

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE CASEINATO DE SODIO Y GELATINA SOBRE LA VISCOSIDAD, SINÉRESIS Y TIEMPO DE FERMENTACIÓN EN YOGURT BATIDO

EFFECT OF THE ADDITION OF SODIUM CASEINATE AND GELATINE ON VISCOSITY, SYNERESIS AND FERMENTATION TIME IN STIRRED YOGURT

AUTORES

Robert Vera Benites¹

Antonio Rodríguez Zevallos²



RESUMEN

Se evaluó el efecto del caseinato de sodio (0.00, 1.00, 2.00 y 3.00%) y gelatina (0.00, 0.30 y 0.60%) sobre la viscosidad aparente, sinéresis y tiempo de fermentación en yogurt batido. Se usó 3% de cultivo láctico e incubación a 45 °C. La adición de caseinato de sodio y gelatina tuvieron efectos significativos sobre el tiempo de fermentación, sinéresis y viscosidad aparente. El yogurt batido con caseinato de sodio y gelatina mostró un comportamiento de fluido no newtoniano, del tipo plástico general. Al aumentar el nivel de gelatina y caseinato de sodio, el porcentaje de sinéresis disminuyó, el menor porcentaje se obtuvo con 3.00% de caseinato de sodio y 0.60% de gelatina. La viscosidad aparente aumentó con la concentración del caseinato de sodio y gelatina hasta 2,150 mPa.s. El tiempo de fermentación en el yogurt batido se redujo de 300 a 180 minutos con caseinato de sodio al 3.00% y gelatina al 0.30%.

Palabras claves: Tiempo de fermentación, caseinato de sodio, sinéresis y yogurt batido.

ABSTRACT

The effect of sodium caseinate (0.00, 1.00, 2.00 and 3.00%) and gelatine (0.00, 0.30 and 0.60%) on apparent viscosity, syneresis and fermentation time of stirred yogurt was evaluated. A 3.0 % of started culture and at 45 °C temperature incubation was used. The addition of sodium caseinate and gelatine had significant effects on apparent viscosity, syneresis and reduction of fermentation time. The stirred yogurt with sodium caseinate and gelatine showed a non-Newtonian fluid behavior and a general plastic type. At higher levels of gelatine and sodium caseinate, the percentage of syneresis decreased, showing the lowest value (31.22%) with 3.00% sodium caseinate and 0.60% gelatin. The apparent viscosity increased to 2150 mPa.s due to the combined effect of sodium caseinate and gelatine. The stirred yogurt with 3.00% sodium caseinate and 0.30% gelatine showed a decreasing fermentation time from an initial 300 min to a final value of 180 minutes.

Key words: Fermentation time, sodium caseinate, syneresis and stirred yoghurt.

¹Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego.

² Doctor en Ciencias Agrarias. Docente de la Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego.

I. INTRODUCCIÓN

La elaboración de yogurt tradicional se basa principalmente en la acidificación de la leche, debido a las bacterias ácido lácticas, las cuales se alimentan de la lactosa de la leche, generando ácido láctico; por consiguiente, se acidifica la leche disminuyendo el pH, llegando al punto isoeléctrico de la proteína (caseína), la cual coagula y se obtiene el yogurt. El yogurt puede ser de diferentes tipos, batido, aflanado, bebible, etc. Según Tamime y Robinson (1999), el proceso de acidificación necesario para llegar a un pH de 4.5 toma un tiempo de 6 horas, proceso tradicional en donde se obtiene un yogurt de calidad. En las industrias lácteas, el tiempo es de gran importancia, y la etapa de acidificación es la que mayor tiempo demanda; acelerar el proceso de fermentación, permitiría incrementar la utilidad de la producción.

