiber, carrot, sucrose, fructose.

INTRODUCCIÓN

La alimentación como medio de suministro en nutrientes, impone al ser humano la selección de los elementos de su dieta diaria, para cubrir las precisiones básicas de sobrevivencia en condiciones saludables. De esta forma, el yogur puede considerarse un alimento importante para este objetivo, así como para contribuir como complemento nutricional en dietas que así lo requieren. La OMS, establece requerimientos mínimos para una dieta normal según la edad, sexo, actividad y estado de salud, para una nutrición apropiada satisfaciendo las necesidades corporales específicas (Latham, 2002). Las dietas adecuadas como la mediterránea, garantizan la salud poblacional (Chávez, 2007).

Entre las razones que motivaron la realización de este trabajo, está la problemática alimentaria de países en desarrollo como el Ecuador, donde se dispone de recursos alimenticios vegetales y animales que generalmente se consumen sin procesamiento industrial. Por lo tanto, dichos productos se suelen consumir en fresco lo que conlleva una corta vida útil, limitación en la distribución y pérdidas para los productores. La transformación de estas materias primas es por lo tanto una prioridad para el sector rural ecuatoriano. Otro factor a considerar es el que el 12,8% de la población ecuatoriana vive en extrema pobreza en zonas rurales, el índice aumenta hasta el 49%. Helmut Rauch del Programa Mundial de Alimentos (PMA) de Naciones Unidas en Ecuador, alertó sobre los desmesurados niveles de desnutrición infantil. Así, es difícilmente justificable que un país con ingresos medios tenga una situación tan pésima de desnutrición infantil. Según el PMA, Ecuador es el cuarto país de América Latina, tras Guatemala, Honduras y Bolivia, con peores índices de desnutrición infantil. Así, la lucha contra la desnutrición infantil, y también contra la malnutrición, como la obesidad entre los adolescentes, son objetivos prioritarios para el PMA y el actual gobierno ecuatoriano.

El presente trabajo pretende contribuir a través de la formulación de un producto lácteo enriquecido en fibra a paliar la problemática anteriormente mencionada. Así, el yogur es un producto lácteo obtenido mediante fermentación. Si bien se puede emplear cualquier tipo de leche, la producción actual usa predominantemente leche de vaca. La fermentación de la lactosa (el azúcar de la leche) en ácido láctico es lo que da al yogur su textura y sabor tan distintivo. A menudo se le añade fruta, vainilla, chocolate y otros saborizantes, pero también puede elaborarse sin añadirlos; en algunos países se conoce al de sabor natural como Kumis («natural»).

Diversos estudios reportan que el yogur tiene la propiedad de auxiliar en la digestión porque durante la fermentación de la leche se originan compuestos que son absorbidos por el intestino. También se considera que por las bacterias lácticas que contiene el yogur éste se digiere más rápidamente que otros productos lácteos. Al yogur se le atribuyen numerosos beneficios desde el punto de vista nutritivo (Lourens-Hattingh & Viljoen, 2001). Además, de los beneficios anteriormente mencionados, el yogur presenta la ventaja de ser un producto cuya formulación se puede

modificar con la finalidad por ejemplo de aportar nutrientes procedentes por ejemplo de vegetales.

En este trabajo se pretende utilizar como elemento fundamental en la formulación del yogur la zanahoria por sus múltiples efectos beneficiosos sobre la salud (Olmedilla-Alonso et al, 2001).

La zanahoria es una hortaliza de uso diario en la dieta. *Daucus carota* (sub. *sativus*), pertenece a la familia de las umbelíferas, también denominadas apiáceas (Shealy, 1996; Stubing, 1998). Desde el punto de vista nutricional destaca su alto contenido en carbohidratos, vitaminas y minerales. Su característico color naranja se debe a la presencia de carotenos, entre ellos el beta-caroteno o pro-vitamina A. Asimismo, es fuente de vitamina E y de vitaminas del grupo B como los folatos y la vitamina B3 o niacina. En cuanto a los minerales, destaca el aporte de potasio, y cantidades discretas de fósforo, magnesio, yodo y calcio. El consumo frecuente de zanahoria contribuye a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, degenerativas y del cáncer (Olmedilla-Alonso et al., 2001). Los frutos secos se caracterizan por su elevado valor nutritivo, por lo que su incorporación en yogures supone un beneficioso en situación de carencias nutricionales.

En este trabajo se ha optado por incorporar nueces al yogur por la razón anteriormente mencionada y por ser un producto que se consume regularmente en Ecuador. Las nueces son ricas en proteínas, vitaminas del grupo B, vitamina C, oligoelementos, aceites vegetales, lecitina y ácidos grasos omega 3 (poliinsaturados).

El objetivo de este trabajo fue formular yogures con un alto contenido en fibra procedente de zanahoria. Para lo cual se utilizaron diferentes tipos de leches (entera, desnatada y sin lactosa) y endulzantes (sacarosa y jarabe de fructosa), incorporándoles zanahoria en diferentes porcentajes (15 y 25 %) y omega 3 mediante la adición de nueces. Se evaluó la incidencia del porcentaje de adición de fibra y del tipo de azúcar sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de los productos obtenidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Plan de trabajo

El plan de trabajo seguido para alcanzar los objetivos previamente mencionados se esquematiza en la figura 1.

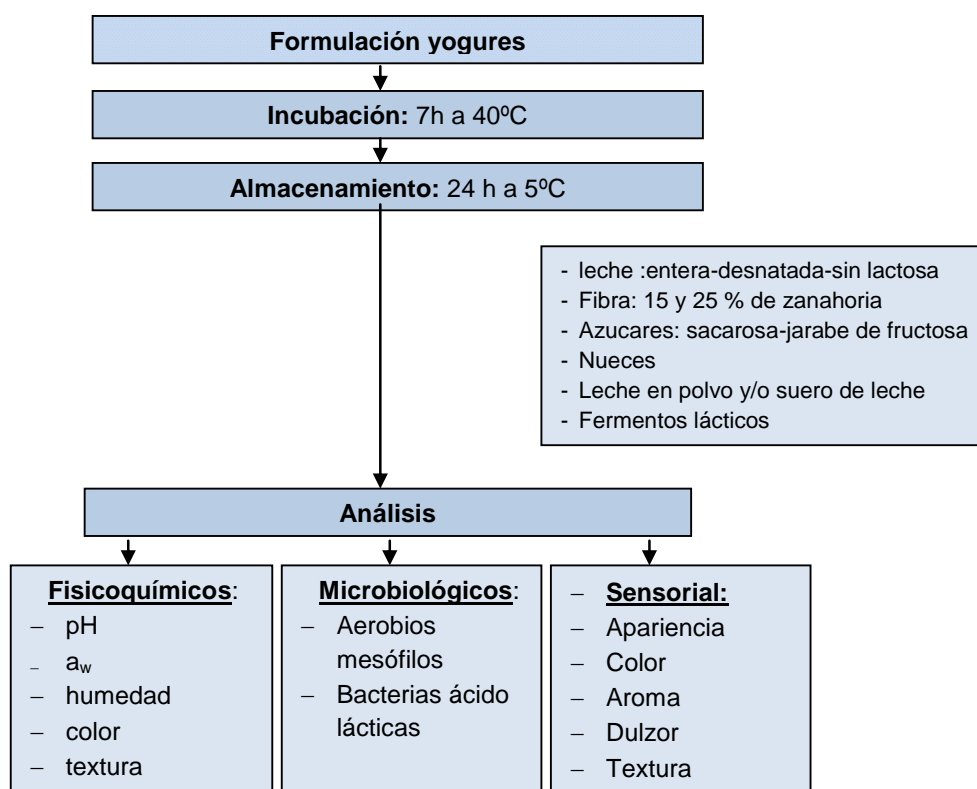


Figura 1: Plan de trabajo.

