



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



INSTITUTO DE
AGROQUÍMICA
Y TECNOLOGÍA
DE ALIMENTOS



DISEÑO DE ALIMENTOS SACIANTES. EFECTO DEL INCREMENTO DEL CONTENIDO PROTEICO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS INSTRUMENTALES (COLOR Y TEXTURA) Y SENSORIALES DE UN POSTRE LÁCTEO SÓLIDO TIPO TARTA DE QUESO

MASTER EN CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS



Johanna M. Marcano Rodríguez (Autor)

Susana Fitzsman Dal Santo (Directora Académica-IATA)

María Isabel Hernando Hernando (Directora Académica-UPV)

Paula Varela Tomasco (Directora Experimental-IATA)

Valencia, 2013

RESUMEN

Numerosas investigaciones han respaldado que una dieta de alto contenido proteico puede promover la pérdida de peso y prevenir su ganancia posterior. Por ello, la incorporación de este ingrediente con propiedades saciantes en los alimentos ha tenido auge en los últimos años. En el presente trabajo se evaluó el efecto de la reformulación de tartas de queso (CE), reduciendo su contenido en grasa láctea al 50% (CD) e incorporando aislado proteico de lactosuero a tres concentraciones diferentes (P1=2%, P2=3% y P3=4%), sobre las propiedades de color, textura y sensoriales del producto final. Además se estudió su estabilidad con el tiempo de almacenamiento durante 14 días bajo condiciones de refrigeración. Se utilizaron métodos instrumentales para la determinación de color (parámetros $CieL^*a^*b^*$) y textura (análisis de doble compresión TPA) y el método de *flash profiling* para la evaluación sensorial de las muestras. P3 obtuvo las mayores diferencias en cuanto a color y textura instrumental con respecto a CD y las mayores diferencias en la evaluación sensorial con respecto a CE y CD. Los resultados instrumentales corroboraron la tendencia de los resultados sensoriales. Los valores medios para tono disminuyeron en CD, P1, P2 y P3 y sus valores medios de dureza, cohesividad y masticabilidad aumentaron. Se observó en P3 la mayor percepción de los atributos sensoriales dureza, intensidad del color amarillo y astringencia. Durante el tiempo de almacenamiento, todas las muestras disminuyeron sus valores medios de luminosidad, croma y cohesividad y P1, P2 y P3 también aumentaron sus valores medios de elasticidad.

RESUM

Nombroses investigacions han afirmat que una dieta d'alt contingut proteic pot promoure la pèrdua de pes i previndre el seu guany posterior; per això, la incorporació d'est ingredient amb propietats saciants en els aliments ha tingut auge en els últims anys. En el present treball es va evaluar l'efecte de la reformulació de tortades de formatge (CE), reduint el seu contingut en greix lacti al 50% (CD) i incorporant aïllat proteic de lactosuero a tres concentracions diferents (P1=2%, P2=3% i P3=4%), sobres les propietats de color i textura instrumentals i sensorials del producte final i la seua estabilitat amb el temps d'emmagatzemament durant 14 dies baix condicions de refrigeració. Es van utilitzar mètodes instrumentals per a la determinació de color (parámetros $CieL^*a^*b^*$) i textura (anàlisi de doble compressió TPA) i el mètode de *flash profiling* per a l'avaluació sensorial de les postres. P3 va obtindre les majors diferències quant a color i textura instrumental respecte a CE i les majors diferències en l'avaluació sensorial respecte a CE i CD. Els resultats instrumentals van corroborar la tendència dels resultats sensorials. Els valors mitjans per a to van disminuir en CD, P1, P2 i P3 i els seus valors mitjans de duresa, cohesivitat i masticabilitat van augmentar. Es va observar en P3 la major percepció dels atributs sensorials duresa, intensitat del color groc i astringència. Durant el temps d'emmagatzemament, totes les mostres van disminuir els seus valors mitjans

de lluminositat, cromat i cohesivitat i P1, P2 i P3 també van augmentar els seus valors mitjans d'elasticitat.

ABSTRACT

Numerous studies have supported that a diet high in protein may promote weight loss and prevent its subsequent gain. Therefore, reformulation with the incorporation of these ingredients with satiating properties has been boosted. Reformulation of "tartas de queso" (CE), reducing milk fat content 50% (CD) and incorporating whey protein isolate at three different concentrations (P1 = 2%, 3% and P2 = P3 = 4%), the color, texture and sensory properties of the final product and its stability over time for 14 days of storage under refrigeration has been evaluated. Instrumental methods were used for determining the color (CIEL * a * b * parameters) and texture (double-cycle compression TPA) and *flash profiling* method for sensory evaluation of the samples. P3 showed the biggest differences in instrumental color and texture compared with Pc and the higher differences in the sensory evaluation with respect to Pe and Pc. The tendency of sensory results was corroborated with instrumentals results. Mean values were lower in pitch Pc, P1, P2 and P3 and their average values of hardness, cohesiveness and chewiness increased. P3 was evident in the increased appreciation of the sensory attributes hardness, intensity of the yellow color and astringency. During the time of storage, all samples decreased their brightness values, chroma and cohesiveness and P1, P2 and P3 also increased elasticity values.

PALABRAS CLAVE: *Saciantes, proteïnes del lactosuero, postre lácteo, tarta de queso, textura, color, flash profiling.*

INTRODUCCIÓN

Numerosas investigaciones han respaldado que una dieta de alto consumo proteico puede promover la pérdida de peso y prevenir su ganancia posterior, debido al efecto que ejerce sobre el aumento de la termogénesis y de la saciedad (Wycherley et al., 2013; Clifton, 2012; Westerterp et al., 2012; Paddon et al., 2008; Jebb, 2007; Lejeune et al., 2005; Weigle et al., 2005; Halton y Hu, 2004; Westerterp et al., 2004; Layman et al., 2003; Skov et al., 1999).

Por esta razón, ha tenido un auge la incorporación de ingredientes proteicos, que poseen propiedades saciantes, en alimentos reformulados. Por ello es importante el estudio de su funcionalidad y comportamiento al ser incorporados en diversas matrices alimentarias. Se ha evaluado el efecto de las proteínas del lactosuero sobre la saciedad (Arguin et al., 2012; Acheson et al., 2011); y su tecnofuncionalidad y estabilidad al ser incorporadas en diferentes presentaciones de alimentos, tales como quesos, barras y bebidas energéticas, pudines, flanes, yogures, cremas y espumas (Unal, et al., 2012; Hogan et al., 2012; Deep et al., 2012; Imtiaz et al., 2012, Buriti et al., 2010; Pérez et al., 2013; Thuwapanichayanan et al., 2012; Texeira et al., 2012a; Texeira et al., 2012b; Pérez et al., 2009; Marinova et al., 2009; Aziznia et al., 2008; Lee y Vickers, 2008; Emam et al., 2008; Lobato et al., 2007; Sandoval et al., 2004; Mishra et al., 2001).

La tarta de queso es un postre lácteo refrigerado comercializado comúnmente en España, que posee alto contenido proteico y características sensoriales muy peculiares; no se puede describir como un bizcocho ni como un “cheese cake” sino como un producto con características de apariencia, humedad y estructura propias. No se encontraron investigaciones previas que hayan tenido por objeto el estudio de este tipo producto.

El presente estudio tuvo como finalidad evaluar el efecto de la reformulación de tartas de queso, reduciendo su contenido en grasa láctea e incorporando aislado proteico del lactosuero a tres concentraciones diferentes, sobre las propiedades de color, textura y sensoriales del producto final y su estabilidad en el tiempo de almacenamiento, durante 14 días bajo condiciones de refrigeración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de las muestras

Se establecieron las proporciones de ingredientes y los pasos de elaboración adecuados para la obtención de un producto similar a los de venta comercial en España, con apariencia de bizcocho aireado y muy húmedo, color crema claro y sabor dulce-lácteo, que debe conservarse bajo condiciones de refrigeración hasta el momento de su consumo.

FORMULACIÓN

En la tabla 1 se observan los porcentajes de los ingredientes para cada una de las cinco (5) formulaciones de tartas de queso.