El yogurt es un alimento importante, brinda al consumidor un balance satisfactorio en la flora intestinal con abundantes bacterias de origen intestinal, lo cual es fundamental para mantener la salud. Su grasa y proteína conjuntamente con los minerales brinda nutrientes vitales para el cuerpo humano. Investigaciones recientes comprueban que cepas lácticas probióticas ayudan a mejorar la inmunidad (resistencia a enfermedades), reducir los niveles de colesterol en la sangre, prevenir el cáncer colon rectal, por sus componentes de fibra dietética y otros aditivos que suelen ser agregados, ya que se comportan como agentes diuréticos y anticancerígenos, mejoran la tolerancia a la lactosa, reducen el riesgo de padecer alergias y ayudan a controlar la presión arterial (Campos y Gonzabay, 2007).

Las bacterias ácido lácticas cumplen un rol esencial en la elaboración de yogurt, por ende, deben de disponer de una suficiente cantidad de sustrato. Si se aumenta el nivel de inóculo en presencia de suficiente sustrato se produce la acidificación en menor tiempo (De Brabandere y De Baerdemaeker, 1999). Se evaluaron varios niveles de inóculo, estableciéndose que con 3 % se logró reducir el tiempo de fermentación.

La temperatura es un factor muy importante para la fermentación. El género *Streptococcus* presenta un desarrollo óptimo entre 42 y 45 °C y el *Lactobacillus* entre 40 y 43 °C, teniendo en cuenta que actúan en simbiosis y ambas se estimulan entre sí. Las investigaciones sobre el efecto de diferentes temperaturas de incubación (37, 40, 43 y 45 °C), determinaron que se logra reducir notablemente el

tiempo de fermentación al aumentar la temperatura, teniendo en cuenta que a temperaturas mayores de 45 °C las bacterias ácido lácticas disminuyen su poder de acidificación (Haque y otros, 2001).

El objetivo fue evaluar la influencia de la adición de caseinato de sodio y gelatina sobre la viscosidad, sinéresis y el tiempo de fermentación en el yogurt batido.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en el Laboratorio de Ciencia de los Alimentos y en la Planta Piloto de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

2.2. Materiales

Leche fresca, caseinato de sodio Armor Proteínas, gelatina de 280° Bloom Rousselot, cultivo láctico liofilizado para yogurt Lyofast Y 450 B (*Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*).

2.3. Elaboración de yogurt batido

Leche fresca se calentó hasta 40°C, luego se agregó el caseinato de sodio (0.00%, 1.00%, 2.00% y 3.00%) y gelatina de 280° Bloom (0.00%, 0.30% y 0.60%); se pasteurizó la leche a 80 °C durante 15 minutos, en seguida se enfrió a 45 °C. Luego, se procedió con la inoculación del cultivo (3 %). La incubación fue a 45°C, el proceso terminó al obtener un pH de 4.5. Posteriormente se enfrió a 10 °C, se batió manualmente, se envasó en potes de plástico Tipo PET de 1L y se almacenó a 4° C.

2.4. Métodos de análisis

• Evaluación de la sinéresis

La sinéresis se determinó a las 24 horas de elaboración del yogurt, siguiendo el método mencionado por Hernández (2004). Una muestra de 10 gramos de yogurt a 10°C se coloca en un tubo y se centrifuga a 5000 r.p.m. por 20 minutos. El peso del sobrenadante se usa para calcular el porcentaje de sinéresis.

• Tiempo de fermentación

Para evaluar el tiempo de fermentación, se midió continuamente el pH, el cual descendió desde 6.6 – 6.8 hasta 4.5 (Damin y otros, 2009).