Materias primas

Para la elaboración de los yogures objeto del presente trabajo se utilizaron los siguientes ingredientes:

- Tres tipos de leche: entera, desnatada y sin lactosa, 2011. (Hacendado, adquiridos en MERCADONA, / Córdoba, at. el., España).
- Zanahorias (*Daucus carota* sp. *sativus*) adquiridas en el mercado local.
- Edulcorantes: Sacarosa (Acor, Valladolid, España, 2011) y jarabe de fructosa "Fruit up Premium. ME -10/1200", WILD (Wild S.A, Valencia, España).
- Leche en polvo "Sveltess" (Nestlé, Vevey, Suiza).
- Suero de leche natural, Eco Gala. Murcia, España.
- Fermentos lácticos procedentes de yogures naturales comerciales (Danone, Barcelona, España).
- Nueces adquiridas en el mercado local.

El proceso de elaboración de los yogures se realizó de acuerdo con el método tradicional (Tamime & Robinson, 1999; Vélez & Rivas, 2001). Inicialmente la leche se calentó a 40°C y se mezcló con la leche en polvo o suero de leche hasta obtener un contenido en sólidos solubles entre el 11 y 13 %. Posteriormente, se incorporó el azúcar (10%) y las zanahorias. Estas

fueron previamente a 9000 rpm durante 5 minutos en un homogeneizador Ultra-turrax modelo T25 (Janke & Kundel, Staufen, Alemania) y prensadas con la finalidad de eliminar el agua en exceso. Finalmente, se incorporaron nueces troceadas al 1% (p/p). La mezcla así obtenida se atempero a 42°C y se le inoculo el fermento láctico (12% p/p) distribuyéndose posteriormente en tarros de cristal a razón de 150 mL/tarro. Estos se incubaron a 42°C, durante aproximadamente 7 horas, hasta obtener un pH de 4.5±0.1. El producto gelificado se almacenó a 5±1°C durante 24 horas.

Se elaboraron 12 formulaciones de yogur en base a un diseño experimental multifactorial categórico con tres factores: tipo de leche (entera, desnatada y sin lactosa), endulzante (sacarosa y jarabe de fructosa), contenido en fibra (zanahoria al 15 y 25%). En la tabla 1 se muestra la composición de las distintas formulaciones y su codificación.

Tabla 1.- Diseño experimental

Tipo de leche	Endulzante *	Zanahoria (%)**	Leche en polvo (%)**	Suero de leche (%)**	Nuez (%)**	Código
Entera	Sacarosa	15	4	-	1	ES15
		25	4	-	1	ES25
	Jarabe de fructosa	15	4	-	1	EJ15
		25	4	-	1	EJ25
Desnatada	Sacarosa	15	6.9	-	1	DS15
		25	6.9	-	1	DS25
	Jarabe de fructosa	15	6.9	-	1	DJ15
		25	6.9	-	1	DJ25
Sin lactosa	Sacarosa	15	0	4	1	SLS15
		25	0	4	1	SLS25
	Jarabe de fructosa	15	0	4	1	SLJ15
		25	0	4	1	SLJ25

*: el endulzante se incorporo a razón de un 10% (p/p)

** : p/p

Determinaciones analíticas

Para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se realizaron por triplicado.

Análisis fisicoquímicos

- pH: se midió por punción con un pH-metro Crison-507 (Crison Instruments S.A, Barcelona, España).
- Humedad: se aplicó el método de desecación a estufa con circulación de aire caliente a 100°C hasta peso constante, la determinación se realizó por gravimetría por diferencia, repeticiones y estandarización de pesos.
- aw: la determinación de la actividad de agua se realizó mediante el equipo Aqualab GB-X modelo FA-st lab (GBX, Romans-sur-Isère, Francia), previa calibración con una disolución saturada de sulfato potásico y trabajando a una temperatura de 25°C. Este equipo está basado en la determinación mediante el punto de rocío.

– Color: las medidas de color se realizaron con espectrofotómetro Konica Minolta CM-3600d. Se obtuvieron las coordenadas de color CIE-L*a*b* a partir del espectro de reflexión de las muestras, utilizando como referencia el iluminante D65 y el observador 10°.

– Textura: Se midió con un equipo TA-XTPlus (Stable Micro Systems Ltd, Godalming,UK). Se realizó un test Back Extrusion Cell(A/BE) con disco de 35 mm y usando célula de carga de 5 kg con 1.0 mm/s para la velocidad del Test.

Análisis microbiológicos

– Aerobios mesófilos: medio PCA (agar Plate Count; Scharlau, Chemie, S.A., Barcelona, España), 72h, 30°C. (UNE-EN ISO 4833).

– Bacterias ácido lácticas→ medio MRS (agar de Man, Rogosa y Sharpe, Difco, BD & Co., Sparks, MD., EE.UU), 48h, 37°C (ISO 15214/1998).

Análisis sensorial

Para detectar el grado de aceptación de los yogures elaborados, se contó con un panel de 45 jueces no entrenados, a los cuales se les aplicó una prueba afectiva con escala hedónica de nueve puntos que va desde me gusta muchísimo con calificación 5 a me disgusta muchísimo con calificación 1. Los atributos evaluados fueron: apariencia, color, aroma, dulzor y textura.

Análisis estadístico

Para evaluar la significación de los factores y sus interacciones se realizaron ANOVAs. Cuando estos resultaron significativos ($p < 0.05$) se analizaron las diferencias entre los distintos niveles mediante Pruebas de Múltiple Rangos utilizando el procedimiento de Diferencia Mínima Significativa de Fisher (LSD). En todos los casos se utilizó el paquete estadístico Statgraphics Centurion XV versión 15.2.06 (Manugistics Corp., Rockville, EE.UU), con un nivel de confianza de 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros fisicoquímicos

A continuación se muestran los resultados obtenidos para los parámetros fisicoquímicos.

pH

Los valores de pH obtenidos para los distintos tipos de yogures elaborados en este trabajo se muestran en la figura 2.