TABLA 1. Formulación de las muestras (%)

Ingredientes	CE	CD	P1	P2	P3
<i>Queso fresco entero</i>	55,00	27,50	26,95	26,68	26,40
<i>Queso fresco desnatado</i>	0,00	27,50	26,95	26,68	26,40
<i>Huevo entero pasteurizado</i>	20,00	20,00	19,60	19,40	19,20
<i>Azúcar refinada</i>	10,00	10,00	9,80	9,70	9,60
<i>Agua potable</i>	7,96	7,96	7,80	7,71	7,64
<i>Leche en polvo desnatada</i>	1,99	1,99	1,95	1,93	1,91
<i>Almidón de maíz</i>	5,00	5,00	4,90	4,85	4,80
<i>Aislado proteico de lactosuero</i>	0,00	0,00	2,00	3,00	4,00
<i>Sorbato potásico</i>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

En las muestras CE se utilizó al 100% queso fresco entero (contenido graso del 45% p/p del e.s.l que fue de 28% máximo) y en las muestras CD sólo se sustituyó una parte del queso fresco entero por queso fresco desnatado (contenido graso del 0,04% p/p del e.s.l que fue del 17,3% máximo). Sustituciones superiores al 50% de la proporción de queso entero por desnatado produjeron un colapso de la estructura durante el proceso de horneado. En las muestras P1, P2 y P3 se conservó la misma proporción de ingredientes que en las muestras CD (y CE) y se adicionó respectivamente 2%, 3% y 4% de aislado proteico de lactosuero (Best Protein®, 90% de contenido en proteína).

PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Equipos: Peso convencional, Batidora Kenwood mod. Major Classic, horno convencional y cámara de refrigeración.

Procedimiento:

1. *Pesado de los ingredientes*
2. *Batido* (continuo, con varillas, a velocidad 5).
 - 2.1. Incorporación de queso y batido por un (1) minuto.
 - 2.2. Adición de huevo entero pasteurizado y batido por un (1) minuto.
 - 2.3. Adición de azúcar refinada y batido por un (1) minuto.
 - 2.4. Disolución de la leche en polvo desnatada y el almidón de maíz en el agua potable, incorporación y batido por un (1) minuto.
 - 2.5. Adición gradual del aislado proteico de lactosuero (solo en las muestras P1, P2 y P3) y continuación del batido por 16 minutos más hasta un total de 20 minutos de batido en todas las formulaciones.

3. *Horneado*
 - 3.1. Precalentamiento del horno a 180°C durante quince (15) minutos.
 - 3.2. Vertido de la mezcla en moldes de silicona.
 - 3.3. Horneado a 180°C durante veinticinco (25) minutos (temperatura interna del producto 94+/-5°C, medida en el centro).
 - 3.4. Retirada del horno, enfriamiento a temperatura ambiente y desmoldado.
4. *Estabilización y almacenamiento*
 - 3.5. Almacenamiento en cámara de refrigeración por un mínimo de doce (12) horas para lograr el equilibrio de los ingredientes del producto.
 - 3.6. Conservación bajo refrigeración durante 14 días para la realización de estudios de estabilidad.

Mediciones instrumentales del color

Se efectuaron mediciones en el interior y en la superficie de las tartas, por duplicado, en secciones de 30 mm de diámetro. Se utilizó un espectrofotómetro Konica Minolta modelo CM-3500d con iluminante D65 y observador 10°, se realizaron tres (3) mediciones en puntos diferentes para cada muestra y su duplicado, un total de doce (12) mediciones por cada día de almacenamiento para cada muestra, seis (6) en la zona interior de las tartas y seis (6) en la superficie. Se registraron los valores medios en el espacio de color Ciel*a*b* para luminosidad (L*), coordenadas cartesianas a* y b* del color, croma, saturación o pureza (C*) y tono (h*). Las mediciones se realizaron para cinco (5) tiempos de almacenamiento; correspondientes a los días uno (1), tres (3), siete (7), diez (10) y catorce (14) de vida del producto.

Mediciones instrumentales de textura

Las probetas para realizar las medidas de textura se tomaron en tres (3) puntos diferentes de cada muestra, por duplicado para cada formulación. Las dimensiones de dichas probetas fueron cilindros de 1,7 cm de alto y 2,2 cm de diámetro que se mantuvieron a temperatura 8+/-1°C. Se efectuó un ensayo de doble compresión (TPA) con el equipo TA.XT.Plus Texture Analyser (Stable Micro Systems, Godalming, Reino Unido), con el uso de la sonda P/75, fijando una compresión correspondiente al 40% de la altura inicial de las probetas, velocidad del ensayo de 1 mm/segundo, velocidades pre y post ensayo de 10 mm/segundo, tiempo entre compresiones de 5 segundos y valor de *trigger point* de 15 g. Se registraron los valores para las variables dureza, elasticidad, cohesividad y masticabilidad, a partir de las curvas TPA mediante el software Texture Expert. Se efectuaron mediciones a cinco (5) tiempos de almacenamiento; correspondientes a los días uno (1), tres (3), siete (7), diez (10) y catorce (14) de vida del producto.

Evaluación sensorial

Las muestras fueron evaluadas a las 24 horas de su elaboración. Nueve (9) participantes constituyeron un panel semientrenado de catadores adultos, con edades comprendidas entre veinte (20) y sesenta (60) años, ocho (8) mujeres y un (1) hombre. Todos los panelistas poseían experiencia previa en la evaluación sensorial descriptiva de postres lácteos, por ser colaboradores habituales de evaluaciones sensoriales en el Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA-CSIC). Ninguno manifestó rechazo frente al consumo de tartas de queso ni alergias o intolerancias frente a alguno de los ingredientes usados en las formulaciones.

Se utilizó el método de *flash profiling* (Dairou y Sieffermann 2002, Delarue y Sieffermann, 2004; Tarea et al., 2007; Lassoued et al., 2008; Moussaoui y Varela, 2010; Albert et al., 2011, Varela y Ares, 2012). La prueba se desarrolló en una sala de cata normalizada (UNE, 1979) en una sola sesión. A cada participante se le proporcionaron todas las muestras de una vez: las cinco (5) elaboradas con diferente formulación y una (1) muestra adicional duplicada (Ferrage et al., 2010; citado por Varela y Ares, 2012). Las seis (6) muestras se identificaron con números aleatorios de tres dígitos. La evaluación se efectuó de manera individualizada y en dos partes, primero los participantes generaron tantos descriptores como consideraron apropiados para diferenciar las muestras; sin un número límite de descriptores y luego para cada uno de estos descriptores ordenaron las muestras en una escala de “poco” a “mucho”. En la Figura 1 se muestra la hoja de instrucciones que se discutió con los participantes antes de proceder a la evaluación sensorial; en la cual se usó como ejemplo un alimento totalmente diferente (manzanas).

Instrucciones:

Hoy vas a probar 6 tartas de queso. Nos interesa saber como las describirías. Prueba las 6 muestras **COMPARATIVAMENTE**

1º) piensa y anota todas las **CARACTERÍSTICAS SENSORIALES** que las diferencian (atributos)
 2º) **ORDENA** las muestras según cada uno de los atributos seleccionados

EJEMPLO - Manzana Verde

1º. Selección de atributos:

-Color verde (cáscara) -Sabor ácido -Olor a manzana -Arenosidad
 -Color verde (interior) -Sabor dulce -Dureza
 -Cantidad de semillas -Sabor a manzana -Sensación de crujiente

2º. Evaluación por atributos: ORDENACIÓN

- Color verde

Poco Verde 145 721 089 357 247 Muy Verde

HOJA DE CATA
 ATRIBUTO 1: Color verde

Poco 145 721 089 357 y 145 247 Mucho

FIGURA 1. Hoja de instrucciones discutidas con los panelistas previamente a la realización de la evaluación sensorial por el método de *flash profiling*

En la Figura 2 se observa un extracto de la hoja de cata entregada a cada participante y en la cual evaluaron las muestras.

DESCRIPCIÓN DE TARTAS DE QUESO	
Nombre del participante: _____	Fecha: _____
ATRIBUTO 1: _____	
POCO ----->	MUCHO
ATRIBUTO 2: _____	
POCO ----->	MUCHO
ATRIBUTO 3: _____	
POCO ----->	MUCHO
ATRIBUTO 4: _____	
POCO ----->	MUCHO
ATRIBUTO 5: _____	
POCO ----->	MUCHO

FIGURA 2. Hoja de cata individualizada

Análisis e interpretación de datos

TEXTURA Y COLOR

Los valores medios de las variables de color y de textura instrumentales fueron sometidos a un análisis anova, utilizando el programa estadístico Statgraphics XVI para conocer si presentan diferencias significativas.

Luminosidad L^* , croma C^* y tono h^* en el caso de color y dureza, elasticidad, cohesividad y masticabilidad en el caso de textura, se tomaron como variables dependientes. Las cinco (5) formulaciones (CE, CD, P1, P2 y P3) se tomaron como primer factor y los días de almacenamiento uno (1), tres (3), siete (7), diez (10) y catorce (14) como segundo factor. En todos los casos, los datos cumplieron con los criterios de normalidad de residuos, homocedasticidad, independencia y linealidad, que garantizaron la adecuación de este modelo estadístico.