• Determinación de características reológicas

Las características reológicas (viscosidad aparente, tensión de fluencia, índice de comportamiento de fluido e índice de consistencia de fluido) fueron determinadas por medio del viscosímetro digital Brookfield, Modelo RVDV - III+ con Spindle SC 27, utilizando 11g de yogurt, mediciones a 10 °C. La viscosidad aparente del yogurt batido se determinó a 80 r.p.m. Adicionalmente, para describir el comportamiento más adecuado del flujo en las muestras se usó como referencia la ecuación de la ley de potencia (Levenspiel, 1993);

$$\tau = k \left(\frac{dv}{dy} \right)^n \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante (*pa*)

$\frac{dv}{dy}$: Velocidad de cizalla (*s⁻¹*)

k : Índice de consistencia de fluido (*Pa.sⁿ*)

n : Índice de comportamiento de fluido (adimensional)

Por otro lado, se determinó, previamente, la tensión de fluencia (τ_o) mediante la ecuación de Casson descrita por Levenspiel (1993):

$$\sqrt{\tau} = \sqrt{\tau_o} + k \sqrt{\frac{dv}{dy}} \quad \text{Ecuación (2)}$$

La determinación del índice de consistencia (*k*) e índice de comportamiento de flujo (*n*), se obtuvieron de acuerdo al modelo de Herschel-Bulkley en su forma logarítmica, graficando $\log(\tau - \tau_o)$ en función de $\log\left(\frac{dv}{dy}\right)$, la pendiente que describe la curva es *n* y el antilogaritmo del intercepto repre-

senta *k*. El modelo Herschel - Bulkley, mencionado por Levenspiel (1993), se muestra a continuación:

$$\log(\tau - \tau_o) = \log k + n \log\left(\frac{dv}{dy}\right) \quad \text{Ecuación (3)}$$

Método estadístico

Para los cálculos estadísticos se utilizó el software especializado Statistical Package for the Social Science (SPSS) versión 18. En el Cuadro 1, se presenta la codificación de variables.

Para esta investigación se consideró un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial de 4x3 (4 concentraciones de caseinato de sodio x 3 concentraciones de gelatina) y 3 repeticiones, se aplicó la prueba de Levene para la homogeneidad de varianzas, el análisis de varianza (ANVA) y la prueba Duncan con un nivel de confianza de 95.

CUADRO 1

Codificación de variables

Aminoácido	Necesidad (mg/g de proteína)
Histidina	23
Isoleucina	37
Leucina	80
Lisina	62
Metionina + Cisteína*	34
Fenilalanina + Tirosina*	68
Treonina	39
Triptófano	14
Valina	45

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Efecto de la adición de caseinato de sodio y gelatina sobre la viscosidad aparente en yogurt batido

En la Figura 1, se observa que conforme se adiciona mayores cantidades de caseinato de sodio y gelatina se incrementa la viscosidad aparente del yogurt batido, tanto individualmente y combinados. Los valores más altos de viscosidad corres-

ponden cuando están combinados. El tratamiento C1G1, sin adiciones, presentó la menor viscosidad aparente (494.30 $mPa.s$) mientras que el valor máximo fue de 2,150.00 $mPa.s$, para el tratamiento C4G3 (3 % de caseinato de sodio y 0.6 % de gelatina).

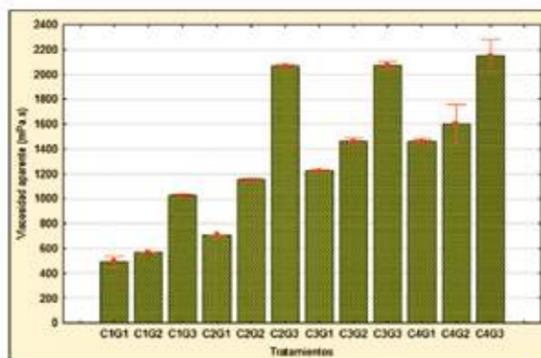


Figura 1. Viscosidad aparente en función a los tratamientos en yogurt batido.

Damin y otros (2009) encontraron valores de 200 $mPa.s$ para yogurt sin caseinato de sodio y 750 $mPa.s$ para yogurt con 1 % de caseinato de sodio, el aumento de viscosidad es similar al trabajo realizado.

Los valores de viscosidad aparente del yogurt batido con caseinato de sodio fueron mayores que con gelatina solos.