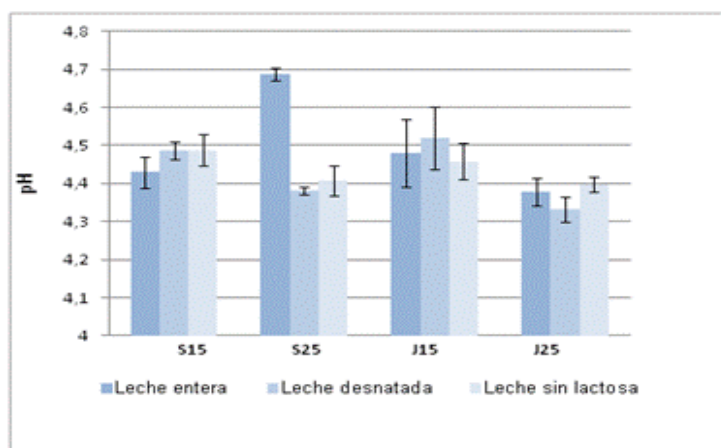


Figura 2: valores de pH, de las muestras adicionadas de sacarosa (S) o jarabe de fructosa (J) y zanahoria al 15% (15) y 25% (25), para los tres tipos de leche.

En el caso de la leche entera únicamente se observaron diferencias significativas en los valores de pH en el caso de las muestras con un 25% de zanahoria y sacarosa, siendo estos superiores a los detectados para el resto de las formulaciones elaboradas con este tipo de leche.

Cuando las muestras se elaboraron con leche desnatada o sin lactosa los valores de pH fueron significativamente superiores cuando se utilizó un 15% de zanahoria, independientemente del tipo de azúcar empleado.

En la única formulación en la que se detectó efecto del tipo de leche utilizada sobre los valores de pH fue la que contenía un 25% de zanahoria y sacarosa, observándose valores más elevados de pH con leche entera. Para el resto de las formulaciones el tipo de leche no influyó sobre los valores de pH.

Para las 12 formulaciones elaboradas en este trabajo los valores de pH son similares a los reportados para este tipo de producto por otros autores, (Briceño et al., 2001; Xanthopoulos et al., 2001; De Oliveira et al., 2005; Pérez, 2005; Blanco et al., 2006; Maragkoudakis et al., 2006; Ramírez, 2007), quienes señalan que el pH característico del yogurt está entre 3,8 y 4,5. Cabe señalar que Aportela-Palacios et al. (2005) indican que el aporte de fibra en yogures incrementa los valores de pH, lo que podría explicar los valores de pH entre 4.3 y 4.7 obtenidos en este trabajo.

Humedad

En el caso de los yogures elaborados con leche entera y desnatada no se observaron diferencias significativas en función del porcentaje de zanahoria incorporada, ni del tipo de azúcar utilizado en la formulación aunque los yogures endulzados con jarabe de fructosa mostraban valores superiores.

En la tabla 2 se muestran los valores de humedad para las distintas muestras de yogur.

Tabla 2: Valores de humedad (%) de las muestras adicionadas de sacarosa (S) o jarabe de fructosa (J) y zanahoria al 15% (15) y 25% (25) para los tres tipos de leche.

Tipo de leche	Código	% Humedad (DS)
Entera	S15	74.4 (6.3)
	S25	75.1 (2.2)
	J15	76.7 (2.9)
	J25	75.1 (2.5)
Desnatada	S15	74.3 (1.0)
	S25	74.9 (0.4)
	J15	78.6 (3.6)
	J25	76.9 (3.9)
Sin lactosa	S15	76.2 (4.5)
	S25	75.1 (3.0)
	J15	79.3 (3.6)
	J25	85.5 (3.9)

DS: error estándar

Cuando se utilizó leche sin lactosa sí que se detectaron valores de humedad significativamente superiores ($p < 0.05$) cuando el endulzante utilizado fue jarabe de fructosa. En el presente estudio los valores de humedad fueron inferiores a los mencionados por Farinde et al. (2009) en yogures comerciales donde el porcentaje de humedad era del orden del 84%. Este hecho puede atribuirse a la incorporación de fibra en la formulación de los yogures. Así, Aportela-Palacios et al. (2005) mencionan que la incorporación de fibra (salvado de trigo) en diversas proporciones en yogures conlleva un descenso en los valores de humedad. En dicho estudio, la incorporación de salvado en un 4.5% supuso valores de humedad del 76.8% al 78.4%.

Actividad de agua

Los valores de a_w obtenidos para las doce formulaciones de yogur analizadas en este trabajo se muestran en la tabla 3. No se observaron diferencias significativas entre las distintas muestras analizadas.

Estos resultados no coinciden con los obtenidos por otros autores los cuales mencionan que la incorporación de fibra produce una reducción de los niveles de a_w (Aportela-Palacios et al, 2005).

Tabla 3: Valores a_w de las muestras adicionadas de sacarosa (S) o jarabe de fructosa (J) y zanahoria al 15% (15) y 25% (25), para los tres tipos de leche.

Tipo de leche	Código	a_w (DS)
Entera	S15	0,98 (0.01)
	S25	0,98 (0.02)
	J15	0,98 (0.01)
	J25	0,98 (0.01)
Desnatada	S15	0,97 (0.03)
	S25	0,98 (0.01)
	J15	0,98 (0.01)
	J25	0,97 (0.04)
Sin lactosa	S15	0,98 (0.01)
	S25	0,98 (0.01)
	J15	0,98 (0.01)
	J25	0,98 (0.01)

DS: error estándar

Color

En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos para los distintos parámetros de color analizados.

Para los tres tipos de leche los valores de luminosidad disminuyeron al incrementarse el porcentaje de zanahoria añadida al yogur. Así, las muestras con un 15 % de zanahoria presentaron valores de luminosidad significativamente superiores a los observados para las muestras con un 25%. El descenso en los valores de L^* en yogures adicionados con fibra ya fue observado por que Aportela-Palacios y col. (2005). En el caso de las muestras elaboradas con leche entera y sin lactosa únicamente se observaron variaciones en L^* en función del endulzante utilizado en muestras con un 25 % de zanahoria. En este caso la adición de jarabe de fructosa incremento L^* . Cuando se utilizó leche desnatada L^* siempre fue superior cuando el endulzante utilizado fue la sacarosa. Al comparar los valores de L^* para una misma formulación (mismo endulzante y porcentaje de zanahoria) se observó que las muestras con leche entera siempre presentaban los mayores valores de L^* , seguidas de las elaboradas con leche desnatada y finalmente las que llevaban incorporada leche sin lactosa. El incremento de los valores de luminosidad asociados al incremento del porcentaje de grasa en la leche ya fue descrito por diversos autores (Phillips et al., 1995; Oroian et al., 2011).