DIFERENCIAS DE COLOR

Los valores de diferencia de color (ΔE^*) fueron empleados para facilitar la comparación de cambios de color entre muestras debidos a la sustitución de grasa y/o adición de aislado proteico de lactosuero.

Para determinar ΔE^* se utilizó la siguiente fórmula:

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

$$\Delta L^* = L^* P_x - L^* P_{ref}$$

$$\Delta a^* = a^* P_x - a^* P_{ref}$$

$$\Delta b^* = b^* P_x - b^* P_{ref}$$

donde: ΔE^* = Diferencia de color; ΔL^* = Diferencia de luminosidad; $\Delta a^*/\Delta b^*$ = Diferencias entre coordenadas; P_x = muestra; P_{ref} = referencia.

Las muestras usadas como referencia para el análisis han sido CE para comparar con CD (para analizar el efecto de sustituir una proporción de queso fresco entero por queso desnatado) y CD para comparar con P1, P2 y P3 (para analizar el efecto de incorporar aislado proteico de lactosuero a CD en diferentes proporciones).

Para determinar la diferencia de color ΔE^* de cada muestra con respecto al tiempo de almacenamiento, se utilizó la fórmula (1) donde P_x = muestra a tiempo x y P_{ref} = muestra a tiempo 1 día.

EVALUACIÓN SENSORIAL

La información se recopiló en una tabla para cada uno de los nueve (9) participantes del panel de evaluación sensorial, tal como se observa en la Figura 3, colocando los atributos seleccionados en las columnas y las muestras evaluadas en las filas. El número de muestras evaluadas, en este caso seis (6); determinó el valor correspondiente a la totalización de las columnas, sumando cada uno de los dígitos ($1+2+3+4+5+6 = 21$); lo cual simplificó el proceso de asignación de valores a cada muestra por atributo y la verificación final, que consistió en comprobar que el valor de todas las columnas fuera igual a veintiuno (21) (Varela y Ares, 2012).

Atributo: Sabor a queso

(1) (2) (3,5 y 3,5)* (5) (6) →

F E C y D B A

Muestra	Panelista 1			Panelista 2			Panelista 3		
	AT1 Sabor a queso	AT2 Sabor dulce	...	AT1	AT2	...	AT1	AT2	...
A	6								
B	5								
C	3.5								
D	3.5								
E	2								
F	1								

* Los valores entre paréntesis representan los datos asignados a cada muestra por el panelista para ese atributo. El valor 3,5 asignado a las muestras C y D es el promedio entre 3 y 4 $[(3+4)/2 = 3,5]$.

Figura 3. Datos obtenidos por panelista para cada atributo

Para obtener una visión global acerca de las formulaciones y todos los atributos obtenidos, y con la ayuda del programa XLStats versión 2009.4.03, se efectuó un Análisis de Procrustes Generalizado (GPA), tomando en cuenta todas las matrices, y que proporcionó la base para la discusión de los resultados sensoriales, obteniéndose un mapa bidimensional para las muestras y otro para los atributos, que define un espacio perceptual para los productos en estudio (Moussaoui y Varela, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Color

En la Tabla 2 se presentan los valores medios generales obtenidos para las parámetros de color: luminosidad (L^*), croma (C^*) y tono (h^*).

TABLA 2. Valores medios obtenidos para L^* , C^* y h^* en el interior y en la superficie de las muestras para cada formulación y día de medición

Variable	Lugar de la medición	Día	CE	CD	P1	P2	P3
L^*	Interior	1	76,58	82,83	84,97	83,51	85,48
		3	78,11	82,46	83,84	81,19	85,05
		7	75,73	74,87	75,07	72,68	77,56
		10	75,35	71,67	75,42	75,90	78,55
		14	76,30	72,67	73,69	74,92	74,91
	Superficie	1	80,55	82,12	84,80	84,10	83,28
		3	86,30	81,48	84,71	82,86	83,52
		7	80,66	82,30	83,46	79,85	84,80
		10	83,93	78,78	82,82	81,14	81,73
		14	78,92	78,87	82,92	82,00	82,08
C^*	Interior	1	17,83	20,35	19,76	20,67	19,38
		3	18,62	20,38	19,70	20,27	19,51
		7	17,18	19,63	17,98	18,96	19,22
		10	18,80	16,02	16,90	18,64	17,87
		14	17,81	17,55	15,99	17,71	16,47
	Superficie	1	30,11	37,44	34,06	34,81	35,39
		3	27,75	37,53	33,28	34,38	33,46
		7	29,03	37,53	32,17	34,33	33,54
		10	27,71	36,83	31,86	34,23	33,96
		14	27,04	36,07	31,12	33,09	32,68
H^*	Interior	1	87,96	87,76	87,53	87,26	87,20
		3	88,70	87,72	87,01	87,27	86,42
		7	89,09	88,11	87,18	87,11	86,41
		10	88,98	87,73	86,35	87,06	86,27
		14	88,13	88,05	86,76	87,41	86,35
	Superficie	1	79,04	78,22	79,01	78,59	78,34
		3	79,62	77,75	78,54	77,99	78,44
		7	79,01	77,63	78,72	78,57	78,27
		10	79,50	77,28	79,01	78,86	78,07
		14	79,02	77,18	79,11	78,27	78,14

CAMBIOS DE COLOR AL SUSTITUIR EN LA MUESTRA CONTROL PARTE DE LA PROPORCIÓN DE QUESO FRESCO ENTERO POR DESNATADO

Con un 95% de confiabilidad, se encontraron diferencias estadísticamente significativas que indicaron valores medios menores de h^* para las muestras reformuladas (CD) en el interior (P-valor = 0,0405) y en la superficie (P-valor = 0,0025). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a L^* ni C^* . Se hallaron valores medios de C^* en las muestras CD superiores en la superficie (P-valor = 0.0000), pero esto pudo haber estado influenciado por posibles fluctuaciones en las condiciones de horneado de las muestras.

El color mostrado por las muestras control CE podría definirse como amarillo pálido. En el eje cartesiano, 90° representan al color amarillo y 0° al color rojo; con lo cual el descenso en los valores medios de h^* podría indicar que las muestras de CD resultaron de un tono más amarillo que las muestras CE, ya que el color estaría alejándose del amarillo pálido en orientación hacia los tonos amarillo-naranja-rojo. La superficie ligeramente dorada de las muestras CE y CD presentó valores medios de h^* inferiores con respecto al interior.

En cuanto a las diferencias de color calculadas para las muestras CD con respecto a las muestras control CE y reflejadas en la Figura 4, se pudo observar que fueron mayores a 1,5 en todos los casos, lo cual permite considerarlas evidentes al ojo humano. Las diferencias en el interior de las muestras fueron menores que en la superficie, en donde pudieron estar afectadas por posibles fluctuaciones de las variables que condicionan al proceso de horneado, así como variaciones en el color del huevo utilizado, generando un mayor o menor dorado superficial de las muestras, independientemente de su formulación.

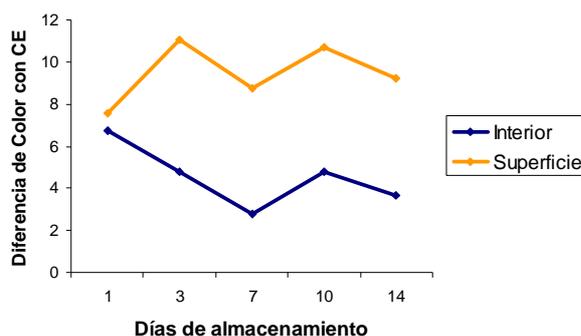


FIGURA 4. Diferencia de color (ΔE^*) de las muestras reformuladas CD con respecto a las muestras control CE en función del tiempo de almacenamiento

La estabilidad en el almacenamiento fue aceptable, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a L^* , C^* o h^* entre los días para ninguna de las dos muestras; sin embargo, podría mencionarse una leve tendencia al descenso de los valores de L^* y de C^* a partir del día siete (7).

La figura 5 muestra las diferencias de color en los días tres (3), siete (7), diez (10) y catorce (14) frente al día uno (1) de almacenamiento y evidencia que las muestras CE se mantienen mas estables en el tiempo que las muestras CD en las mediciones efectuadas en el interior, mientras que en la superficie, las diferencias de color a lo largo del tiempo son mas estables.

