

## Efecto del aceite de orégano en las propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales del queso panela

Niriel Sánchez-Zamora <sup>a</sup>

Mónica Dinorah Cepeda-Rizo <sup>a</sup>

Katty Lorena Tamez-Garza <sup>a</sup>

Beatriz Adriana Rodríguez-Romero <sup>a</sup>

Sugey Ramona Sinagawa-García <sup>a</sup>

Alejandro Isabel Luna Maldonado <sup>a</sup>

Emmanuel Flores-Girón <sup>b</sup>

Gerardo Méndez-Zamora <sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. Francisco Villa s/n, Ex-Hacienda El Canadá. 66050, General Escobedo, Nuevo León, México.

<sup>b</sup> Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Estado de México, México.

\* Autor de correspondencia: [gerardo.mendezm@uanl.edu.mx](mailto:gerardo.mendezm@uanl.edu.mx); [mezage@hotmail.com](mailto:mezage@hotmail.com)

### Resumen:

Los aceites esenciales obtenidos de plantas están siendo usados en la industria alimentaria debido a su efectividad antimicrobiana, antioxidante y sensorial. En esta investigación se evaluó el efecto del aceite esencial de orégano (AEO) en la elaboración del queso panela (QP) sobre sus propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales en 15 días. Tres tratamientos se establecieron: testigo (QP1), AEO en 0.05 g/L (QP2) y 0.10 g/L de leche (QP3). El pH de los quesos fue mayor ( $P < 0.05$ ) al día 1 y menor al día 15, y la acidez menor

en QP2 al día 1 y en QP3 al día 4. La luminosidad al día 1 fue mayor ( $P<0.05$ ) en QP2 y menor en QP1. La dureza aumentó ( $P<0.05$ ) en QP1 y disminuyó en QP2 al día 1 y 8. El pH, acidez y textura del queso se mantienen con 0.05 g AEO/L, y con 0.1 g AEO/L leche mejora la aceptación sensorial.

**Palabras clave:** Esencial, Calidad, Color, Leche, Atributos.

Recibido: 18/12/2019

Aceptado: 12/05/2021

La producción de queso fresco tipo panela en México ha aumentado en los últimos años. En el 2018 se reportó una producción nacional de 51.34 mil toneladas de queso panela, las cuales generaron \$2.96 millones, y en 2019 la producción fue de 52.10 mil toneladas y un valor económico de \$3.07 millones<sup>(1)</sup>. La leche y sus derivados son importantes por el aporte nutrimental en la mayoría de los humanos, siendo el queso uno de los productos básicos en la dieta de la población. El queso panela es un producto de consumo popular en México, de color blanco y forma tronco-cónica invertida<sup>(2)</sup>, características similares al queso feta Griego<sup>(3)</sup>.

No obstante, los quesos pueden presentar procesos bioquímicos como la lipólisis y proteólisis, y elevada actividad de agua, que los hace susceptibles a la oxidación y deterioro microbiológico, disminuyendo su vida de anaquel<sup>(4)</sup>. Además, el queso se considera un alimento muy perecedero y debe ser almacenado a una temperatura menor de 5 °C<sup>(5)</sup>. Alternativas para incrementar la vida de anaquel en quesos frescos han sido los carbonatos, citratos, gomas, sorbatos y propionatos<sup>(6)</sup>, que reducen la actividad del agua, regulan la acidez, estabilizan y conservan el queso. Sin embargo, en la actualidad el consumidor busca quesos sin conservadores o libres de productos químicos que puedan afectar su salud, por lo que aditivos naturales como los aceites esenciales (AE) de plantas aromáticas podrían ser una opción en la conservación. Las propiedades antioxidantes y antimicrobianas del aceite esencial de orégano (AEO) retardan la oxidación de los alimentos, manteniendo sus propiedades fisicoquímicas y mejoran su vida útil, lo que causa una aceptación de los consumidores<sup>(4)</sup>. A la fecha, los estudios en quesos o productos lácteos con el uso de AE como agente conservante son escasos<sup>(7)</sup>. Los AEO y romero demuestran un efecto positivo contra la oxidación lipídica y fermentación de quesos preparados con una base de crema<sup>(7)</sup>; además, la adición de AEO en el queso cottage orgánico disminuyó el proceso de deterioro de los parámetros de calidad durante el almacenamiento, lo que indica su uso como conservador natural en los alimentos perecederos<sup>(4)</sup>.

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del aceite esencial de orégano (AEO; *Lippia berlandieri* Schauer) durante la elaboración del queso panela sobre sus propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales en 15 días de almacenamiento a 4 °C.

