



Artículo de investigación

Efecto de la incorporación de pectina sobre la estabilidad de lactosuero frente al tratamiento térmico

Ramona Morales Rivé*^{ID} y Patricia Martínez Lovera

Universidad Nacional de Itapúa, Facultad de Ciencias y Tecnología, Encarnación, Paraguay.

*Autor de correspondencia: Ramona Morales Rivé; ramonamorales@cyt.uni.edu.py

Recibido: 03/07/2023 **Aceptado:** 04/10/2023

Resumen

El lactosuero es un subproducto de la fabricación del queso, que contiene proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas, minerales y compuestos de importancia biológica-funcional, que hacen interesante su aprovechamiento como materia prima para elaboración de alimentos líquidos. Sin embargo, su utilización se dificulta frente a tratamientos térmicos, especialmente por sus componentes termosensibles, como algunas proteínas. La estabilidad de este producto es esencial para mantener sus propiedades nutricionales y físicas durante el almacenamiento, por lo que el objetivo de esta investigación consistió en evaluar el efecto de la adición de pectina obtenida de cáscara de naranja sobre la estabilidad del lactosuero, cuando éste es sometido a tratamiento térmico. La estabilidad fue evaluada mediante la determinación del Índice de Estabilidad por Absorción Espectral (Índice R) y la Turbidez, durante 10 días de almacenamiento refrigerado. Los resultados mostraron que concentraciones muy bajas (0,1%) y superiores a 1% de pectina, no ayudan a mantener la estabilidad, y que el aumento de la temperatura (>40°C) propicia la pérdida de estabilidad por desnaturalización de componentes termosensibles y sedimentación de sólidos. La inclusión de hidrocoloides como la pectina a concentraciones entre 0,5% y 1%, mejora la estabilidad del lactosuero cuando se realiza un mezclado a una temperatura de 40°C.

Palabras clave: lactosuero, pectina, estabilidad.

Abstract

Whey is a cheese manufacture by-product, made up of proteins, lipids, carbohydrates, vitamins, minerals, and compounds of biological-functional importance, which make its use interesting as a raw material for liquid food preparation. However, its use is difficult with thermal treatments, especially because of its thermosensitive compounds, such as some proteins. The stability of this product is essential to maintain its nutritional and physical properties during storage, so this research evaluated the effect of the addition of pectin obtained from orange peel on the stability of whey when a heat treatment is applied. Stability was evaluated by determining the Spectral Absorption Stability Index (R Index) and turbidity during 10 days of

refrigerated storage. Results showed that very low concentrations (0.1%) and higher than 1% of pectin do not help to maintain stability and that the increase in temperature (>40°C) favors the loss of stability due to thermosensitive components denaturation and solids sedimentation. The addition of hydrocolloids such as pectin at concentrations between 0.5% and 1% improves the stability of whey when mixing is carried out at a temperature of 40°C.

Keywords: whey, pectin, stability.

1. Introducción

El lactosuero se define como el subproducto lácteo obtenido de la separación del coágulo de caseínas de la leche, de la crema o de la leche semidescremada en la fabricación del queso, mediante precipitación enzimática con cuajo (renina, enzima digestiva de los rumiantes) o precipitación ácida. Este proceso separa los constituyentes de la leche en dos fracciones: una fracción sólida compuesta por proteínas insolubles y lípidos; y una fracción líquida, el lactosuero, que contiene los demás componentes que no precipitaron junto a las caseínas, tales como proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales, y compuestos de importancia biológica-funcional, que se encuentran solubles y no solubles en el sistema (1).

El lactosuero representa cerca del 85-95% del volumen de la leche y contiene cerca del 55% del total de componentes de la leche. La lactosa representa el 4,5-5%, las proteínas alrededor del 0,6-0,8%, los lípidos se encuentran en una proporción de 0,4 a 0,5% y las sales minerales abarcan el 8-20% de la composición. Dentro de los minerales se destacan el calcio, el potasio, el fósforo, el sodio y el magnesio. También se encuentran presentes vitaminas del grupo B (tiamina, ácido pantoténico, riboflavina, piridoxina, ácido nicotínico, cobalamina) y ácido ascórbico (2).

El lactosuero generalmente es considerado como un desecho de la industria láctea, debido al escaso conocimiento sobre sus propiedades nutricionales, tecnología necesaria para su procesamiento y manejo y reglamentaciones alimentarias que regulen su empleo como ingrediente alimenticio, por esta razón, gran parte del producto es descartado, generando problemas de contaminación en suelos y aguas, debido a su alta Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) (3).

Usualmente, es utilizado en forma deshidratada por su propiedad emulsificante, no obstante, debido a su valor nutricional y a sus propiedades sensoriales y funcionales, resulta interesante como materia prima para el desarrollo de productos alimenticios tipo bebidas (4).