Tabla 4: Valores de L*, a*, b*, C* y h de las muestras adicionadas de sacarosa (S) o jarabe de fructosa (J) y zanahoria al 15% (15) y 25% (25) para los tres tipos de leche.

código	L* (DS)	a* (DS)	b* (DS)	C* (DS)	h (DS)
ES15	78.83 (0.16)	12.30 (0.13)	15.92(0.03)	20.11 (0.11)	52.32 (0.24)
ES25	73.29 (0.12)	18.72 (0.03)	22.33(0.10)	29.14 (0.08)	50.02 (0.14)
EJ15	78.32 (0.36)	13.07 (0.14)	17.10(0.27)	21.52 (0.30)	52.61 (0.15)
EJ25	74.35 (0.24)	18.30 (0.14)	21.53(0.07)	28.26 (0.14)	49.64 (0.13)
DS15	75.84 (0.11)	14.79 (0.06)	19.74(0.14)	24.66 (0.15)	53.14 (0.11)
DS25	71.73 (0.14)	19.82 (0.02)	23.38(0.07)	30.64 (0.05)	49.71 (0.11)
DJ15	75.08 (0.31)	15.64 (0.05)	19.58(0.06)	25.06 (0.08)	51.38 (0.01)
DJ25	70.97 (0.05)	20.55 (0.11)	23.72(0.13)	31.38 (0.18)	49.10 (0.03)
SLA15	72.94 (0.33)	18.45 (0.28)	23.44(0.23)	29.83 (0.36)	51.79 (0.16)
SLA25	69.03 (0.10)	23.00 (0.27)	27.50(0.28)	35.85 (0.39)	50.10 (0.06)
SLJ15	72.64 (0.08)	18.50 (0.23)	23.98(0.07)	30.29 (0.19)	52.36 (0.26)
SLJ25	70.16 (0.10)	22.31 (0.11)	27.22(0.22)	35.19 (0.24)	50.66 (0.09)

DS: error estándar; E: leche entera; D: leche desnatada; SL: leche sin lactosa.

En el caso de la coordenada rojo verde los mayores valores se obtuvieron para las muestras con un 25 % de zanahoria, como era de esperar, debido a la adición de mayor proporción de zanahoria. El efecto del tipo de azúcar incorporado sobre la coordenada a* varió en función del porcentaje de zanahoria y del tipo de leche. Así, en el caso de la leche entera y desnatada el jarabe de fructosa incremento el valor de a* para muestras con un 15 % de zanahoria, mientras que para la leche sin lactosa el tipo de endulzante no influyo sobre esta coordenada. Cuando las muestras fueron elaboradas con un 25 % de zanahoria el jarabe de fructosa disminuyo a* en el caso de la leche entera y sin lactosa e incremento el valor de esta coordenada para la leche desnatada. Independientemente de de la fórmula utilizada (S15. S25. J15 ó J25) los valores de a* siempre fueron mayores en el caso de la leche sin lactosa y menores en el caso de la entera mientras que para la leche desnatada los valores de a* fueron intermedios. Este comportamiento podría deberse a un enmascaramiento parcial del componente naranja aportado por la zanahoria en el caso de leches con mayor contenido graso.

En el caso de la coordenada amarillo-azul, al igual que ocurría con a*, las muestras elaboradas con un 25 % de zanahoria presentaron valores significativamente superiores a los observados para las muestras con un 15 %. El efecto del tipo de azúcar dependió, al igual que en a*, de la proporción de zanahoria en las muestras. Así, para aquellas adicionadas de un 15% b* fue mayor en muestras elaboradas con jarabe, en el caso de leche entera y sin lactosa. Para la leche desnatada no se observó efecto del tipo de endulzante. En el caso de las muestras con un 25% de zanahoria se observo un comportamiento inverso puesto que fue en las muestras adicionadas de sacarosa donde los valores de b* fueron más elevados, en el caso de las muestras elaboradas con leche entera y sin lactosa. Para la leche desnatada b* fue más elevado cuando las muestras se elaboraron con jarabe de fructosa. Al igual que ocurría con a* al comparar el efecto del tipo de leche sobre la coordenada b* se observó que esta era menor en la leche entera seguida de la leche desnatada y finalmente de la de sin lactosa y esto para

las cuatro formulaciones S15. S25. J15 y J25. En cuanto al tono de color, los valores siempre fueron superiores para las muestras elaboradas con un 15 % de zanahoria y esto para los tres tipos de leches utilizadas. El comportamiento de h difirió no obstante en función del tipo de endulzante utilizado. Así, para la leche entera y un 15% de zanahoria, apenas se apreciaron diferencias entre las muestras elaboradas con jarabe de fructosa y sacarosa, aunque las primeras presentaron valores ligeramente superiores. Cuando se utilizó este mismo tipo de leche pero el contenido en zanahoria se ajustó al 25% los yogures que presentaron mayores valores de h fueron los que contenían sacarosa. En el caso de la leche desnatada el tono fue superior para las muestras elaboradas con sacarosa, independientemente del porcentaje de zanahoria incorporado. Por lo contrario, en el caso de yogures fabricados con leche sin lactosa los valores de este parámetro de color fueron siempre superiores en el caso de la incorporación de jarabe de fructosa a la formulación.

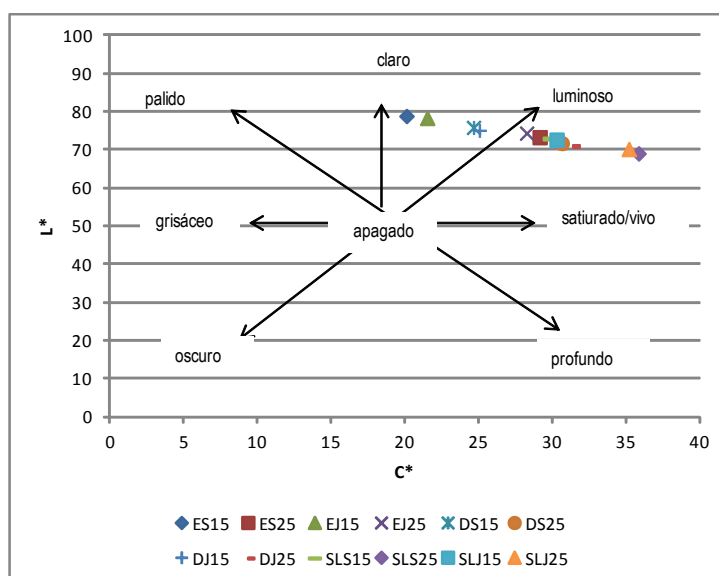


Figura 3: Diagrama de color L* vs. C* de las muestras adicionadas de sacarosa (S) o jarabe de fructosa (J) y zanahoria al 15% (15) y 25% (25) para los tres tipos de leche (E: leche entera; D: leche desnatada; SL: leche sin lactosa).

En la figura 3 se muestran las modificaciones relativas del tono de color (claridad vs cromatismo) de las doce formulaciones de yogur. En esta se puede observar una clara diferenciación entre las elaboradas con leche entera y un 15% de zanahoria y las elaboradas con leche sin lactosa y un 25% de zanahoria, respecto al resto de las formulaciones testadas. Así, los yogures ES15 y EJ15 se situaron en la zona de apagado/claro, mientras que los SLS25 y SLJ25 los hicieron en la zona saturada/luminoso, lo que indica que los primeros mostraron un color más claro y apagado que los segundos. Al expresar verbalmente el color de las distintas muestras en base a la figura 3 se podría decir que los yogures elaborados con leche entera y un 15% de zanahoria fueron los que mostraron un color más claro y apagado, seguido de los que contenían leche desnatada y el mismo porcentaje de zanahoria.