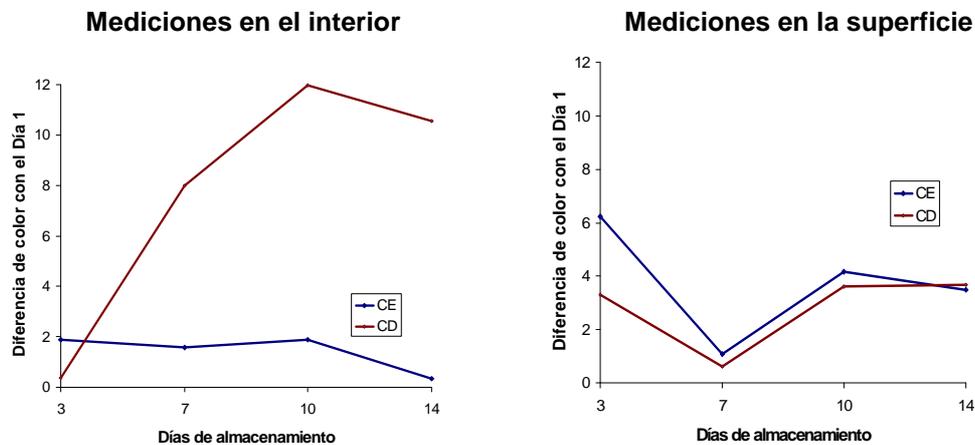


FIGURA 5. Diferencia de color (ΔE^*) de las muestras CE y CD en función del tiempo de almacenamiento

COMPORTAMIENTO DEL COLOR AL INCORPORAR PROTEINAS DEL LACTOSUERO AL PROTOTIPO CONTROL (CD)

Con un 95% de confiabilidad, se encontraron descensos estadísticamente significativos en los valores medios de h^* en el interior (P-valor = 0,0000) y en la superficie (P-valor = 0,0002) de las muestras reformuladas (P1, P2 y P3) con respecto a las del control (CD). Se observó la presencia de tres grupos homogéneos de valores: $CD > P1 - P2 > P3$; sin diferencias significativas entre los valores medios de las muestras P1 y P2. L^* presentó un aumento significativo de sus valores medios en P3 (incorporación de aislado proteico de lactosuero al 4%) con respecto a CD tanto en las mediciones del interior (P-valor = 0,0073) como en las de la superficie (P-valor = 0,0048), P1 y P2 no presentaron diferencias significativas de L^* con respecto a CD en el interior. En un estudio realizado sobre la influencia de incorporar concentrados proteicos a cremas lácteas, Emam-Djome et al. (2008) también encontraron un incremento en los valores de luminosidad. En cuanto a los valores medios de C^* , no se evidenciaron diferencias significativas en el interior de las muestras, pero si en la superficie (P-valor 0,0000), en donde estos valores pudieron variar por las condiciones de horneado de las muestras.

Como ya se comentó, el color del control CD podría definirse como “amarillo pálido”. En el eje cartesiano, 90° representan al color amarillo y 0° al color rojo; con lo cual el descenso en los valores de h^* indicaron que las muestras P1, P2 y P3 resultaron de un tono más amarillo que las muestras CD, alejándose del “amarillo pálido”, en dirección hacia los tonos amarillo-naranja-rojo.

Las diferencias de color calculadas para las muestras P1, P2 y P3 con respecto a las muestras del control CD, se encuentran reflejadas en la Figura 6, y fueron cercanas o mayores a 1,5 lo cual permite considerarlas evidentes al ojo humano. Las muestras P3 mostraron mayores diferencias de color en el interior que las muestras P1 y P2 con respecto a la muestra control CD.

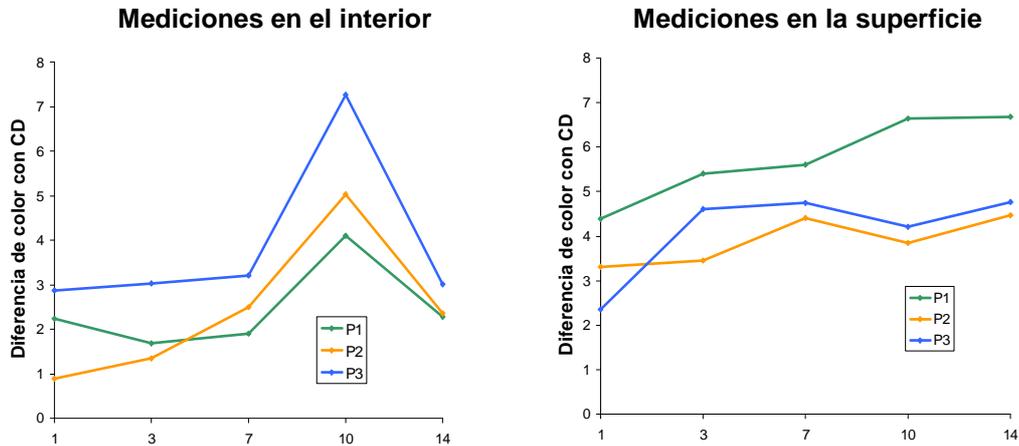


FIGURA 6. Diferencia de color (ΔE^*) de las muestras P1, P2 y P3 con respecto a las muestras CD en función del tiempo de almacenamiento

En cuanto a la estabilidad durante el almacenamiento, hubo diferencias significativas en los valores medios de L^* (P-valor = 0,0073 en el interior y P-valor = 0,0342 en la superficie) y C^* (P-valor = 0,0000 en el interior) que indicaron un claro descenso de estos valores con el tiempo. En la Figura 7 se puede observar que las diferencias de color de las muestras P1, P2 y P3 con respecto al primer día de almacenamiento, se encontraron dentro del rango de 1 a 12, lo cual indica que son visibles, y fluctúan a lo largo del tiempo. En el interior presentaron un ligero aumento y en la superficie, pese a presentar fluctuaciones, se observan al día catorce (14) similares al día uno (1).

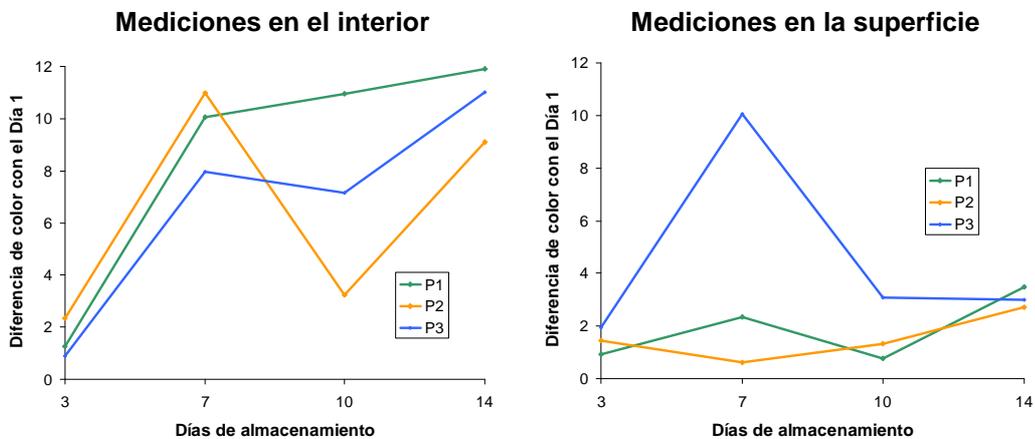


FIGURA 7. Diferencia de color (ΔE^*) de las muestras P1, P2 y P3 en función del tiempo de almacenamiento

Textura

En la Tabla 3 se presentan los valores obtenidos para las variables de textura dureza, elasticidad, cohesividad y masticabilidad.

TABLA 3. Datos obtenidos para Dureza y Masticabilidad en las formulaciones CE, CD, P1, P2 y P3 para cada día de medición