Un diseño completamente al azar de tres tratamientos (queso panela; QP) se empleó en este estudio, donde el AEO fue usado en concentraciones de 0.05 y 0.10 g de AEO/L de leche en la elaboración de queso panela: QP1= queso panela testigo (sin AEO); QP2= queso panela + 0.05 g AEO/L leche; y QP3= queso panela + 0.10 g AEO/L leche. El AEO fue adquirido de la empresa Natural Solutions SMI (Jiménez, Chihuahua, México). La composición del AEO se determinó por cromatografía de gases (PerkinElmer Clarus 600 and SQ8 GC/MS; PerkinElmer Inc., Waltham, MA, USA) de acuerdo al método de Vazquez y Dunford<sup>(8)</sup>, siendo los constituyentes principales 60.0 % carvacrol, 16.1 % cimeno, 5.4 % terpineno y 3.4 % timol. El AEO se emulsificó con Tween20 en una relación 50:50 (AEO:emulsificante) para incorporarlo en la leche. El establecimiento de esta relación AEO:emulsificante se obtuvo a partir de pruebas preliminares: el AEO se mezcló con el emulsificante y se agitó manualmente durante 3 min; la mezcla se almacenó a 26 °C durante 10 días, considerando inestabilidad de la emulsión cuando se observó una capa cremosa, aceitosa o gotas de aceite. La norma general para los aditivos alimentarios<sup>(9)</sup> se consideró para establecer el límite máximo (80 mg/kg) del Tween 20 (monalaurato de sorbitán polioxietilado (2)) en los quesos no madurados (número 01.6.1; nota 38-sobre la base de la mezcla que se ha de descremar).

Cada tratamiento involucró dos réplicas de queso por tratamiento y periodo (1, 4, 8 y 15 días; 24 quesos totales). Para cada queso se usaron 3.5 l de leche comercial pasteurizada (Comercializadora de Lácteos y Derivados, S.A. de C.V.), con una composición (g/100 ml): 3.12 proteína, 3.32 grasa, 4.80 carbohidratos, 0.046 Na y 0.116 Ca. Las variables estudiadas se evaluaron cuatro veces por cada réplica (n= 8 periodo/tratamiento) a los días 1, 4, 8 y 15.

La elaboración del queso panela se realizó de acuerdo al proceso establecido por Villegas de Gante y Santos Moreno<sup>(10)</sup>. La leche comercial de cada réplica fue ajustada a una temperatura de 34 °C, el CaCl<sub>2</sub> (15 g/100 L leche; disuelto en agua purificada) se adicionó lentamente a la leche con agitación constante. La adición del AEO emulsificado en QP2 y QP3 se realizó después de la incorporación del CaCl<sub>2</sub>, mezclándolo lentamente durante 2 min. Después, el cuajo (CUAMIX<sub>M.R.</sub>, CHR HANSEN de México S.A. de C.V., CDMX, México; 15 mL/100 L leche; diluido en agua purificada) se adicionó a la leche lentamente con agitación constante durante 1 min y se dejó reposar durante 40 min para el cuajado de la leche. Enseguida, la cuajada se cortó en cubos (1 cm<sup>3</sup>), reposando 5 min y se agitó lentamente elevando la temperatura a 38 °C por 2 min, y después de reposar 5 min, la masa de queso se obtuvo mediante un desuerado parcial (2/3 del suero fue retirado). Así, el salado (600 g de NaCl/100 L leche) se efectuó, incorporando la sal lentamente con agitación constante y lenta.

Posteriormente, el moldeado por autoprensado se realizó en moldes cilíndricos de plástico, volteando el queso cada 30 min, dos veces por cada lado. Finalmente, el queso se pesó, empacó al vacío, se codificó (réplica/tratamiento/periodo) y se refrigeró a 4 °C hasta su evaluación a los 1, 4, 8 y 15 días.

Las variables fisicoquímicas evaluadas fueron los pesos de los quesos (PQ), la pérdida de peso (%PPQ), pH, acidez titulable y color. El PQ fue determinado en los 24 quesos (ocho quesos/tratamiento; considerado como el tiempo cero); durante el almacenamiento, los quesos fueron distribuidos aleatoriamente. Posteriormente, los pesos de los quesos se tomaron a los días 1, 4, 8 y 15 para calcular el %PPQ  $[(PQ_{inicial}-PQ_{final})/PQ_{inicial}]*100$ . El pH se determinó con un electrodo de punción (Orion 3 star ThermoFisher Scientific, Pittsburgh, PA, U.S.A.) en 50 g de queso (cuatro puntos) en cada una de las réplicas de cada tratamiento. La acidez titulable (AT) se determinó de acuerdo al método establecido de Sanz *et al*<sup>(11)</sup> con modificaciones en la preparación de la muestra: 1 g de QP fue macerado totalmente en 10 g de agua destilada, posteriormente 9 g de la mezcla fueron tomados, colocándoles tres gotas de fenoltaleína y titulados con NaOH (0.1 M).

La siguiente fórmula se utilizó para calcular la AT (g ácido láctico por 100 g de producto) =  $(V \times 0.9)/m$ ; donde  $V$  es el volumen (ml) de 0.1 M hidróxido de sodio,  $m$  es la masa (en gramos) de la muestra y 0.9 es el factor de conversión del ácido láctico. Los parámetros de color: luminosidad ( $L^*$ ), tendencia al rojo ( $a^*$ ), tendencia al amarillo ( $b^*$ ), ángulo de Hue y Chroma (Chro; saturación) se midieron con un colorímetro CR-400 (Konica Minolta®, Tokyo, Japón), basado en el sistema CIE Lab<sup>(12)</sup>. Cada una de las pruebas se realizó ocho veces en cada tratamiento por periodo.