Por lo contrario las muestras que presentaron un color más vivo fueron las elaboradas con leche sin lactosa y un 25% de zanahoria.

Textura

Los resultados obtenidos se muestran en la figura 4. Como se puede observar las muestras con un 25 % zanahoria mostraron mayor firmeza que las que contenían un 15 %, independientemente del tipo de leche utilizada. En el caso de las muestras con un 15 % de zanahoria el tipo de endulzante utilizado en la formulación no influyo en la dureza de las muestras y esto para los tres tipos de leche utilizadas. Por lo contrario cuando los yogures fueron formulados con un 25 % de zanahoria sí que la consistencia de las muestras difirió en función del tipo de azúcar utilizados. Así, en el caso de las muestras elaboradas con leche entera y desnatada, las muestras adicionadas de sacarosa presentaron mayor firmeza que las elaboradas con jarabe de fructosa. Por lo contrario en el caso de la leche sin lactosa el comportamiento fue inverso, aunque las diferencias fueron mínimas.

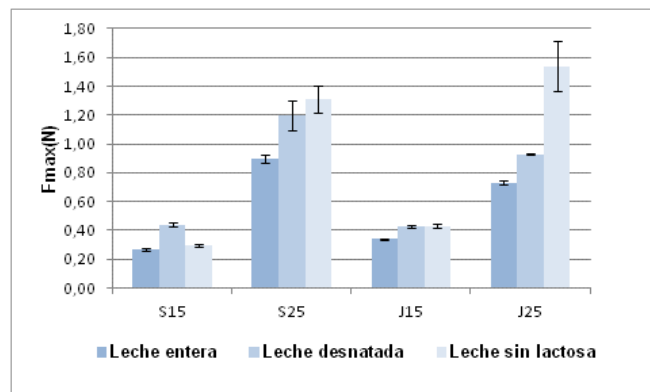


Figura 4: Valores de Fmax. de las muestras adicionadas de sacarosa (S) o jarabe de fructosa (J) y zanahoria al 15% (15) y 25% (25). para los tres tipos de leche.

La medida instrumental de la textura en yogur puede reflejar el impacto de los ingredientes en la formulación (grasa, azúcares, sólidos solubles, fibra) y condiciones de procesado (Guinard et al. 1997; Muse and Hartel 2004). Se midió fuerza máxima como parámetro relacionado con la firmeza del yogur (figura 4). Independientemente del tipo de edulcorante empleado la firmeza que presentan los yogures es estadísticamente significativa para los yogures preparados con un 15% de zanahoria vs los del 25%.

La reducción o eliminación del contenido en grasa de la leche induce la formación de una red proteica, principalmente compuesta de cadenas micelas de caseína, mientras que en la leche entera las caseínas están fusionadas formando agregados (Sandoval-Castilla, et al, 2004) por esta razón la firmeza de los yogures elaborados con leches desnatada es significativamente superior ($p < 0.05$) a los elaborados con leche entera.

En el caso de los yogures elaborados con leche sin lactosa, la firmeza aumenta con la concentración de fibra y también es significativamente mayor ($p < 0.05$) en los yogures elaborados con jarabe de fructosa.

Análisis Microbiológico

En la figura 5 se muestran los recuentos de aerobios mesófilos y bacterias ácido lácticas para los yogures elaborados con leche entera. Las únicas muestras que difirieron significativamente ($p < 0.05$), tanto en cuanto a la microbiota total como láctica, fueron las elaboradas con jarabe de fructosa y con un 25% de zanahoria, presentando menores recuentos que los observados para el resto de las formulaciones. Por lo tanto, el incremento de pH observado para la formulación S25, no se puede atribuir a un menor desarrollo microbiano, puesto que los niveles de crecimiento detectado para esta formulación son similares al resto. Además, al comparar los valores de pH y niveles de crecimiento de las muestras EJ25, se puede concluir que aunque el desarrollo microbiano es menor en este tipo de yogures esto no conlleva diferencias significativas en los valores de pH. El comparar los niveles de aerobios mesófilos y bacterias ácido lácticas se puede observar que estos son equivalentes en todas las formulaciones excepto en el caso de la EJ25. Para esta última los niveles de aerobios mesófilos fueron ligeramente superiores. Por lo tanto en la mayoría de las formulaciones elaboradas con leche entera la microbiota predominante está constituida por bacterias ácido lácticas. No obstante, en el caso de las muestras elaboradas con jarabe de fructosa y un 25% de zanahoria es de suponer que se han desarrollado algunos microorganismos distintos de las BAL, aunque cabe destacar que en una cuantía mínima. Todas las muestras elaboradas con leche entera cumplieron el requisito de contener 10^7 ufc/g microorganismos viables responsables del proceso fermentativo (RD 179/2003).

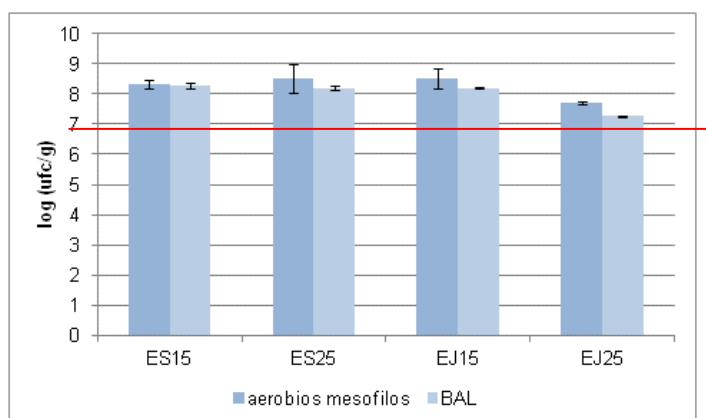


Figura 5: recuentos de microorganismos aerobios mesófilos y bacterias ácido lácticas (BAL) para las muestras elaboradas con leche entera y adicionadas de sacarosa (S) o jarabe de fructosa (J) y zanahoria al 15% (15) y 25% (25).

El comportamiento de la microbiota presente en los yogures elaborados con leche desnatada viene indicado en la figura 6. Como en el caso de los yogures elaborados con leche entera, no se observaron diferencias en los recuentos de aerobios mesófilos y bacterias ácido lácticas entre la mayoría de las formulaciones. Únicamente aquellas muestras elaboradas con un 25% de zanahoria y sacarosa presentaron niveles inferiores de microorganismos totales y BAL. Al igual que ocurría para la leche entera, no existió

correspondencia entre la variación del pH y el crecimiento microbiano. Cabe destacar que para este tipo de leche todas las formulaciones testadas presentaron recuentos superiores a 10^7 ufc/g (RD 179/2003).