Muestras	Parámetro	Días de almacenamiento				
		1	3	7	10	14
CE	Dureza	2,56 (0,40)	2,20 (0,15)	2,74 (0,16)	2,92 (0,36)	3,03 (0,28)
	Elasticidad	0,78 (0,05)	0,82 (0,05)	0,86 (0,02)	0,81 (0,04)	0,82 (0,03)
	Cohesividad	0,46 (0,03)	0,41 (0,02)	0,41 (0,02)	0,39 (0,02)	0,40 (0,01)
	Masticabilidad	0,93 (0,26)	0,74 (0,11)	0,99 (0,08)	0,97 (0,17)	0,93 (0,12)
CD	Dureza	3,80 (0,57)	4,64 (0,26)	4,66 (0,24)	4,22 (0,44)	4,58 (0,32)
	Elasticidad	0,68 (0,07)	0,76 (0,07)	0,87 (0,09)	0,75 (0,07)	0,86 (0,10)
	Cohesividad	0,47 (0,04)	0,44 (0,01)	0,43 (0,03)	0,41 (0,02)	0,40 (0,01)
	Masticabilidad	0,47 (0,37)	0,44 (0,21)	0,43 (0,19)	0,41 (0,26)	0,40 (0,19)
P1	Dureza	7,24 (1,07)	7,77 (0,98)	8,21 (1,24)	6,07 (2,29)	7,66 (0,72)
	Elasticidad	0,68 (0,06)	0,85 (0,18)	0,83 (0,09)	0,79 (0,07)	0,81 (0,10)
	Cohesividad	0,45 (0,04)	0,47 (0,05)	0,45 (0,07)	0,42 (0,02)	0,42 (0,02)
	Masticabilidad	2,23 66	3,04 (0,73)	3,13 (0,98)	1,99 (0,87)	2,57 (0,28)
P2	Dureza	8,45 (0,36)	9,45 (0,44)	9,90 (0,45)	9,82 (0,72)	10,19 (0,75)
	Elasticidad	0,72 (0,03)	0,74 (0,05)	0,76 (0,05)	0,80 (0,08)	0,85 (0,05)
	Cohesividad	0,48 (0,04)	0,46 (0,03)	0,44 (0,02)	0,44 (0,04)	0,42 (0,02)
	Masticabilidad	2,92 (0,25)	3,23 (0,50)	3,32 (0,25)	3,47 (0,50)	3,97 (0,23)
P3	Dureza	9,80 (1,64)	10,39 (1,08)	11,04 (0,80)	12,00 (0,68)	11,31 (1,42)
	Elasticidad	0,78 (0,08)	0,79 (0,08)	0,88 (0,04)	0,92 (0,04)	0,88 (0,08)
	Cohesividad	0,49 (0,06)	0,46 (0,04)	0,45 (0,03)	0,45 (0,03)	0,44 (0,04)
	Masticabilidad	3,76 (0,94)	3,74 (0,58)	4,35 (0,32)	4,99 (0,45)	4,34 (0,55)

COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES DE TEXTURA AL SUSTITUIR PARTE DEL QUESO FRESCO ENTERO POR DESNATADO (CD) EN EL PROTOTIPO INICIAL (CE)

En la Figura 8 se muestran las gráficas que describen el comportamiento general de las muestras CE y CD durante el ensayo de doble compresión TPA. Los picos alcanzados en la gráfica F(t) (a) representan la dureza o resistencia a la compresión, la cohesividad se determina por la diferencia entre las áreas 1 y 2 en las gráficas F(d) y la elasticidad por la diferencia entre las distancias recorridas en la primera y la segunda compresión F(d) para cada uno de las muestras evaluadas.

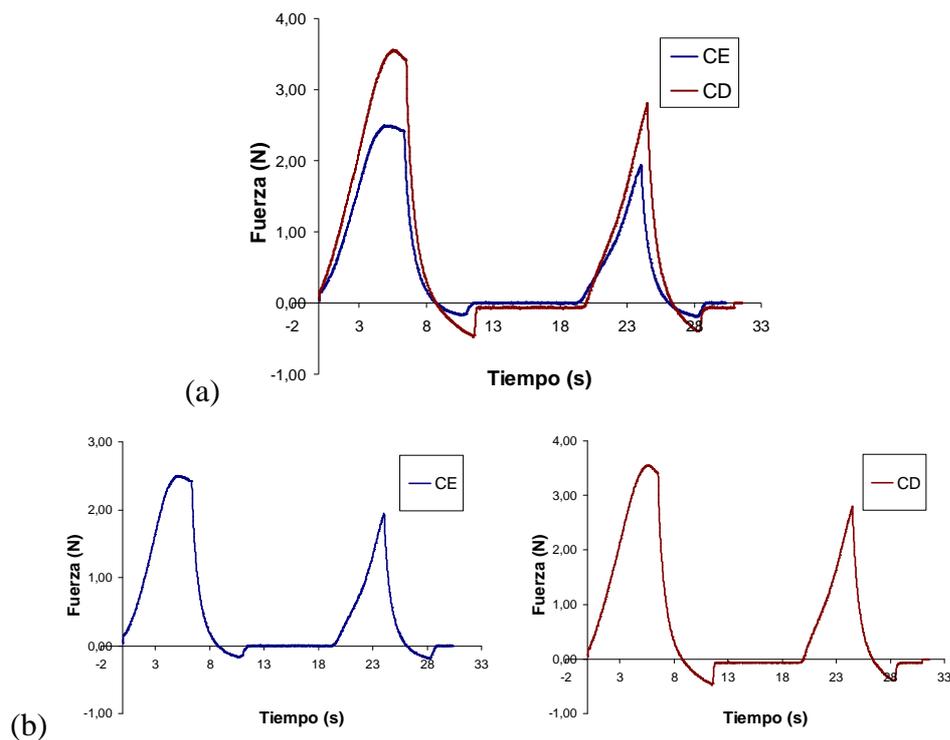


FIGURA 8. Comportamiento general de las muestras de CE y CD en ensayos de doble compresión TPA. (a) gráfica F(t) en conjunto; (b) gráficas F(t) para CE y CD por separado

Se encontraron aumentos estadísticamente significativos en los valores medios de dureza (P-valor = 0,0016) y cohesividad (P-valor = 0,0349); y en consecuencia, de los valores medios de masticabilidad (P-valor = 0,047) al sustituir parte del queso entero por desnatado.

Estudios previos han determinado que los quesos con eliminación parcial o total de grasa poseen una matriz más compacta (Lobato et al., 2007), lo cual podría justificar estos cambios. La elasticidad no presentó diferencias significativas entre las muestras CE y CD. En cuanto a la influencia del tiempo de almacenamiento, los valores de dureza y masticabilidad no se vieron afectados, mientras que la cohesividad disminuyó gradual y significativamente con el tiempo (P-valor = 0,0056).

COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES DE TEXTURA AL INCORPORAR PROTEINAS DEL LACTOSUERO AL PROTOTIPO CONTROL (CD)

En la Figura 9 se muestran las gráficas que describen el comportamiento general de las muestras CD, P1, P2 y P3 durante el ensayo de doble compresión TPA.

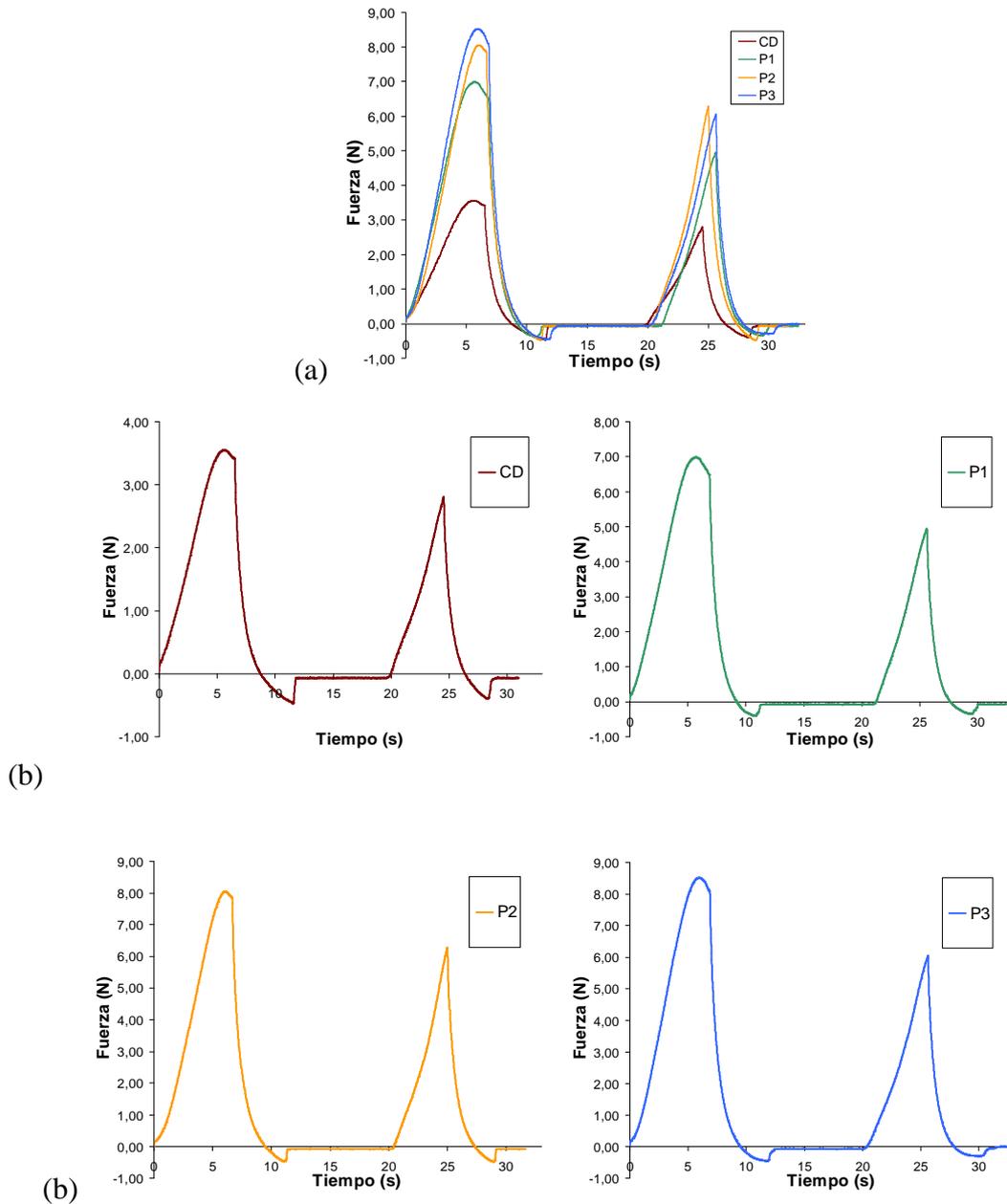


FIGURA 9. Comportamiento general de las muestras de CD, P1, P2 y P3 en ensayos de doble compresión TPA. (a) gráfica $F(t)$ en conjunto; (b) gráficas $F(t)$ para CD, P1, P2 y P3 por separado