Säker (2011) encontró incremento de valores de viscosidad de yogurt con la adición de gelatina, en el rango de 593 a 1184 $mPa.s$ medidos a 10°C y 80 rpm, valores similares a los obtenidos en la presente investigación.

En el Cuadro 2, se observan los resultados del análisis de varianza de la viscosidad aparente. Se obtuvieron valores de "p" menores a 0.05, lo que indica diferencia significativa entre tratamientos, donde el nivel de adición de caseinato de sodio y gelatina presentó un efecto significativo.

CUADRO 2

Análisis de varianza para viscosidad aparente en yogurt batido con adición de caseinato de sodio y gelatina

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	P
Caseinato de sodio: A	0.929	3	0.310	5511.088	0.000
Gelatina: B	0.521	2	0.260	4632.003	0.000
A*B	0.102	6	0.017	301.224	0.000
Error	0.001	24	0.000		
Total	1.552	35			

3.2. Efecto de la adición de caseinato de sodio y gelatina sobre las propiedades reológicas en yogurt batido

En el cuadro 3 se observan los valores promedio para la tensión de fluencia (τ_o), índice de comportamiento de fluido (n) e índice de consis-

tencia de fluido (k) para los tratamientos de yogurt batido con caseinato de sodio y gelatina.

Los tratamientos presentaron el rango de 12.87 a 68.37 Pa para (τ_o); 0.60 a 0.77, para n ; 1.15 a 5.36 $Pa.s^n$ para k . Comparando con los valores obtenidos por Säker (2011) y Sing y Heldman (1999), se confirmó que se trataron de fluidos no newtonianos del tipo plástico general.

CUADRO 3

Valores promedio de τ_o y n en yogurt batido con adición de caseinato de sodio y gelatina

Tratamiento	τ_o (Pa)	n adimensional	k (Pa.s ⁿ)
C1G1	12.87	0.65	1.15
C1G2	15.70	0.65	1.32
C1G3	27.30	0.61	2.09
C2G1	19.27	0.66	1.60
C2G2	31.30	0.60	2.50
C2G3	56.17	0.60	3.05
C3G1	33.33	0.64	2.78
C3G2	40.00	0.63	3.76
C3G3	58.83	0.55	3.88
C4G1	46.77	0.77	3.56
C4G2	44.57	0.61	3.68
C4G3	68.37	0.60	5.36

Galvis (2009) afirma que se trata de un fluido no newtoniano del tipo plástico general, ya que la representación de esfuerzo cortante frente a la velocidad de cizalla no se encuentra en el origen de coordenadas (Figura 2).

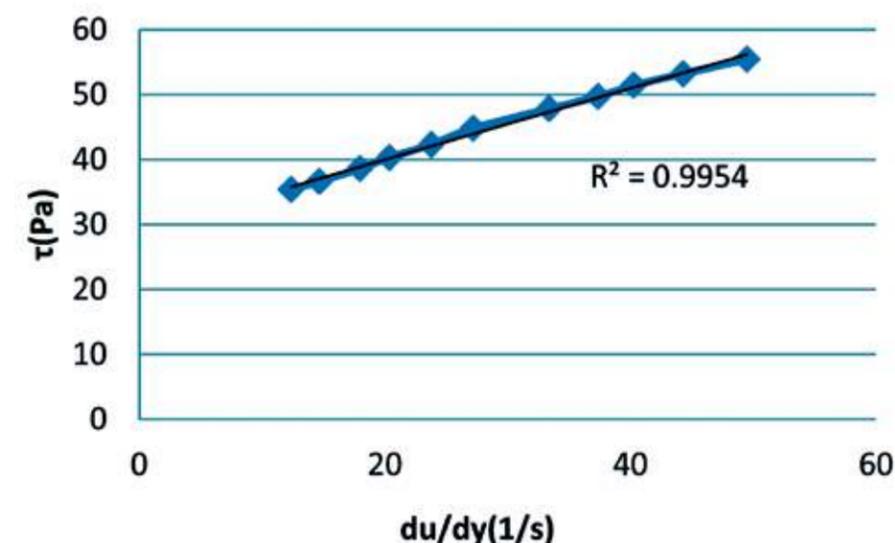


Figura 2. Reograma de yogurt batido con adición de caseinato de sodio (3 %) y gelatina (0.6 %)