La fuerza de corte (FzaC) y el análisis del perfil de textura (APT) se realizaron en cuatro muestras de queso/réplica de cada tratamiento/periodo ( $n= 8$  muestras/tratamiento/periodo) con un texturómetro (TA.XT.Plus, Stable Micro Systems Serrey, England) a los días 1, 8 y 15. En la FzaC una navaja Warner-Bratzler de 3 mm con triángulo invertido se usó para realizar el corte en muestras rectangulares estandarizadas a 1 cm ancho, 1 cm alto y 3.5 cm largo. Las condiciones de prueba fueron velocidad pre-prueba 1.0 mm  $\text{seg}^{-1}$ , durante prueba 2.0 mm  $\text{seg}^{-1}$  y post-prueba de 10.0 mm  $\text{seg}^{-1}$ . La FzaC se obtuvo del punto máximo de la curva generada. En el APT, las muestras (8 °C) se estandarizaron a 1.5 cm de altura y 2.5 cm de diámetro, sometidas a una compresión del 50 % de su altura usando un pistón cilíndrico (75 mm diámetro). Las condiciones de prueba fueron velocidad pre-prueba de 2 mm  $\text{seg}^{-1}$ , en prueba 2 mm  $\text{seg}^{-1}$  y post-prueba 5 mm  $\text{seg}^{-1}$ , con un tiempo de 5 seg entre ciclos. Curvas de deformación fueron obtenidas de dos ciclos de compresión para obtener los parámetros de dureza (Newton; N), adhesividad (g  $\text{seg}^{-1}$ ), elasticidad (mm), cohesividad (adimensional), gomosidad (g), masticabilidad (g  $\text{mm}^{-1}$ ) y resistencia (adimensional), definidos de acuerdo a Bourne<sup>(13)</sup>, e implementados por Lobato-Calleros *et al*<sup>(14)</sup> y Salinas-Valdés *et al*<sup>(15)</sup>.

Una evaluación sensorial afectiva por atributos se realizó a los días 1, 4, 8 y 15 con 20 panelistas ( $n= 20$  por periodo) semientrenados y consumidores habituales de queso. Cada consumidor recibió aleatoriamente cuatro cubos de queso de  $1 \text{ cm}^3$  a  $8 \text{ }^\circ\text{C}$ , colocados en vasos de plástico transparentes codificados con tres dígitos aleatorios. Los atributos evaluados fueron color blanco, olor, sabor, blandura y aceptabilidad global. Una escala hedónica de 5 puntos se usó en la evaluación, donde 5 me gusta mucho, 4 me gusta, 3 ni me gusta ni me disgusta, 2 me disgusta y 1 me disgusta mucho<sup>(16,17)</sup>.

El arreglo de los datos fue mediante un diseño completamente al azar y analizados con el procedimiento GLM de SAS<sup>(18)</sup> considerando el siguiente modelo estadístico:

$$y_{ij} = \mu + T_i + \delta_j + (T\delta)_{ij} + \epsilon_{ij};$$

Donde:

$y_{ijk}$  = variables fisicoquímicas, textura y sensoriales evaluadas a través del tiempo;

$\mu$  = media general;

$T_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento (QP1, QP2 y QP3);

$\delta_j$  = efecto del  $j$ -ésimo día de evaluación (1, 4, 8 y 15 días);

$(T\delta)_{ij}$  = efecto de la interacción entre el  $i$ -ésimo tratamiento y el  $j$ -ésimo día;

$\epsilon_{ijk}$  = error aleatorio distribuido en forma normal con media y varianza [ $\epsilon_{ij} \sim N(\mu, \sigma^2)$ ].

Del análisis de varianza obtenido, un valor de probabilidad menor a 0.05 ( $P<0.05$ ) fue considerado para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ; igualdad de tratamientos, días e interacción;  $\alpha= 0.05$ ). Cuando existió efecto de los factores fijos y la interacción, las medias se compararon con la instrucción  $\text{adjust} = \text{tukey}$ <sup>(18)</sup>.

La pérdida de suero, el pH y la acidez titulable (AT) son parámetros usados para evaluar la calidad de los quesos en conservación. El Cuadro 1 muestra la variación del peso, pH y AT de quesos formulados con leche tratada con 0.05 (QP2) y 0.10 (QP3) g AEO a los 15 d de conservación. El efecto de la interacción de los tratamientos con el tiempo (días) sobre peso, pH y AT fueron diferentes ( $P<0.05$ ). El peso de QP2 fue mayor al día 1 y QP3 al día 15. Al día 1, los valores de pH incrementaron ( $P<0.05$ ) y al día 15 decrecieron ( $P<0.05$ ). El %PPQ no fue diferente ( $P>0.05$ ) entre tratamientos y días. La liberación de agua durante la producción comercial de queso es conocida como sinéresis, y depende del pH, temperatura, sal, composición de la leche y los pre-tratamientos<sup>(19)</sup>. El queso panela almacenado a  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  pierde agua (lactosuero) que es considerada como sinéresis. En consecuencia, la pérdida de peso se afecta cuando son tratados con algún aditivo. Esto pudo apreciarse en las diferencias del peso de los QP, los cuales fueron menores en QP1 en el tiempo (15 días). Asimismo, el %PPQ presentó una tendencia en el tiempo ( $\delta_j$ ;  $P=0.0592$ ) pero no así en tratamientos ( $T_i$ ;  $P=0.2553$ ). Estos resultados mostraron que la adición de AEO no modifica la sinéresis en los quesos (%PPQ) durante su almacenamiento.