Con un 95% de confiabilidad, se encontraron incrementos estadísticamente significativos en los valores medios de dureza y cohesividad (P-valor = 0,0082) en las tres reformulaciones (P1, P2 y P3). Los valores medios de elasticidad en las muestras P3 aumentaron significativamente, no así los de las muestras P1 y P2. Por consiguiente, los valores medios de masticabilidad también fueron significativa y gradualmente superiores en las muestras P1, P2 y P3 frente a las muestras control CD (P-valor = 0,047), en proporción al porcentaje de aislado proteico incorporado. No hubo influencia significativa del tiempo de almacenamiento, sobre los valores medios de dureza y masticabilidad; pero la cohesividad en las muestras P2 y P3 disminuyó y la elasticidad aumentó gradual y significativamente con el tiempo (P-valor=0.0056).

Los resultados obtenidos se asemejaron a los de estudios previos en barras energéticas a las que se les incorporaron diferentes concentrados de proteínas lácteas, encontrando que las dos variables de textura más relevantes fueron dureza y cohesividad, con variaciones amplias en sus valores derivadas del tipo de proteína usada y del tiempo de almacenamiento (Imtiaz, 2009; Imtiaz *et al*, 2012; Hogan, 2012). En este sentido, Weeks (2007) también determinó umbrales de concentración para adicionar aislados y concentrados de proteína en polvo a barras energéticas, por encima de los cuales estos ingredientes conservan una estructura microscópica “desordenada” que favoreció el endurecimiento del producto.

Evaluación Sensorial

En la figura 10(a) se presenta el mapa con los atributos sensoriales generados por los panelistas en la evaluación sensorial, el cual representó un 81,63% de la variabilidad y muestra que los individuos fueron capaces de percibir diferencias y similitudes entre las muestras evaluadas. En la figura 10(b) se observa que las muestras se separaron claramente en tres (3) grupos, en función de sus características sensoriales. Existió una clara diferenciación de las muestras CD y CE con respecto a las muestras P1 y P2 y las muestras P3. Los controles CE y CD se ubicaron muy cercanos; las muestras P1 y P2 se ubicaron muy cercanos y en un punto intermedio entre CE-CD y P3; las muestras P3 y sus replicas se ubicaron muy cercanas, lo que permitió considerarlas dentro de un mismo grupo de muestras, se correspondió con la realidad y corroboró la efectividad del panel entrenado.

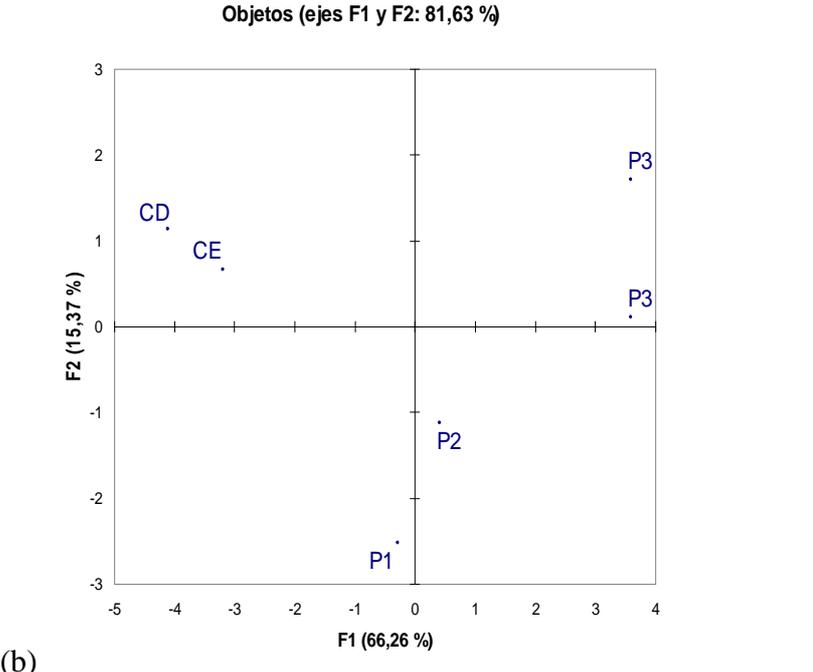
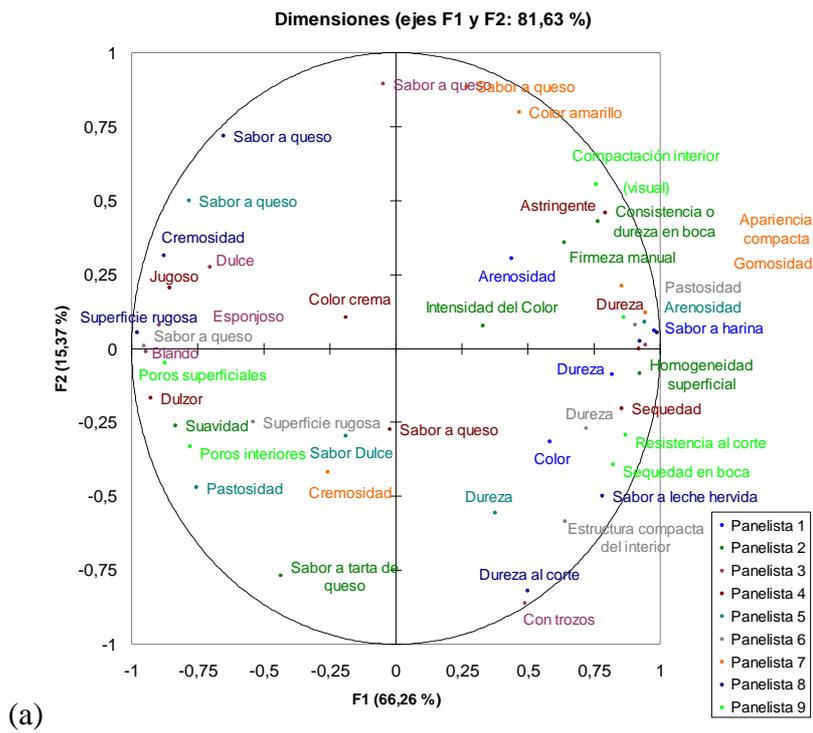


FIGURA 10. Configuración de producto obtenida por GPA para los resultados sensoriales

Estudiando juntos los mapas de las muestras y de los atributos, puede comprenderse la caracterización sensorial de cada una de las muestras evaluadas. En la Figura 11 se muestra un esquema de esto, obtenido superponiendo las direcciones determinadas por las mayores frecuencias de mención de ciertos atributos. Se observó cómo las muestras CE y CD se caracterizaron por sabor a queso, dulzura, esponjosidad, cremosidad y

rugosidad en la superficie (cuadrante superior izquierdo); mientras que dureza, color más intenso, compactación interior, superficie más homogénea (menos rugosa) y aparición de astringencia definieron a las muestras P3 y P3_{rep} (cuadrante superior derecho).