El lactosuero contiene proteínas globulares y compactas, destacándose la β -lactoglobulina, la α -lactalbúmina, las inmunoglobulinas y la albúmina bovina, que en general, son muy sensibles a altas temperaturas y en menor grado al pH. La β -lactoglobulina se desnaturaliza y precipita

a 73°C, mientras que la α -lactalbúmina, la segunda proteína más importante del suero lácteo, puede desnaturalizarse a partir de 63°C, volviendo a su estado natural con el enfriamiento (5). La desnaturalización y precipitación de los componentes debido a los tratamientos a los que es sometido el lactosuero incide en sus características y estabilidad durante el almacenamiento, por lo que el objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la temperatura y porcentaje de incorporación de pectina como goma estabilizante para mantener los sólidos en suspensión buscando una mejor apariencia para su aplicación en formulación de bebidas. Para ello, se prepararon mezclas de lactosuero, pectina y sucralosa a diferentes concentraciones y temperaturas de mezclado. La estabilidad del lactosuero fue evaluada mediante determinación del índice de estabilidad por absorción espectral (índice R) y turbidez.

2. Materiales y Métodos

2.1. *Materias primas*

Se utilizó lactosuero obtenido del proceso de elaboración de queso Paraguay de un productor del distrito de Fram, departamento de Itapúa. La muestra fue envasada en botella plástica y conservada por no más de 24 horas a temperatura de refrigeración hasta su utilización.

La pectina fue obtenida a partir de cáscara de naranja mediante extracción por hidrólisis ácida asistida por microondas, según Morales Rivé (2019) (6), y sucralosa como coadyuvante de la pectina y agente edulcorante.

2.2. *Formulación de muestras*

Se aplicó un diseño factorial 5x3 siendo los factores la concentración de pectina (0,1%, 0,3%, 0,5%, 1% y 1,5%) y la temperatura de mezclado (40°C, 50°C y 60°C), como se detalla en la Tabla 1.

Para cada muestra, en un vaso de precipitados se colocaron 150 ml de lactosuero previamente filtrado, se agregó la mezcla de pectina y sucralosa, y se agitó con un agitador magnético durante 5 minutos a la temperatura de trabajo. Posteriormente, las muestras se envasaron en botellas de vidrio previamente esterilizadas en autoclave a 121°C durante 15 minutos.

Las muestras de un mismo lote fueron preparadas por duplicado y almacenadas a temperatura de refrigeración ($\pm 4^\circ\text{C}$) durante 10 días, tiempo durante el cual se realizaron los análisis de estabilidad.

Tabla 1. Formulación de muestras expresada en porcentaje.

Muestras	Temperatura (°C)	Lactosuero (%)	Pectina (%)	Sucralosa (%)
M0 (Control)	40	97,6	0	2,4
M1	40	97,5	0,1	2,4
M2	40	97,3	0,3	2,4
M3	40	97,1	0,5	2,4
M4	40	96,6	1	2,4
M5	40	96,1	1,5	2,4
R0 (Control)	50	97,6	0	2,4
R1	50	97,5	0,1	2,4
R2	50	97,3	0,3	2,4
R3	50	97,1	0,5	2,4
R4	50	96,6	1	2,4
R5	50	96,1	1,5	2,4
T0 (Control)	60	97,6	0	2,4
T1	60	97,5	0,1	2,4
T2	60	97,3	0,3	2,4
T3	60	97,1	0,5	2,4
T4	60	96,6	1	2,4
T5	60	96,1	1,5	2,4

Condiciones ensayadas en el diseño experimental

2.3. *Determinación de Índice de estabilidad por absorción espectral (Índice R)*

El índice R de estabilidad se basa en las propiedades de dispersión de la luz, que están relacionadas con el tamaño de partículas y longitud de onda. En general, valores menores de índice R indican mayor estabilidad en matrices líquidas (7).

Las muestras fueron preparadas tomando una alícuota de la parte media de la botella, y diluidas en una relación 1:10 en agua destilada. Fueron agitadas antes de realizar la medición de absorbancia. El índice R de estabilidad se determinó a partir de la relación de absorbancias a dos longitudes de onda (800 y 400 nm), utilizando un espectrofotómetro UV-visible (HACH DR 6000). El resultado se obtuvo aplicando la Ecuación 1.

$$\text{Índice } R = A_{800} / A_{400} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

A800: Lectura de la absorbancia a 800 nm de longitud de onda.

A400: Lectura de la absorbancia a 400 nm de longitud de onda.

2.4. *Determinación de la turbidez*

La turbidez se basa en el efecto óptico que se origina al dispersarse o interferirse el paso de los rayos de luz que atraviesan una muestra, a causa de las partículas minerales u orgánicas

que el líquido puede contener en forma de suspensión, por lo que el resultado obtenido puede ser relacionado con la concentración de sólidos en suspensión de la muestra (8).

La turbidez se midió utilizando un turbidímetro (Hach 2100 AN). El resultado fue expresado en UTN (Unidades de Turbidez Nefalométricas).