**Cuadro 1:** Comportamiento del peso, pH y acidez titulable en quesos elaborados con leche tratada con aceite de orégano en 15 días de almacenamiento

Tratamientos (T <sub>i</sub> ) <sup>1</sup> /Días (δ <sub>j</sub> )	Variables <sup>2</sup>			
	Peso (g)	%PPQ	pH	AT
1 día				
QP1	183.50 <sup>b;AB</sup>	5.39	6.41 <sup>A</sup>	0.016 <sup>a;BC</sup>
QP2	223.00 <sup>a;A</sup>	3.88	6.42 <sup>A</sup>	0.014 <sup>a;C</sup>
QP3	199.50 <sup>b;AB</sup>	5.91	6.42 <sup>A</sup>	0.016 <sup>a;BC</sup>
4 días				
QP1	204.00 <sup>a;AB</sup>	5.78	6.32 <sup>B</sup>	0.019 <sup>a;B</sup>
QP2	202.00 <sup>a;AB</sup>	5.40	6.31 <sup>B</sup>	0.018 <sup>a;B</sup>
QP3	184.50 <sup>a;AB</sup>	5.87	6.36 <sup>AB</sup>	0.014 <sup>a;C</sup>
8 días				
QP1	179.50 <sup>a;AB</sup>	6.03	6.28 <sup>B</sup>	0.028 <sup>a;B</sup>
QP2	196.00 <sup>a;AB</sup>	5.55	6.29 <sup>B</sup>	0.025 <sup>a;B</sup>
QP3	177.00 <sup>a;AB</sup>	5.60	6.31 <sup>B</sup>	0.029 <sup>a;B</sup>
15 días				
QP1	173.00 <sup>a;B</sup>	7.80	5.68 <sup>C</sup>	0.044 <sup>a;A</sup>
QP2	177.00 <sup>a;AB</sup>	6.81	5.73 <sup>C</sup>	0.040 <sup>a;A</sup>
QP3	182.00 <sup>a;AB</sup>	5.70	5.66 <sup>C</sup>	0.029 <sup>b;B</sup>
EEM	6.14	0.68	0.01	0.002
<i>P</i> -value				
T <sub>i</sub>	0.0094	0.2553	0.2858	0.0109
δ <sub>j</sub>	0.0013	0.0592	< 0.0001	< 0.0001
(Tδ) <sub>ij</sub>	0.0383	0.3793	0.0124	0.0025

<sup>1</sup> QP1= queso panela control (sin AEO); QP2= queso panela + 0.05 g AEO/L leche; y QP3= queso panela + 0.10 g AEO/L leche. EEM= error estándar de la media; T<sub>i</sub>= efecto del i-ésimo tratamiento; δ<sub>j</sub>= efecto del j-ésimo día de evaluación (1, 4, 8 y 15 días); (Tδ)<sub>ij</sub>= efecto de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo día.

<sup>2</sup> %PPQ= pérdida del peso quesos; AT= acidez titulable (g ácido láctico/100 g producto).

<sup>a-b</sup> Medias en la misma columna, entre tratamientos y en diferentes tiempos con diferentes superíndices difieren significativamente ( $P < 0.05$ ).

<sup>A-C</sup> Medias en la misma columna, para todos los tratamientos y días con diferentes superíndices difieren significativamente ( $P < 0.05$ ).

El pH de los QP disminuyó ( $P<0.05$ ) a través del tiempo, siendo más ácidos para el día 15. Contrariamente, la AT fue mayor ( $P<0.05$ ) al día 15, y ésta fue menor ( $P<0.05$ ) en el QP3 (0.10 g de AEO) y mayor ( $P<0.05$ ) en el QP1. El pH en el centro del queso panela se encuentra entre 6.4 y 5.94 del día 1 al 15<sup>(2)</sup>; estos valores son similares a los obtenidos del QP1 al QP3 a los 15 días. El descenso del pH es debido a la producción de ácido láctico por las bacterias y contribuyen con el aroma y textura<sup>(3)</sup>. Esto podría explicar la disminución del pH de QP1, QP2 y QP3 debido al ácido láctico producido a los 4, 8 y 15 días. La acidez titulable (AT) fue similar en los días 1 y 4 (valores más bajos) y a través del tiempo fue aumentando. En un estudio realizado por Buriti *et al*<sup>(20)</sup> en quesos frescos con *Lactobacillus acidophilus* a los 1, 7, 14 y 21 días indicó que el incremento de la AT es un proceso natural causado por la producción continua de ácido láctico y ácidos orgánicos. Esto explica los valores altos obtenidos de AT a los 15 días en los QP.

En este contexto, el carvacrol y timol son componentes bioactivos del AEO que desintegran la membrana externa de las bacterias y aumenta la permeabilidad de la membrana citoplásmica haciendo que la célula muera<sup>(21)</sup>. Los aceites esenciales comúnmente exhiben mayores propiedades inhibitorias contra bacterias Gram-positivas que Gram-negativas debido a la barrera de lipopolisacáridos en la membrana externa de bacterias Gram-negativas<sup>(21)</sup>. Estas inferencias explican los valores altos de AT obtenidos al día 15 y los menores en el QP3, debido al efecto del AEO (timol y carvacrol) como inhibidor de bacterias ácido lácticas durante el almacenamiento.