3.3. Sinéresis en yogurt batido

En la Figura 3, se observa que conforme se adiciona mayores cantidades de caseinato de sodio y gelatina se reduce la sinéresis en el yogurt batido, individualmente y combinados. Se observa que el menor valor de sinéresis (31.33%) fue presentado por el tratamiento C4G3 con caseinato de sodio al 3 % y gelatina al 0.6 %.

Los valores de sinéresis están comprendidos en el rango de 31.33 a 68.33%, siendo similares a los encontrados por Supavititpatana y otros (2008), que encontraron valores de 29.3-74.5 % en yogurt con maíz y gelatina; y Säker (2011) que encontró valores de 44.7 – 78.0 % de sinéresis en yogurt con diferentes cultivos, gelatina y sacarosa.

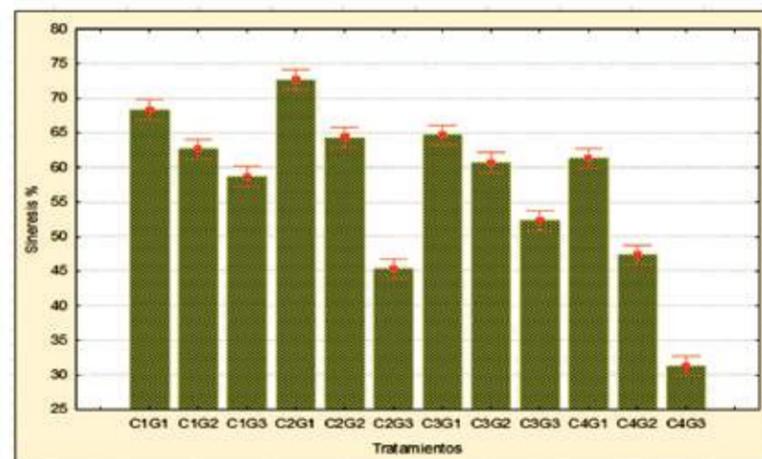


Figura 3. Porcentaje de sinéresis en relación al caseinato de sodio y gelatina en yogurt batido

En el Cuadro 4, se observan los resultados del análisis de varianza aplicado a los valores de sinéresis en yogurt batido. Se encontró que la adición de caseinato de sodio y gelatina presentó un efecto significativo sobre la sinéresis ($p < 0.05$).

CUADRO 4

Análisis de varianza para los valores de sinéresis en yogurt batido con caseinato de sodio y gelatina

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	P
Caseinato de Na: A	1474.306	3	491.435	1474.306	0.000
Gelatina: B	2389.556	2	1194.778	3584.333	0.000
A*B	519.111	6	86.519	259.556	0.000
Error	8.000	24	0.333		
Total	4390.972	35			

3.4. Tiempo de fermentación en yogurt batido

En la Figura 4, se muestran las curvas de acidificación para los tratamientos con diferentes niveles de caseinato de sodio y gelatina, el yogurt sin adición de caseinato de sodio y gelatina (C1G1) fue el tratamiento que presentó mayor tiempo de fermentación. De acuerdo con Säker (2011), las

leches fermentadas con adición de gelatina muestran una tendencia en la aceleración de la fermentación, debido a que el género *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* requiere de aminoácidos como glicina, isoleucina, tirosina y metionina para la formación de ácido láctico, los cuales se encuentran en la gelatina.