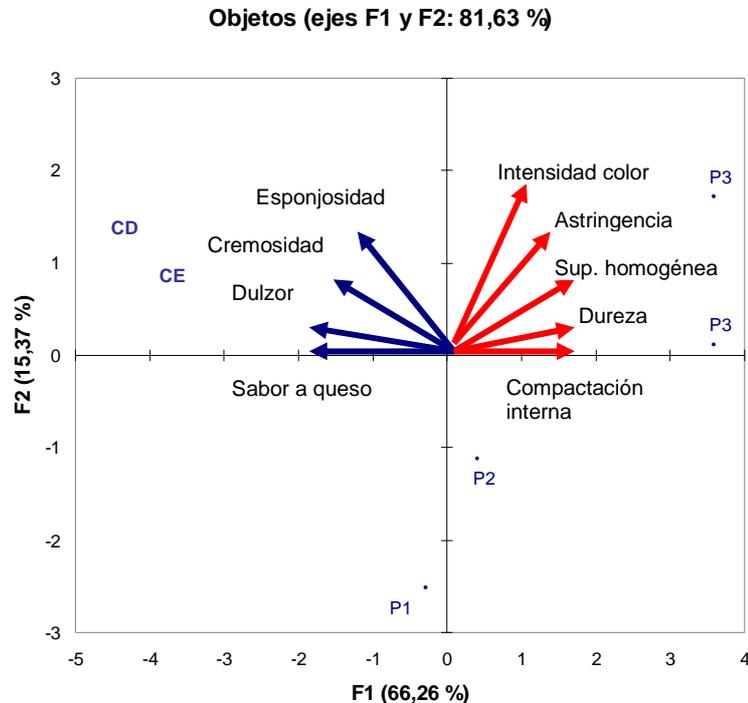


FIGURA 11. Agrupación y orientación de los principales descriptores arrojados por la evaluación sensorial

Vardhanabhuti et al. (2010) y Ye (2011) estudiaron en bebidas funcionales las interacciones que se establecen entre las proteínas del suero de la leche de bajo pH y la saliva, responsables de la aparición de la astringencia. Sano et al. (2005) encontraron un aumento en la astringencia al incrementar los porcentajes de aislado proteico de lactosuero en soluciones buffer con igual pH; esto concuerda con las observaciones del panel entrenado, que detectó en la muestra P3 (con un 4% de aislado proteico), la aparición de un descriptor definido como astringencia-arenosidad-textura rugosa en boca. Gawel et al (2000) definió la astringencia como un fenómeno complejo que puede provocar una amplia gama de sensaciones orales y obtuvo 33 términos o descriptores para definir astringencia en vino tinto, con ello podría explicarse la variabilidad conceptual entre panelistas para este atributo.

Las muestras P1 y P2 fueron intermedias en cuanto a cremosidad, sabor dulce y sabor a queso, y fueron percibidas con una dureza similar a la de las muestras P3 y P3_{rep}, lo que concuerda con las mediciones instrumentales de dureza.

Efecto de las reformulaciones sobre las fases y variables del proceso de elaboración del producto

BATIDO

El orden de incorporación de los ingredientes y el tiempo de batido no afectaron ninguna de las características de los batidos reformulados antes de la cocción. En todos se lograron mezclas homogéneas y para ello, la incorporación gradual del aislado proteico, a fin de evitar la formación de grupos, representó un punto crítico de control. La grasa desempeñó un papel importante en el incremento de la consistencia y de la aireación durante el batido. Las mezclas del control CE se mostraron más consistentes y aireadas que las mezclas de CD y con la incorporación del aislado proteico de lactosuero en diferentes concentraciones, no se hallaron resultados diferentes. Este comportamiento coincide con resultados previos sobre la influencia de la incorporación de concentrados proteicos lácteos sobre el batido de cremas lácteas endulzadas, encontrando que disminuyó su aireación (Emam, 2008). Así mismo, se ha detectado que al adicionar concentrados de proteínas de lactosuero, la creación de espuma era pobre y con poca estabilidad (Marinova et al., 2009), a diferencia de la incorporación de caseinato de sodio, con el que se mejora el efecto espumante y la estabilidad (Mishra et al., 2001).

TIEMPO DE HORNEADO

En CD, P1, P2 y P3 hubo que aumentar el tiempo de horneado cinco (5) minutos, probablemente debido, entre otros factores, a una mayor proporción de agua libre en la mezcla, aportada por la sustitución del 50% de queso entero por queso desnatado, el cual posee mayor contenido en agua. Adicionalmente, el queso blanco fresco en condiciones normales puede experimentar cambios pronunciados en su contenido de humedad durante el período de vida útil, que puede llegar a ser del 58% a los 15 días de almacenamiento (Lobato et al., 2000).

Efecto de las reformulaciones sobre la calidad nutricional del producto

En los cálculos nutricionales estimados presentados en la Tabla 4, se muestra que con las reformulaciones, no solo se logra el incremento en el contenido proteico, sino también la reducción en el contenido de grasa y valor calórico. Estos factores son favorables en la planificación de regímenes para control de peso y obesidad. Por otra parte, se ha demostrado que las proteínas del lactosuero poseen alto valor nutricional (De Witt, 1998).

TABLA 4. Valores nutricionales calculados para las muestras de tarta de queso

Muestras	Energía (Kcal/100g)	Proteínas (g/100g)	Hidratos de Carbono (g/100 g)	Grasas (g/100g)
CE	196,7	9,2	17,5	9,8
CD	164,8	9,6	17,8	6,0
P1	168,8	11,2	17,4	5,9
P2	170,8	12,0	17,2	5,9
P3	172,8	12,8	17,1	5,8

CONCLUSIONES

Las muestras de tarta de queso con 4% de aislado proteico de lactosuero añadido (P3) obtuvieron las mayores diferencias en cuanto a color y textura instrumental con respecto a las muestras control (CD) con queso desnatado y las mayores diferencias en la evaluación sensorial con respecto a ambos controles (CE) y (CD). Los resultados sensoriales se relacionaron bien con los instrumentales. La medición de color indicó un descenso en los valores de tono de las muestras, que se tradujo en una tendencia del color hacia los tonos amarillo-naranja-rojo al incrementar el porcentaje de aislado proteico en la formulación inicial, lo cual coincidió con la percepción de los panelistas.

Por otra parte, la evaluación de textura indicaba un incremento en los valores de dureza, cohesividad y masticabilidad, los cuales también fueron percibidos por los participantes. En un trabajo previo realizado por Ares et al. (2012), también se detectó una buena correlación entre mediciones reológicas y la evaluación sensorial en postres lácteos semisólidos. Estos resultados reafirman la efectividad y aplicabilidad de estas técnicas complementarias en postres lácteos.

Durante el tiempo de almacenamiento, las muestras evaluadas presentaron un ligero descenso en los valores medios de luminosidad, croma y cohesividad para todas las formulaciones. Específicamente las muestras P1, P2 y P3 también presentaron incremento en los valores medios de elasticidad. Estudios previos han confirmado la influencia de la textura como un factor determinante de la saciedad esperada en los consumidores (Hogenkamp et al., 2011 y Almiron et al., 2003); es por ello que resulta recomendable la realización de futuras investigaciones que validen la aceptación o rechazo del producto final cuando se le incorpora aislado proteico de lactosuero para incrementar su poder saciante, en consumidores con y sin conocimiento previo de la funcionalidad del producto.

AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento para los panelistas participantes en el panel de evaluación sensorial y al resto del equipo profesional que labora en el Departamento de Conservación y Calidad de los Alimentos del IATA-CSIC.