La evolución del color de los quesos panela con aceite de orégano se aprecia en el Cuadro 2. El efecto de los tratamientos durante el tiempo ( $(T\delta)_{ij}$ ) no fue significativo ( $P>0.05$ ) en el color de los quesos. El efecto del tratamiento fue significativo ( $P<0.05$ ) en la luminosidad ( $L^*$ ). En el día 1, QP1 fue menos ( $P<0.05$ ) luminoso y QP2 más ( $P<0.05$ ) luminoso. Después  $L^*$  fue igual en los tratamientos a los días 4, 8 y 15. El efecto del tiempo (1, 4, 8 y 15 días) sobre  $a^*$ ,  $b^*$ , Hue y Chroma fue altamente significativo ( $(T\delta)_{ij}$ ;  $P<0.001$ ). En este sentido, los resultados en  $a^*$  fueron los esperados (cerca de cero) porque el queso es de color blanco y no hay una tendencia a verde o a rojo. Por otro lado, los incrementos de los valores de  $b^*$  indican que los pigmentos presentes en el AEO como los monoterpenos fenólicos (carvacrol)<sup>(22)</sup> y la maduración influyeron sobre  $b^*$  (tendencia a amarillo). En consecuencia, los valores del índice de saturación y tonalidad del queso fueron afectados y variaron al día 15 ( $b^* > a^*$ ).

**Cuadro 2:** Evaluación del color de quesos elaborados con leche tratada con aceite de orégano en 15 días de preservación

Tratamientos (T <sub>i</sub> ) <sup>1</sup> /Días (δ <sub>j</sub> )	Variables de color <sup>2</sup>				
	L*	a*	b*	Hue	Chroma
1 día					
QP1	99.61 <sup>b</sup>	-0.41	9.78	91.24	9.78
QP2	100.00 <sup>a</sup>	-0.31	9.28	92.15	9.28
QP3	99.99 <sup>ab</sup>	-0.34	9.36	92.23	9.34
4 días					
QP1	99.48 <sup>a</sup>	0.06	9.51	89.58	9.51
QP2	99.83 <sup>a</sup>	-0.06	9.19	90.44	9.20
QP3	99.79 <sup>a</sup>	0.01	9.23	89.84	9.24
8 días					
QP1	99.88 <sup>a</sup>	-0.14	10.23	90.81	10.23
QP2	100.00 <sup>a</sup>	-0.23	10.11	91.55	10.11
QP3	100.00 <sup>a</sup>	-0.23	10.48	91.49	10.48
15 días					
QP1	99.54 <sup>a</sup>	0.03	9.84	89.65	9.84
QP2	99.98 <sup>a</sup>	-0.04	10.05	90.08	10.05
QP3	99.88 <sup>a</sup>	0.26	9.86	88.25	9.88
EEM	0.13	0.10	0.17	0.71	0.17
<i>P</i> -value					
T <sub>i</sub>	0.0008	0.4944	0.3255	0.2965	0.3340
δ <sub>j</sub>	0.0844	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
(Tδ) <sub>ij</sub>	0.9110	0.5553	0.2466	0.6935	0.2377

<sup>1</sup> QP1= queso panela control (sin AEO); QP2= queso panela + 0.05 g AEO/L leche; y QP3= queso panela + 0.10 g AEO/L leche. EEM= error estándar de la media; T<sub>i</sub>= efecto del i-ésimo tratamiento; δ<sub>j</sub>= efecto del j-ésimo día de evaluación (1, 4, 8 y 15 d); (Tδ)<sub>ij</sub>= efecto de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo día.

<sup>2</sup> L\*= luminosidad; a\*= tendencia al color rojo; b\*= tendencia al color amarillo; Hue: ángulo Hue; Chroma= índice de saturación.

<sup>a-b</sup> Medias en la misma columna, entre tratamientos y en diferentes tiempos con diferentes superíndices difieren significativamente ( $P < 0.05$ ).

El análisis de textura de los quesos panela tratados con aceite de orégano se presentan en el Cuadro 3. El efecto de la interacción de tratamientos con días fue significativo ((Tδ)<sub>ij</sub>;  $P < 0.05$ ) sobre cohesividad y resistencia. Los valores de estas variables al día 1 fueron los más altos ( $P < 0.05$ ) para QP2 y al día 8 resultaron menores ( $P < 0.05$ ) en QP1. El efecto de los tratamientos fue significativo (T<sub>i</sub>;  $P < 0.05$ ) sobre FzaC, dureza, gomosidad y masticabilidad. A los días 1 y 8, QP1 presentó la mayor FzaC y dureza, mientras que en QP2 fueron los valores más bajos. A los 15 días, QP2 presentó la FzaC más baja ( $P < 0.05$ ) y QP3 la menor ( $P < 0.05$ ) dureza. La gomosidad y masticabilidad en el tiempo (1, 8 y 15 días) fueron mayores