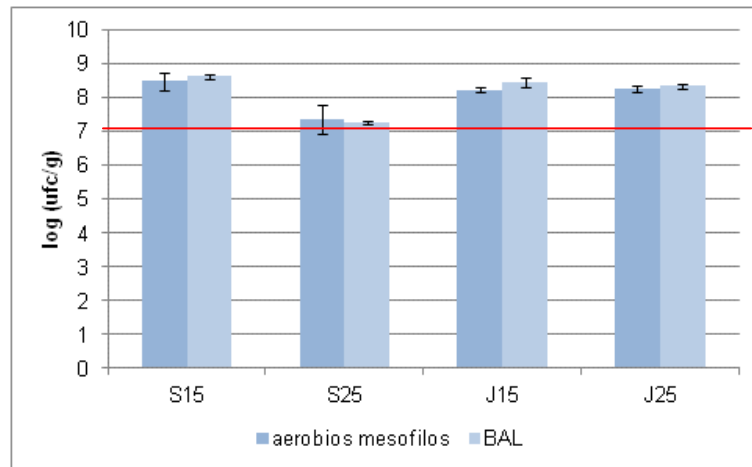


Figura 6: recuentos de microorganismos aerobios mesófilos y bacterias ácido lácticas (BAL) para las muestras elaboradas con leche desnatada y adicionadas de sacarosa (S) o jarabe de fructosa (J) y zanahoria al 15% (15) y 25% (25).

En el caso de los yogures elaborados con leche sin lactosa (figura 7) el comportamiento fue similar al observado para la leche entera ya que únicamente las muestras elaboradas con un 25% de zanahoria y jarabe de fructosa presentaron niveles inferiores de aerobios mesófilos y BAL que los observados para el resto de las muestras. Además, estas muestras no cumplirían los requisitos establecidos en el Real Decreto 179/2003 que indica que los microorganismos productores de la fermentación láctica deben ser viables y estar presentes en el producto terminado en cantidad mínima de $1 \cdot 10^7$ ufc/g ó mL.

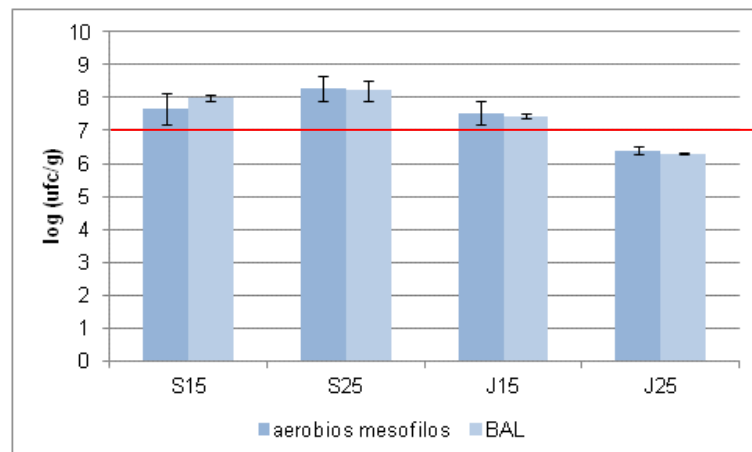


Figura 7: recuentos de microorganismos aerobios mesófilos y bacterias ácido lácticas (BAL) para las muestras elaboradas con leche sin lactosa y adicionadas de sacarosa (S) o jarabe de fructosa (J) y zanahoria al 15% (15) y 25% (25).

Al comparar el efecto del tipo de leche utilizada para una misma formulación en cuanto a contenido en fibra y endulzante utilizado se observó

que el tipo de leche repercutía en los niveles de aerobios mesófilos y BAL en los yogures. Así, para las muestras elaboradas con sacarosa y un 15 % de zanahoria los niveles alcanzados, tanto para aerobios mesófilos como para LAB fueron similares en la leche entera y desnatada y superiores a los detectados para la leche sin lactosa. Pero cuando se utilizó un 25% zanahoria las muestras elaboradas con leche desnatada fueron las que presentaron menor crecimiento microbiano, siendo el nivel alcanzado en las muestras elaboradas con leche sin lactosa y con leche entera del mismo orden. La utilización de jarabe de fructosa conllevó niveles de crecimiento microbiano significativamente diferente en los tres tipos de leche. Así, tanto para los yogures elaborados con un 15 y un 25% de zanahoria los mayores recuentos se dieron en yogures elaborados con leche desnatada y los menores en aquellos con leche sin lactosa. Los yogures en cuya composición se utilizó leche entera se situaron a un nivel intermedio.

Análisis sensorial

Las puntuaciones para los atributos sensoriales: apariencia, color, aroma, dulzor y textura de los yogures de zanahoria preparados según el diseño experimental referido se muestran en la tabla 5. Los yogures elaborados con cada tipo de leche fueron valorados individualmente.

Tabla 5: Puntuaciones obtenidas para los atributos sensoriales de las muestras adicionadas de sacarosa (S) o jarabe de fructosa (J) y zanahoria al 15% (15) y 25% (25) para los tres tipos de leche.

	Apariencia	Color	Aroma	Dulzor	Textura
ES15	4.5 (2.0)	5.0 (2.0)	5.8 (1.4)	6.1 (1.9)	5.4 (2.1)
ES25	4.8 (2.0)	6.1 (1.9)	5.0 (1.7)	5.5 (1.7)	4.2 (2.1)
EJ15	3.6 (2.1)	4.0 (1.9)	4.8 (1.6)	4.3 (1.9)	4.5 (2.1)
EJ25	6.1 (1.8)	6.6 (1.5)	4.9 (1.7)	5.0 (2.1)	5.1 (2.1)
DS15	4.4 (2.2)	5.0 (1.9)	5.3 (1.3)	5.7 (1.9)	5.6 (2.0)
DS25	5.2 (1.6)	6.0 (1.7)	5.4 (1.3)	5.4 (1.7)	4.8 (1.7)
DJ15	3.9 (1.8)	4.8 (2.1)	5.0 (1.4)	4.9 (1.6)	5.0 (1.9)
DJ25	5.1 (1.7)	5.9 (1.4)	5.2 (1.3)	4.7 (1.3)	4.5 (1.6)
SLA15	5.1 (2.0)	5.6 (1.9)	6.3 (1.7)	6.1 (2.3)	6.0 (1.8)
SLA25	5.7 (2.0)	6.2 (1.8)	5.5 (1.6)	5.9 (2.0)	5.1 (2.2)
SLJ15	4.9 (2.2)	5.3 (2.1)	5.0 (2.1)	4.8 (2.2)	5.5 (2.0)
SLJ25	6.0 (1.6)	6.8 (1.6)	6.0 (1.7)	5.6 (2.1)	5.5 (2.4)

DS: error estándar; E: leche entera; D: leche desnatada; SL: leche sin lactosa.