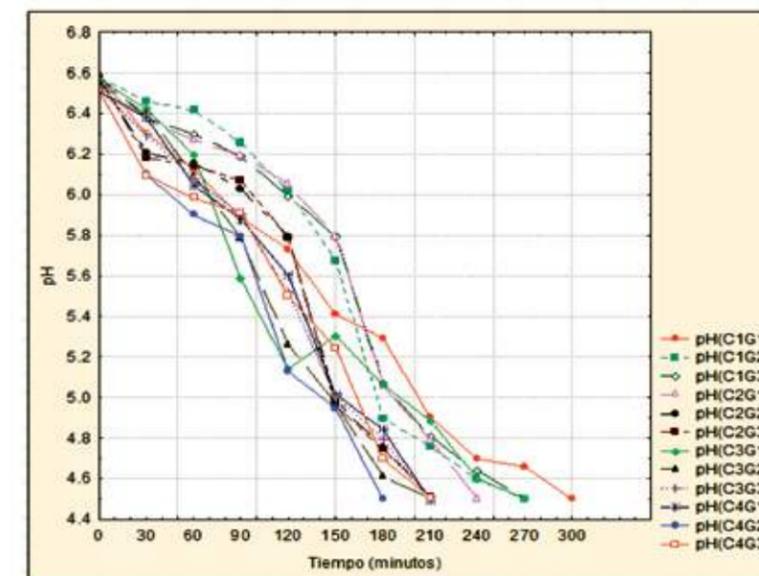


Figura 4. Variación de pH en función al tiempo en yogurt batido con caseinato de sodio y gelatina

Se observó una disminución del tiempo de fermentación con la adición de caseinato de sodio sin gelatina (C2G1, C3G1 y C4G1) y en la adición de gelatina sin caseinato de sodio (C1G2, C1G3); pero, se logró mayor reducción del tiempo con la combinación de ambos, el tratamiento (C4G2) caseinato de sodio al 3.00% y gelatina al 0.30%, alcanzando un pH=4.5 en 180 minutos. Damín y otros (2009) afirman que el caseinato de sodio influye notablemente en la fermentación, ya que presenta un alto contenido de proteína, brindando mayor cantidad de sustrato para las bacterias ácido lácticas.

IV. CONCLUSIONES

La adición de caseinato de sodio y gelatina tuvieron efectos significativos sobre la viscosidad aparente, sinéresis y tiempo de fermentación.

El yogurt batido con caseinato de sodio y gelatina muestra un comportamiento de un fluido no newtoniano del tipo plástico general. La viscosidad aparente en el yogurt batido varío de 494.30 a 2,150.00 .

Al aumentar el nivel de gelatina y caseinato de sodio, el porcentaje de sinéresis disminuye en yogurt batido, se logró el menor porcentaje de sinéresis (31.22%) con 3 % de caseinato de sodio y 0.6 % de gelatina.

El tiempo de fermentación en el yogurt batido se redujo de 300 a 180 minutos con caseinato de sodio al 3 % y gelatina al 0.3%.