en QP1 que en QP2. En un queso fresco estudiado por Lobato-Calleros *et al*<sup>(23)</sup> en queso fresco a los 3 días presentó dureza, elasticidad y cohesividad parecidos al QP en el día 1, debido a la reducción del contenido graso en la formulación, provocando que más zonas proteicas no sean interrumpidas en la estructura del queso y refleja más dureza<sup>(23)</sup>. El aumento de la fracción proteica ha sido asociado con un incremento en la firmeza de los quesos y un esfuerzo elevado para la deformación, donde los glóbulos grasos ocluidos en la matriz de caseínas, ocupan un espacio intersticio determinado y actúan como un extensor de la red<sup>(23)</sup>. Esto puede explicar la menor dureza de los quesos con AEO medidos al día 8 y 15. También esto implica que el AEO ocupe los espacios intersticios en la red proteica del queso que mantiene la suavidad del producto a través del tiempo. En otro estudio<sup>(24)</sup> en quesos bajos en grasa a los 2 días sobre dureza y cohesividad, sus valores fueron similares al QP3. Por otro lado, los cambios proteolíticos y fisicoquímicos del QP a los 15 días demostraron los valores altos de dureza y masticabilidad<sup>(2)</sup>. Los resultados del presente estudio indican que la adición de AEO (QP2 y QP3) redujo los valores de textura porque el testigo (QP1) obtuvo los valores altos a los 8 y 15 días. Adicionalmente, en el estudio de Salinas-Valdés *et al*<sup>(15)</sup> se indicó que las proteínas contribuyen con la dureza de los quesos porque representan la fase sólida continua del producto. Inclusive, la proteólisis y lipólisis en los quesos durante su almacenamiento son controlados por aditivos naturales con propiedades antioxidantes y antimicrobianas como el AEO; por lo tanto, retardan el deterioro y conservan la textura del producto.

**Cuadro 3:** Comportamiento del análisis de textura en quesos elaborados con leche tratada con aceite de orégano en 15 días de almacenamiento

Tratamiento (T <sub>i</sub> ) <sup>1</sup> /Días (δ <sub>j</sub> )	FzaC (kg <sub>f</sub> ) <sup>2</sup>	Dureza (N)	Adhesividad (g s <sup>-1</sup> )	Elasticidad (mm)	Cohesividad	Gomosidad (g)	Masticab (g mm <sup>-1</sup> )	Resistencia
1 día								
QP1	0.8109 <sup>a</sup>	5.48 <sup>a</sup>	-7.99	0.86	0.71 <sup>a;A</sup>	3.91 <sup>a</sup>	3.40 <sup>a</sup>	0.33 <sup>a;AB</sup>
QP2	0.6891 <sup>b</sup>	4.23 <sup>c</sup>	-6.12	0.87	0.75 <sup>a;A</sup>	3.20 <sup>b</sup>	2.81 <sup>b</sup>	0.38 <sup>a;A</sup>
QP3	0.7389 <sup>b</sup>	5.14 <sup>b</sup>	-2.13	0.86	0.73 <sup>a;A</sup>	3.76 <sup>b</sup>	3.24 <sup>b</sup>	0.36 <sup>a;AB</sup>
8 días								
QP1	0.8700 <sup>a</sup>	9.57 <sup>a</sup>	-11.71	0.85	0.65 <sup>a;B</sup>	6.16 <sup>a</sup>	5.29 <sup>a</sup>	0.27 <sup>b;C</sup>
QP2	0.7779 <sup>ab</sup>	7.50 <sup>c</sup>	-9.59	0.78	0.68 <sup>a;AB</sup>	4.92 <sup>b</sup>	4.09 <sup>b</sup>	0.31 <sup>a;B</sup>
QP3	0.8905 <sup>a</sup>	8.98 <sup>b</sup>	-9.51	0.85	0.66 <sup>a;B</sup>	5.94 <sup>b</sup>	5.09 <sup>b</sup>	0.29 <sup>a;BC</sup>
15 días								
QP1	0.8674 <sup>a</sup>	9.20 <sup>a</sup>	-7.78	0.85	0.70 <sup>a;A</sup>	6.41 <sup>a</sup>	5.48 <sup>a</sup>	0.32 <sup>a;B</sup>
QP2	0.8131 <sup>ab</sup>	8.33 <sup>b</sup>	-11.01	0.86	0.65 <sup>a;B</sup>	5.40 <sup>b</sup>	4.67 <sup>b</sup>	0.28 <sup>b;BC</sup>
QP3	0.8191 <sup>ab</sup>	7.98 <sup>c</sup>	-12.05	0.86	0.68 <sup>a;B</sup>	5.44 <sup>b</sup>	4.72 <sup>b</sup>	0.31 <sup>a;B</sup>
EEM	0.0295	0.48	1.78	0.024	0.012	0.28	0.26	0.013
<i>P</i> -value								
T <sub>i</sub>	0.0018	0.0038	0.6939	0.5144	0.7314	0.0004	0.0009	0.2148
δ <sub>j</sub>	0.0002	< 0.0001	0.0014	0.1840	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
(Tδ) <sub>ij</sub>	0.3163	0.4020	0.0786	0.2415	0.0032	0.4002	0.4047	0.0334

<sup>1</sup> QP1= queso panela control (sin AEO); QP2= queso panela + 0.05 g AEO/L leche; y QP3= queso panela + 0.10 g AEO/L leche. EEM= error estándar de la media; T<sub>i</sub>= efecto del i-ésimo tratamiento; δ<sub>j</sub>= efecto del j-ésimo día de evaluación (1, 4, 8 y 15 d); (Tδ)<sub>ij</sub>= efecto de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo día.

<sup>2</sup> FzaC: fuerza de corte (kg<sub>f</sub>); Masticab= masticabilidad.

<sup>a-c</sup> Medias en la misma columna, entre tratamientos y en diferentes tiempos con diferentes superíndices difieren significativamente ( $P < 0.05$ ).