REFERENCIAS

- Acheson, K.; Blondel, A.; Oguey, S.; Beaumont, M.; Emady, S.; Ammon, C.; Monnard, I.; Pinaud, S.; Nielsen, C.; Bovetto, L. 2011. Protein choices targeting thermogenesis and metabolism. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 93:525–534.
- Albert, A.; Varela, P.; Salvador, A.; Hough, G.; Fiszman, S. 2011. Overcoming the issues in the sensory description of hot served food with a complex texture. Applications of QDA®, flash profiling and projective mapping using panels with different degrees of training. *Food Quality and Preference*, 22:463-473.
- Almiron, E.; Chen, Y.; Drewnowski, A. 2003. Liquid calories and the failure of satiety. How good is the evidence?. *Obesity Reviews*, 4(4):201–212.
- Ares, G.; Budell, E.; Bruzzone, F.; Giménez, A.; Lema, P. 2012. Consumers' texture perception of milk desserts. I-Relationship with rheological measurements. *Journal of Texture Studies*, 43(2012)203-213.
- Arguin, H.; Gagnon-Sweeney, M.; Pigeon, E.; Tremblay, A. 2012. Functional food and satiety. Impact of a satiating context effect on appetite control of non-obese men. *Appetite*, 58:354–363.
- Aziznia, S.; Khosrowshahi, A.; Madadlou, A.; Rahimi, J. 2008. Protein Concentrate and Gum Tragacanth as Fat Replacers in Nonfat Yogurt: Chemical, Physical, and Microstructural Properties. *Journal of Dairy Science*, 91:2545–2552.
- Buriti, F.; Castro, I.; Saad, S. 2010. Effects of refrigeration, freezing and replacement of milk fat by inulin and whey protein concentrate on texture profile and sensory acceptance of synbiotic guava mousses. *Food Chemistry*, 123:1190–1197.
- Clifton, Peter. 2012. Effects of a high protein diet on body weight and comorbidities associated with obesity. *British Journal of Nutrition*, 108:122–129.
- Dairou, V.; Sieffermann, J. 2002. A comparison of 14 jams characterized by conventional profile and a quick original method, flash profile. *Journal of Food Science*, 67:826-834.
- De Wit, J. N. 1998. Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products. *Journal of Dairy Science*, 81:597–608.
- Deep, G.; Hassan, A.; Metzger, L. 2012. Exopolysaccharides modify functional properties of whey protein concentrate. *Journal of Dairy Science*, 95:6332–6338.
- Delarou, J.; Sieffermann, J. 2004. Sensory mapping using Flash profile. Comparison with a conventional descriptive method for the evaluation of the flavour of fruit dairy products. *Food Quality and Preference*, 15:383-392.
- Emam, Z.; Ebrahimzade, M.; Ghorbani, A.; Madadlou, A. 2008. Effect of whey protein concentrate addition on the physical properties of homogenized sweetened dairy creams. *International Journal of Dairy Technology*, 61(2): 183-191.
- Gawel, R.; Oberholster, A.; Francis, I. 2000. A 'mouth-feel wheel': Terminology for communicating the mouth-feel characteristics of red wine. *Aust. J. Grape Wine Res*, 6:203–207.
- Halton, T.; Hu, F. 2004. The Effects of High Protein Diets on Thermogenesis, Satiety and Weight Loss: A Critical Review. *Journal of the American College of Nutrition*, 23(5):373–385.
- Hogan, S.; Chaurin, V.; O'Kennedy, B.; Kelly, P. 2012. Influence of dairy proteins on textural changes in high-protein bars. *International Dairy Journal*, 26:58-65.
- Hogenkamp, P.; Stafleu, A.; Mars, M.; Brumstrom, J.; De Graaf, C. 2011. Texture, not flavor, determines expected satiation of dairy products. *Appetite*, 57:635-641.
- Imtiaz, S. 2009. Protein blends raise the bar. *New Zealand Food Technology*, 44(3):8-15.
- Imtiaz, S.; Kuhn-Sherlock, B.; Campbell, M. 2012. Effect of dairy protein blends on texture of high protein bars. *Journal of Texture Studies*, 43:275–286.
- Jebb, S. 2007. Dietary determinants of obesity. *Obesity reviews*, 8 (1):93–97.
- Lassoued, N.; Delarue, J.; Launay, B.; Michon, C. 2008. Baked product texture: Correlations between instrumental and sensory characterization using flash profile. *Journal of Cereal Science*, 48:133-143.
- Layman, D.; Boileau, R.; Erickson, D.; Painter, J.; Shiue, H.; Sather, C. 2003. A reduced ratio of dietary carbohydrate to protein improves body composition and blood lipid profiles during weight loss in adult women. *Journal of Nutrition*, 133:411-417.

- Lee, C.; Vickers, Z. 2008. The astringency of whey protein beverages is caused by their acidity. *International Dairy Journal*, 18:1153-1156.
- Lejeune, M.; Kovacs, E.; Westerterp, M. 2005. Additional protein intake limits weight regain after weight loss in humans. *British Journal of Nutrition*, 93:281-289.
- Lobato, C.; Aguirre, E.; Vernon, E.; Sánchez, J. 2000. Viscoelastic properties of white fresh cheese Willed with sodium caseinate. *Journal of Texture Studies*, 31, 379–390.
- Lobato, C.; Reyes, J.; Beristain, C.; Hornelas, Y.; Sánchez, J.; Vernon, E. 2007. Microstructure and texture of white fresh cheese made with canola oil and whey protein concentrate in partial or total replacement of milk fat. *Food Research International* 40:529–537.
- Marinova, K.; Basheva, E.; Nenova B.; Temelska, M.; Mirarefi, A.; Campbell, B.; Ivanov, I. 2009. Physico-chemical factors controlling the foamability and foam stability of milk proteins: Sodium caseinate and whey protein concentrates. *Food Hydrocolloids*, 23: 1864–1876.
- Mishra, S.; Mann, B.; Joshi, V. 2001. Functional improvement of whey protein concentrate on interaction with pectin. *Food Hydrocolloids*, 15 (2001) 9-15.
- Moussaoui, K. ; Varela, P. 2010. Exploring consumer product profiling techniques and their linkage to a quantitative descriptive analysis. *Food Quality and Preference*, 21:1088-1099.
- Paddon, D.; Westman, E.; Mattes, R.; Wolfe, R.; Astrup, A.; Westerterp, M. 2008. Protein, weight management, and satiety. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 87:1558S–15561S.
- Pérez, A.; Carrara, C.; Carrera, C.; Juan, S.; Santiago; L. 2009. Interactions between milk whey protein and polysaccharide in solution. *Food Chemistry*, 116:104–113.
- Pérez, S.; Matta, E.; Osella, C.; De la Torre, M.; Sánchez, H. 2013. Effect of soy flour and whey protein concentrate on cookie color. *Food Science and Technology*, 50:120-125.
- Sandoval, O.; Lobato, C.; Aguirre, E.; Vernon, E. 2004. Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers. *International Dairy Journal*, 14:151–159.
- Sano, H.; Egashira, T.; Kinekawa, Y.; Kitabatake, N. 2005. Astringency of bovine milk whey protein. *Journal Dairy of Science*, 88:2312-3217.
- Skov, A.; Toubro, S.; Ronn, B.; Holm, L.; Astrup, A. 1999. Randomized trial on protein vs carbohydrate in ad libitum fat reduced diet for the treatment of obesity. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 23:528-536.
- Tarea, S.; Cuvelier, G.; Sieffermann, J. 2007. Sensory evaluation of the texture of 49 commercial apple and pear purees. *Journal of Food Quality*, 30:1121-1131.
- Teixeira, M.; Rodrigues, V.; Berger, E.; Mota, A.; Minim, L. 2012a. Whey protein concentrate improves the sensory quality of free-fat dairy desserts. *Ciência Rural*, 42(12):2272-2279.
- Teixeira, M.; Rodrigues, V.; Mota, A.; Berger E.; Martins, M.; Camilloto, G.; Minim, L. 2012b. Efeito do concentrado protéico de soro na textura de sobremesas lácteas sem gordura: medidas sensorial e instrumental ó Effect of whey protein concentrate on texture of fat-free desserts: sensory and instrumental measurements. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*, 32(2):412-418.
- Thuwapanichayanan, R.; Prachayawarakorn S.; Soponronnarit, S. 2012. Effects of foaming agents and foam density on drying characteristics and textural property of banana foams. *Food Science and Technology*, 47:348-357.
- Unal, G.; Dinkci, N.; Hayaloglu, A. 2012. Microstructural, textural, and sensory characteristics of probiotic yogurts fortified with sodium calcium caseinate or whey protein concentrate. *Journal of Dairy Science*, 95:3617-3628.
- UNE 87-004-79. Análisis Sensorial. Guía para la instalación de una sala de cata. Diciembre de 1979. Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (IRANOR).
- Vardhanabhuti, B.; Kelly, M.; Luck, P.; Drake, M.; Foegeding, E. 2010. Roles of charge interactions on astringency of whey proteins at low pH. *Journal of Dairy Science*, 93(5):1890-1899.
- Varela, P.; Ares, G. 2012. Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. *Food Research International*, 48:893-908.
- Weeks, E. R. 2007. Soft jammed materials. En: S. Maruyama, S., Tokuyama, M. (Eds). *Statistical physics of complex fluids*. Tohoku University Press, Sendai, Japan, 80-87.

- Weigle, D.; Breen, P.; Matthys, C.; Callahan, H.; Meeuws, K.; Burden, V.; Purnell, J. 2005. A high-protein diet induces sustained reductions in appetite, ad libitum caloric intake, and body weight despite compensatory changes in diurnal plasma leptin and ghrelin concentrations. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 82:41–48.
- Westerterp, M.; Lejeune, M.; Nijs, I.; van, O.; Kovacs, E. 2004. High protein intake sustains weight maintenance after body weight loss in humans. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 28:57-64.
- Westerterp, M.; Lemmens, S.; Westerterp, K. 2012. Dietary protein – its role in satiety, energetics, weight loss and health. *British Journal of Nutrition*, 108:S105–S112.
- Wycherley, T.; Buckley, J.; Noakes, M.; Clifton, P.; Brinkworth, G. 2013. Comparison of the effects of weight loss from a high-protein versus standard-protein energy-restricted diet on strength and aerobic capacity in overweight and obese men. *European Journal of Nutrition*, 52:317–325.
- Ye, A.; Streicher, C.; Singh, H. 2011. Interactions between whey proteins and salivary proteins as related to astringency of whey protein beverages at low pH. *Journal of Dairy Science*, 94:5842-5850.