Para el atributo de apariencia la media de las puntuaciones obtenidas se encontraban entre 3.6 para el yogur elaborado con leche entera, jarabe de fructosa y un 15% de zanahoria y 6.1 para el mismo tipo de yogur pero con 25% de zanahoria. En otras palabras, las muestras de yogur con un porcentaje de zanahoria de 25% presentaban, según criterio de los catadores una mejor apariencia, independientemente del tipo de leche y edulcorante empleado (media de puntuación entorno a 5.7), un mayor porcentaje de fibra de zanahoria en el yogur proporcionaba un matiz de color anaranjado mas intenso que podría justificar el hecho de una mejor apariencia general apreciada por los catadores. Estos datos se refuerzan

con los datos de color donde el valor de a^* (componente rojo-verde) aumenta con la adición de un mayor porcentaje de zanahoria.

Los yogures con peor valoración (media de 3.6) correspondían a los elaborados con leche desnatada, jarabe de fructosa y un 15% de zanahoria. Estos datos pueden justificarse por la menor luminosidad que presentan los yogures con leche desnatada como consecuencia del proceso de eliminación de los glóbulos de grasa así como por el matiz menos anaranjado de los mismos. Los resultados en el atributo de color coinciden con los obtenidos para apariencia, coincidiendo con los datos obtenidos por otros autores (Popa & Ustunol, 2011), donde se postula que el parámetro que más influye en la apariencia general en este tipo de productos es el color.

Por otro lado no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) para el atributo de aroma, según las observaciones presentadas por los catadores el aroma predominante es "lácteo" sin apreciar un aroma característico de zanahoria. El aroma del yogur es una combinación los volátiles presentes inicialmente en la leche y los producidos durante el proceso de fermentación, de los cuales el acetaldehído es el más significativo a la hora de marcar ese carácter aromático "lácteo" (Ott et al. 2000). Con respecto al dulzor, las muestras que se apreciaban menos dulces se corresponden con las producidas con jarabe de fructosa, independientemente del tipo de leche y del porcentaje de zanahoria. La puntuación media para las muestras de yogur azucarado fue 6.0, frente a un 4.7 obtenido en las muestras elaboradas con jarabe de fructosa. Por último el atributo de textura resultaron peor valorados (4.4) los yogures con un porcentaje de zanahoria de 25% frente a una valoración de 5.7 en aquellos a los que se adicionó un 15%. La razón esgrimida por los panelistas era que en boca se notaba en exceso la fibra de zanahoria (en el proceso de elaboración se parte de zanahoria fresca, rallada y escurrida). Si se observa la percepción de los consumidores por tipo de leche, en el caso de la leche entera se puede observar (Figura 8) como el color es claramente el factor más influyente en la apariencia, los yogures enteros azucarados son preferidos por los panelistas y que los yogures con una textura mejor percibida contienen sólo el 15% de fibra de zanahoria.

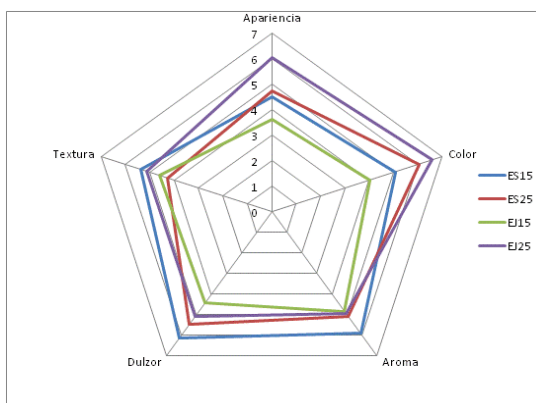


Figura 8: Puntuaciones de los distintos atributos sensoriales para las muestras elaboradas con leche entera y adicionadas de sacarosa (S) o jarabe de fructosa (J) y zanahoria al 15% (15) y 25% (25).

En la leche desnatada, el color vuelve a percibirse como la componente principal de las preferencias en apariencia general, el dulzor preferido sigue siendo el azúcar tradicional y la textura mejor valorada es la de yogures con un menor contenido en fibra (Figura 9).

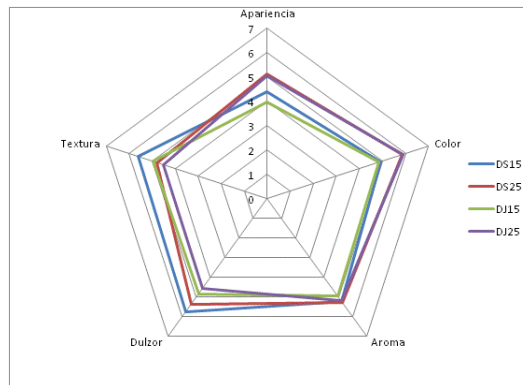


Figura 9: Puntuaciones de los distintos atributos sensoriales para las muestras elaboradas con leche desnatada y adicionadas de sacarosa (S) o jarabe de fructosa (J) y zanahoria al 15% (15) y 25% (25).

Reproduciéndose un patrón similar para la leche sin lactosa (Figura 10).

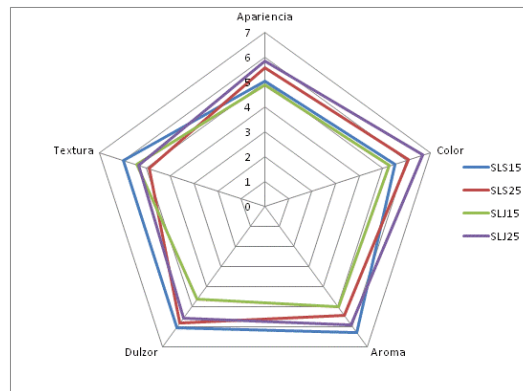


Figura 10: Puntuaciones de los distintos atributos sensoriales para las muestras elaboradas con leche sin lactosa y adicionadas de sacarosa (S) o jarabe de fructosa (J) y zanahoria al 15% (15) y 25% (25).

Una de las mejoras que se sugiere para trabajos avanzados es la homogeneización de la ralladura de zanahoria, tratando de obtener un menor tamaño de partícula que sea menos detectable sensorialmente

CONCLUSIONES

1. Los yogures con un mayor contenido en fibra son más firmes, aunque en la valoración sensorial de la textura, los catadores prefieren los elaborados con un 15 % de zanahoria.
2. Los yogures que presentan un color más vivo son los elaborados con leche sin lactosa y 25% de zanahoria y los que presentan un color más apagado y claro los preparados con leche entera y 15% de zanahoria. El color resultó ser en las pruebas de análisis sensorial el factor determinante en la valoración de la apariencia general de los yogures presentados.
3. La única formulación que no cumple con los requisitos de la norma de calidad de yogur es la elaborada con leche sin lactosa endulzada con jarabe de fructosa y con un 25 % de fibra de zanahoria, puesto que los recuentos

de microorganismos vivos responsables de la fermentación fueron inferiores a 10^7 ufc/g.