<sup>A-C</sup> Medias en la misma columna, para todos los tratamientos y días con diferentes superíndices difieren significativamente ( $P < 0.05$ ).

Los atributos sensoriales de los alimentos cambian durante el almacenamiento de los alimentos. El efecto de los tratamientos en cada día (1, 4, 8 y 15 días) fue diferente ( $P < 0.05$ ) para olor, sabor, blandura y aceptabilidad global (Cuadro 4). De hecho, QP1 fue el más aceptado ( $P < 0.05$ ) y QP2 el menos ( $P < 0.05$ ) aceptado. Los efectos tratamientos, días y su interacción no afectaron ( $P > 0.05$ ) la preferencia del color blanco del queso. El AEO produce un mal sabor y un fuerte olor que ha limitado su uso como conservador en los alimentos pero mejoran su seguridad y vida útil<sup>(25)</sup>. Además, los aceites esenciales tienen un aroma intenso y su uso en altas concentraciones para compensar su interacción con los componentes de los alimentos podría provocar defectos sensoriales<sup>(21)</sup>. Lo anterior explica la menor aceptación de los atributos de los quesos elaborados con AEO (QP2 y QP3), que a partir del olor, sabor, blandura y aceptabilidad global presentaron las menores preferencias.

**Cuadro 4:** Atributos sensoriales de quesos elaborados con leche tratada con aceite de orégano en 15 días de conservación

Tratamiento (T <sub>i</sub> ) <sup>1</sup> /Días (δ <sub>j</sub> )	Atributos sensoriales <sup>2</sup>				
	Color blanco	Olor orégano	Sabor	Blandura	Aceptabilidad global
1 día					
QP1	4.60	4.25 <sup>a</sup>	4.40 <sup>a</sup>	4.45 <sup>a</sup>	4.32 <sup>a</sup>
QP2	4.60	3.60 <sup>b</sup>	3.00 <sup>b</sup>	4.05 <sup>b</sup>	3.30 <sup>b</sup>
QP3	4.50	3.90 <sup>ab</sup>	3.50 <sup>b</sup>	4.30 <sup>ab</sup>	3.50 <sup>b</sup>
4 días					
QP1	4.40	4.10 <sup>a</sup>	4.35 <sup>a</sup>	4.50 <sup>a</sup>	4.35 <sup>a</sup>
QP2	4.50	3.70 <sup>a</sup>	2.80 <sup>b</sup>	4.00 <sup>b</sup>	3.40 <sup>b</sup>
QP3	4.50	4.05 <sup>a</sup>	3.45 <sup>b</sup>	4.35 <sup>ab</sup>	3.80 <sup>b</sup>
8 días					
QP1	4.70	4.25 <sup>a</sup>	4.70 <sup>a</sup>	4.55 <sup>a</sup>	4.60 <sup>a</sup>
QP2	4.60	3.60 <sup>b</sup>	2.85 <sup>b</sup>	4.25 <sup>a</sup>	3.10 <sup>b</sup>
QP3	4.70	3.85 <sup>ab</sup>	3.30 <sup>b</sup>	4.35 <sup>a</sup>	3.45 <sup>b</sup>
15 días					
QP1	4.60	4.30 <sup>a</sup>	4.35 <sup>a</sup>	4.45 <sup>a</sup>	4.35 <sup>a</sup>
QP2	4.35	3.65 <sup>a</sup>	2.90 <sup>b</sup>	3.90 <sup>a</sup>	3.05 <sup>b</sup>
QP3	4.45	3.75 <sup>a</sup>	3.40 <sup>b</sup>	3.90 <sup>a</sup>	3.70 <sup>ab</sup>
EEM	0.14	0.19	0.23	0.19	0.21
<i>P</i> -value					
T <sub>i</sub>	0.8154	0.0001	< 0.0001	0.0055	< 0.0001
δ <sub>j</sub>	0.2381	0.9695	0.9387	0.2793	0.7909
(Tδ) <sub>ij</sub>	0.8935	0.9108	0.9178	0.9163	0.6979

<sup>1</sup> QP1= queso panela control (sin AEO); QP2= queso panela + 0.05 g AEO/L leche; y QP3= queso panela + 0.10 g AEO/L leche. EEM= error estándar de la media; T<sub>i</sub>= efecto del i-ésimo tratamiento; δ<sub>j</sub>= efecto del j-

ésimo día de evaluación (1, 4, 8 y 15 d);  $(T\delta)_{ij}$ = efecto de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo día.

<sup>2</sup> Escala hedónica 5 puntos, 5= me gusta mucho; 4= me gusta; 3= ni me gusta ni me disgusta; 2= me disgusta; 1= me disgusta mucho.

<sup>a-b</sup> Medias en la misma columna, entre tratamientos y en diferentes tiempos con diferentes superíndices difieren significativamente ( $P<0.05$ ).

El uso de 0.05 g AEO/L leche puede ser usado en el procesamiento y conservación de queso panela sin afectar las características fisicoquímicas, texturales y sensoriales. En la fuerza de corte y dureza, 0.1 g AEO/L leche presentó los valores bajos (más suaves) hasta el día 8, pero en el día 15 QP3 fue el más suave. Sensorialmente, el queso sin AEO y con 0.1 g AEO/L leche fueron los más aceptados en olor, sabor y blandura. Con los resultados obtenidos es posible usar alternativas naturales para procesar y conservar quesos frescos controlando los niveles de aceite esencial en la materia prima.

### Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

### Agradecimientos

Se agradece a la Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, por permitir el uso de los Laboratorios para la realización del estudio. También agradecer a la empresa Natural Solutions SMI (Jiménez, Chihuahua, México) por la donación del aceite esencial de orégano.

### Literatura citada:

1. INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México en Cifras: Banco de Información Económica (BIE). <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/?tm=0#divFV644629>. Consultado: Nov 25, 2019.
2. Guerra-Martínez JA, Montejano JG, Martín-del-Campo ST. Evaluation of proteolytic and physicochemical changes during storage of fresh Panela cheese from Queretaro, Mexico and its impact in texture. *CyTA-J Food* 2012;10(4):296-305.

3. González-Córdova AF, Yescas C, Ortiz-Estrada ÁM, de la Rosa-Alcaraz MA, Hernández-Mendoza A, Vallejo-Cordoba B. Invited review: Artisanal Mexican cheeses. *J Dairy Sci* 2016;99(5):3250-3262.
4. Asensio CM, Grosso NR, Juliani HR. Quality preservation of organic cottage cheese using oregano essential oils. *LWT-Food Sci Tech* 2015;60(2):664-671.
5. Teng D, Wilcock A, Aung M. Cheese quality at farmer's markets: observation of vendor practices and survey of consumer perceptions. *Food Control* 2003;15:579-587.
6. CXS 221-2001. Norma de grupo para el queso no madurado, incluido el queso fresco. Enmendada en 2018. <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/list-standards/es/>. Consultado: Nov 25, 2019.
7. Olmedo RH, Nepote V, Grosso NR. Preservation of sensory and chemical properties in flavoured cheese prepared with cream cheese base using oregano and rosemary essential oils. *LWT-Food Sci Tech* 2013;53:409-417.
8. Vazquez SR, Dunford TN. Bioactive components of Mexican oregano oil as affected by moisture and plant growth. *J Essent Oil Res* 2005;17(6):668-671.
9. CODEX STAN 192. Norma general para los aditivos alimentarios. Revisión 2019. <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/list-standards/es/>. Consultado: Feb 24, 2021.
10. Villegas de Gante A, Santos Moreno A. Manual básico para elaborar productos lácteos. 2nd ed. México, DF: Trillas SA de CV; 2016.
11. Sanz T, Salvador A, Jiménez A, Fiszman SM. Yogurt enrichment with functional asparagus fibre. Effect of fibre extraction method on rheological properties, colour, and sensory acceptance. *Eur Food Res Technol* 2008;227:1515-1521.
12. CIE. 1976. International Commission on Illumination. Colorimetry. <http://www.cie.co.at/>. Consultado: Nov 25, 2019.
13. Bourne MC. Food texture and viscosity: Concept and measurement. Geneva, New York. 2002.
14. Lobato-Calleros C, Ramos-Solís L, Santos-Moreno A, Rodríguez-Huezo ME. Microstructure and texture of panela type cheese-like products: use of low methoxyl pectin and canola oil as milk-fat substitutes. *Rev Mex Ing Quim* 2006;5:71-79.

15. Salinas-Valdés A, De la Rosa Millán J, Serna-Saldívar SO, Chuck-Hernández C. Yield and textural characteristics of panela cheeses produced with dairy-vegetable protein (soybean or peanut) blends supplemented with transglutaminase. *J Food Sci* 2015;80(12):S2950-S2956.
16. Anzadúa-Morales A. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Zaragoza, España: Acribia; 1994.
17. Meilgaard M, Civille GV, Carr TB. Sensory evaluation techniques. In: Meilgaard M, Civille GV, Carr TB editors, *Affective tests consumer tests and in-house panel acceptance tests*. 4th ed. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press. 2006:231-251.
18. SAS 9.1.3 Software. Institute Inc., Cary, North Carolina, USA. 2006.
19. Pearse MJ, Mackinlay AG. Biochemical aspects of syneresis: a review. *J Dairy Sci* 1989; 72:1401-1407.
20. Buriti F, Jaliana S, Susana S. Incorporation of *Lactobacillus acidophilus* in Minas fresh cheese and its implications for textural and sensorial properties during storage. *Int Dairy J* 2005;15:1279-1288.
21. Burt S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. *Int J Food Microbiol* 2004;94:223-253.
22. Khorshidian N, Yousefi M, Khanniri E, Mortazavian A. Potential application of essential oils as antimicrobial preservatives in cheese. *Innov Food Sci Emerg Technol* 2018;45:62-72.
23. Lobato-Calleros C, Reyes-Hernández J, Beristain CI, Hornelas-Uribe Y, Sánchez-García JE, Vernon-Carter EJ. Microstructure and texture of white fresh cheese made with canola oil and whey protein concentrate in partial or total replacement of milk fat. *Food Res Int* 2007;40(4):529-537.
24. Lobato-Calleros C, Lozano-Castañeda I, Vernon-Carter EJ. Textura y microestructura de quesos tipo panela bajos en grasa y en colesterol: diferentes metodologías. *Ing Agric Biosist* 2009;1(1):39-48.
25. Calo J, Crandall P, O'Bryan C, Ricke S. Essential oils as antimicrobials in food systems-a review. *Food Control* 2015;54: 111-119.