BIBLIOGRAFÍA

- CAMPOS, L. Y GONZABAY, L. 2007. Proyecto de producción y comercialización de yogurt y kumis como producto alternativo para la nutrición. Tesis de grado. Talca. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía. 190p.
- DAMIN, R., ALCÁNTARA, A., NUNES, J. Y OLIVEIRA, L. 2009. Effects of milk supplementation with skim milk powder, whey protein concentrate and sodium caseinate on acidification kinetics, rheological properties and structure of nonfat stirred yogurt. LWT. 42: 1744 - 1750.
- DE BRABANDERE, A. Y DE BAERDEMAEKER, J. 1999. Effects of process conditions on the pH development during yogurt fermentation. J. Food. 41: 221 - 227.
- GALVIS, E. 2009. Evaluación de utilización de stevia en yogurt batido. Trabajo de Tesis para optar el título de Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Programa de especialización en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Bogotá, Colombia.
- HAQUE, A., RICHARDSON, R. Y MORRIS, E. 2001. Effect of fermentation temperature on the rheology of set and stirred yogurt. Food H. 15: 593 - 602.
- HERNÁNDEZ, P. 2004. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y reológicas de yogurt bajo en grasa enriquecido con fibra y calcio de yogurt. Tesis profesional como requisito parcial para obtener el Título en Maestría en Ciencia de Alimentos. Universidad de las Américas Puebla. 248p.
- LEVENSPIEL, O. 1993. Flujo de fluidos e intercambio de calor. Editorial Reverté S.A. Madrid. España.
- SÄKER, W. 2011. Efecto del cultivo láctico y adición de gelatina y sacarosa sobre la sinéresis, viscosidad, sabor y consistencia en leche fermentada. Tesis en Ingeniera en Industrias Alimentarias. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.
- SINGH, P. Y HELDMAN, D.1999. Introducción a la Ingeniería de alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- SUPAVITIPATANA, R., WIRJANTORO, T., APICHARTSRANGKON, A. Y RAVIYAN, P. 2008. Addition of gelatin enhanced gelation of corn milk yogurt. Food Chemistry. 106: 211 - 216.
- TAMIME, A. Y ROBINSON, K. 1991. Ciencia y tecnología. Editorial Acribia. Zaragoza. España.

EFFECTO DE LA DOSIS DE IRRADIACIÓN UV-C Y TIEMPO DE ALMACENAMIENTO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS Y ANTIOXIDANTES DE FRUTAS TROPICALES MÍNIMAMENTE PROCESADAS

EFFECT OF UV-C IRRADIATION DOSE AND STORAGE TIME ON PHYSICO-CHEMICAL, MICROBIOLOGICAL, AND ANTIOXIDANTS CHARACTERISTICS IN TROPICAL FRUITS MINIMALLY PROCESSED

AUTORES

Luis Márquez Villacorta¹,
Carla Pretell Vásquez¹

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y antioxidantes de frutas tropicales mínimamente procesadas. Las frutas fueron seleccionadas, clasificadas, lavadas y cortadas: el mango en rebanadas de 0,5 cm de espesor, 4,0 cm de largo y 3,0 cm de ancho; la piña en trozos de 1,5 cm de espesor; y el mamey en tiras de 4,0 cm de largo y 3,0 cm de ancho; que se sometieron a una inmersión en solución combinada de cloruro de calcio (1% p/v) y ácido ascórbico (1% p/v) durante 1 min. Posteriormente, las frutas frescas cortadas se sometieron a dosis de irradiación UV-C (0, 7 y 14 kJ/m²). Finalmente, las muestras fueron envasadas en bandejas de poliestireno y recubiertas con una película de cloruro de polivinilo microperforada y almacenadas a 5 °C, con una humedad relativa de 85 - 90%, durante 15 días. Cada cinco días, las muestras fueron evaluadas en pérdida de peso, color, sólidos solubles, firmeza, recuento de bacterias aerobias mesófilas viables y mohos y levaduras, contenido de fenoles totales y flavonoides totales. El efecto de la dosis de irradiación UV-C y el tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y antioxidantes en las frutas tropicales mínimamente procesadas fue significativo (p<0,05). La dosis de irradiación UV-C de 7 kJ/m² permitió obtener las mejores características fisicoquímicas en las rebanadas de mango y tiras de mamey, en tanto que, la dosis de 14 kJ/m², en los trozos de piña. Las mayores características antioxidantes y menor recuento microbiológico en las frutas mínimamente procesadas se obtuvieron con la dosis de irradiación UV-C de 14 kJ/m² durante los 15 días de almacenamiento a 5 °C.

Palabras clave: frutas tropicales, mínimo proceso, irradiación UV-C.

¹Ingeniero en Industrias Alimentarias, Maestro en Tecnología de Alimentos. Docente Auxiliar de la Universidad Privada Antenor Orrego (lmarquezv@upao.edu.pe).