4. El análisis microbiológico indica que en todas las formulaciones, la microbiota predominante es la láctica.

5. En conclusión, todas las formulaciones ensayadas son adecuadas para la obtención de yogures con un nivel aceptable por los consumidores. Aunque estos prefieren el yogur edulcorado de manera tradicional (sacarosa) frente a los edulcorados con jarabe de fructosa. Y con respecto a la apariencia general los yogures mejor valorados son los elaborados con un porcentaje de zanahoria del 25%.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Politécnica de Valencia, todos profesores, administrativos, de calidad y eficiencia, especialmente a distinguidas doctoras que guiaron este trabajo, con valor humano y ciencia.

A la SENECYT – Ecuador, por financiar mis estudios y ESPOCH - Fac. Salud Pública, por apoyar esta meta académica.

A mi esposo Fabián, a mis hijos Valeria, M^a Fernanda, Fabián y Jorge, por su amor incondicional y paciencia.

REFERENCIAS

- Aportela-Palacios. A.; Sosa-Morales. M.E.; Velez-Ruiz. J.F. 2005. Journal of Texture Studies. 36. 333-349.
- Ávila. J. 2001. Control de calidad en la elaboración de yogur y derivados lácteos Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Blanco. S.. E. Pacheco y N. Frágenas. 2006. Evaluación física y nutricional de un yogurt con frutas tropicales bajo en calorías. Rev. Fac. Agron. UCV. (32):131-144.
- Briceño. A.. R. Martínez y K. García. 2001. Viabilidad y actividad de la flora láctica (*Streptococcus salivarius* subsp *thermophilus* *Lactobacillus delbrueckii* subsp *bulgaricus*) del yogurt en Venezuela. Acta Científica Venezolana. 52(1):46-54.
- Chavez A. 2007. [en línea] <http://ecuador.nutrinet.org/ecuador/situacion-nutricional/58-las-cifras-de-la-desnutricion-en-ecuador>. <http://www.sciencedirect.com>. [consulta 07-09-2011].
- Cortés. C. at.el. 2005. Changes of colour and carotenoids contents during high intensity pulsed electric field treatment in orange juices. Área de Nutrición y Bromatología. Facultat de Farmàcia. Universitat de València. Spain. [on line] <http://www.sciencedirect.com>. 16 June 2006 [consulta 08-09-2011].
- De Oliveira. M.. R. Hernandez y S. Prudencio-Ferreira. 2005. Suplementação de iogurte de soja com frutooligossacarídeos: características probióticas e aceitabilidade. Revista de Nutrição . Campinas. 18 (5):613-622.
- Dello Staffolo. M. at el. 2002. Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. [en línea] <http://www.sciencedirect.com>. [consulta 07-09-2011].
- FAO/WHO/UNU Expert Consultation. 2004. Report on Human Energy Requirements. Interim Report. Roma, Italia.
- Gamaliel. L. at.el. 2010. Manuales FIA de apoyo a la formación de Recursos Humanos para la innovación agraria. Producción de nueces de nogal. Salviat impresores. Chile.
- Latham, Michael. 2002. Nutrición Humana en el mundo en desarrollo. Universidad de Cornell USA. Colección FAO: Alimentación y nutrición N° 29. Roma, Italia.
- Lourens-Hattingh, A., Viljoen, B.C. 2001. Review: Yogurt as probiotic carrier food. International Dairy Journal, 11: 1–17.

- Madrid. A. 2003. Manual de Industrias Lácteas. Tetra Pack Processing Systems AB. Madrid Ed. España.
- Maragkoudakis. P., C. Miaris. P. Rojez. N. Manalis. F. Magkanari. G. Kalantzopoulos y E. Tsakalidou. 2006. Production of traditional Greek yoghurt using Lactobacillus strains with probiotic potential as starter adjuncts. *Int. Dairy J.* 16:5260.
- Martínez Monzó. Javier. 2006. Nutrición Humana. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- Mateos García. A. 1984. Contribución al estudio de la micoflora contaminante del yogur. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- Moñino M., et al. 2009. Criterios y parámetros básicos para la evaluación de alimentos candidatos a incluirlos en las recomendaciones de consumo de frutas y hortalizas "5 al día": el Doc. Dir. Original Research Article *Actividad Dietética*. Volume 13. Issue 2. June 2009. Pages 75-82.
- Morales de León, J., Cassis Ma. L., y Cortes, E. 2000. Elaboración de un yogurt con base en una mezcla de leche y garbanzo (*Cicer arietinum*). *ALAN*. mar. 2000. vol.50. no.1. p.81-86. ISSN 0004-0622.
- Mugariz. D. 2009. La importancia de los agentes de textura. Andoni Luis Aduriz. 2009.- *Revista ciencia y gastronomía*. www.alimentatec.com. España.
- Olmedilla-Alonso, B.; Granado-Lorenzo, F.; Blanco-Navarro, I. 2001. Carotenoides y salud humana. Fundación Española de la Nutrición (F.E.N.), Madrid.
- Oroian, M.A.; Escriche, I.; Gutt, G. 2011. Theological, textural, color and physico-chemical properties of some yogurt products from the Spanish market. *Food and Environment Safety-Journal of Faculty of Food Engineering, Stefan cel Mare Univerity, Suceava*, 10 (2), 24-29.
- Phillips, L.G.; McGriff, M.L.; Barbano, D.M. 1995. The influence of fat on the sensory properties, viscosity, and color of lowfat milk. *Journal of Dairy Science*, 78 (6), 1258-1266.
- Ramírez. A. 2007. Obtención de harinas de frutas tropicales. Utilización en productos para regímenes especiales de alimentación. Tesis Doctoral. Universidad Central de Venezuela. Caracas. Venezuela. 400 pp.
- Rodríguez. R. 2005. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. Instituto de la Grasa. CSIC. Sevilla. Spain. [en línea] <http://www.sciencedirect.com>. 7 November 2005. [consulta 08-09-2011].
- Ruiz. P. 2008. El suplemento de cáscara de cacao rico en fibra dietética es beneficioso para los pacientes pediátricos con estreñimiento crónico idiopático. Madrid. España. [en línea] <http://www.sciencedirect.com>. 7 October 2008. [consulta 09-09-2011].
- Sandoval-Castilla, O., Lobato-Calleros, C., Aguirre-Mandujano, E., Vernon-Carter, E.J. 2004. Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers. *International Dairy Journal*, 14 (2): 151-159
- Shealy Norman. 1996. La botica en casa. Susaeta Ed. Madrid. España.
- Stubing. G. at.el. 1998. Plantas Silvestres de la Comunidad Valenciana. Ed. Jaguar.
- Tamine. A. y Robinson. R. 1991. Yogur Ciencia y Tecnología. Acribia Ed. Zaragoza. España.
- Ubando. J. at.el. 2004. Mexican lime peel: Comparative study on contents of dietary fibre and associated antioxidant activity. Departamento de Alimentos y Biotecnología. Facultad de Química. D.F.. Mexico. [en línea] <http://www.sciencedirect.com>. 15 January 2004. [consulta 08-09-2011].
- Xanthopoulos. V., N. Pedritis y N. Tzanetakis. 2001. Characterization and classification of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* strains isolated from traditional greek yogures. *J. Food Sci.* 66(5).