2.5. Análisis de datos

Los datos fueron analizados a partir de análisis de varianza (ANOVA), aplicando el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher y la Prueba de Múltiples Rangos como método de comparaciones múltiples, con un nivel de significancia del 95% ($\alpha=0,05$), utilizando el software estadístico STATGRAPHICS Centurión XVI, Versión 16.2.04.

3. Resultados y Discusión

3.1. Estabilidad determinada por el Índice R

En la Tabla 2 se presentan las medias y desviaciones estándar del índice R y la turbidez, medidos en cada muestra durante 10 días de almacenamiento.

Tabla 2. Media y desviaciones estándar de valores de Índice R y turbidez medidos durante 10 días de almacenamiento.

Muestras	Índice R	Turbidez
	Media \pm DS	Media \pm DS
M0	0,861 \pm 0,055	4278 \pm 56
M1	0,738 \pm 0,027	4093 \pm 279
M2	0,740 \pm 0,022	4856 \pm 112
M3	0,732 \pm 0,022	5011 \pm 86
M4	0,743 \pm 0,003	5363 \pm 192
M5	0,688 \pm 0,026	6705 \pm 801
R0	0,820 \pm 0,047	3951 \pm 150
R1	0,78 \pm 0,06	4667 \pm 130
R2	0,789 \pm 0,035	4554 \pm 90
R3	0,64 \pm 0,03	4141 \pm 143
R4	0,581 \pm 0,047	4537 \pm 155
R5	0,610 \pm 0,054	4679 \pm 594
T0	0,765 \pm 0,046	5657 \pm 749
T1	0,75 \pm 0,03	4429 \pm 173
T2	0,760 \pm 0,043	5557 \pm 579
T3	0,776 \pm 0,037	5808 \pm 420
T4	0,721 \pm 0,062	7095 \pm 568
T5	0,67 \pm 0,05	6937 \pm 768

En la Figura 1a se puede observar que el tratamiento control (M0) presentó valores mayores de Índice R, lo que demuestra menor estabilidad en comparación con los demás tratamientos

en los que se incluyó la pectina en diferentes concentraciones. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre la muestra control (M0) y los tratamientos M1, M2, M3, M4 y M5; y entre los tratamientos M5-M1, M5-M2 y M5-M4. El análisis de varianza (Tabla 2) mostró que el tratamiento M4 ($0,743 \pm 0,003$) fue el más estable, presentando el menor coeficiente de variabilidad (0,42%) entre todas las muestras.

Los tratamientos a 50°C presentaron coeficientes de variabilidad mayores que los tratamientos a 40°C, lo cual es notable comparando las Figuras 1a y 1b. Se evidencia una diferencia significativa ($p > 0,05$) entre la muestra control (R0) y los tratamientos R3, R4 y R5; no existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre la muestra control (R0) y los tratamientos R1 y R2. Entre los tratamientos a esta temperatura, la muestra R2 ($0,789 \pm 0,035$) con 4,45% de coeficiente de variabilidad puede considerarse como la de mejor estabilidad durante el almacenamiento.

Resultados similares se presentaron en los tratamientos a 60°C, como puede observarse en la Figura 1c. Existen diferencias significativas ($p > 0,05$) entre la muestra T5 y todos los demás tratamientos, incluyendo la muestra control (T0). Se considera como muestra más estable al tratamiento T1 ($0,7480 \pm 0,03$) por presentar el menor coeficiente de variabilidad (3,92%).

Considerando que valores menores de índice R y constantes en el tiempo indican mayor estabilidad en muestras líquidas (7), se seleccionaron como más estables durante el almacenamiento, los tratamientos M4 ($0,743 \pm 0,003$), R2 ($0,789 \pm 0,035$) y T1 ($0,7480 \pm 0,03$).

El índice de estabilidad R también fue utilizado por otros autores, así se tienen reportes de Restrepo et. al (2009), quienes evaluaron la estabilidad de una emulsión isotónica con disolución de sacarosa, fortificada con vitamina E, en la que observaron una tendencia de disminución del Índice R hasta el día 2 y posteriormente R se estabilizó, y atribuyeron este comportamiento a una reorganización en la distribución del tamaño de gota en la emulsión (7). Otros autores como Martelo et al. (2011) y Cortes et al. (2011) estudiaron la estabilidad de una emulsión isotónica con vitamina E y observaron que los valores de Índice R disminuyeron respecto al tiempo, y donde una de las formulaciones presentó menores valores se consideró como la más estable (9, 10). Peña et al. (2015) analizaron la estabilidad de una emulsión fortificada con calcio y vitaminas B9, D y E, y con inclusión de pectina en la formulación. El índice de estabilidad R no presentó diferencias significativas en el tiempo, con un valor promedio de $0,322 \pm 0,043$, indicando que la adición de pectina favorece la estabilidad de la emulsión por su relación con el menor tamaño de gota de las vitaminas liposolubles en el sistema coloidal (11).

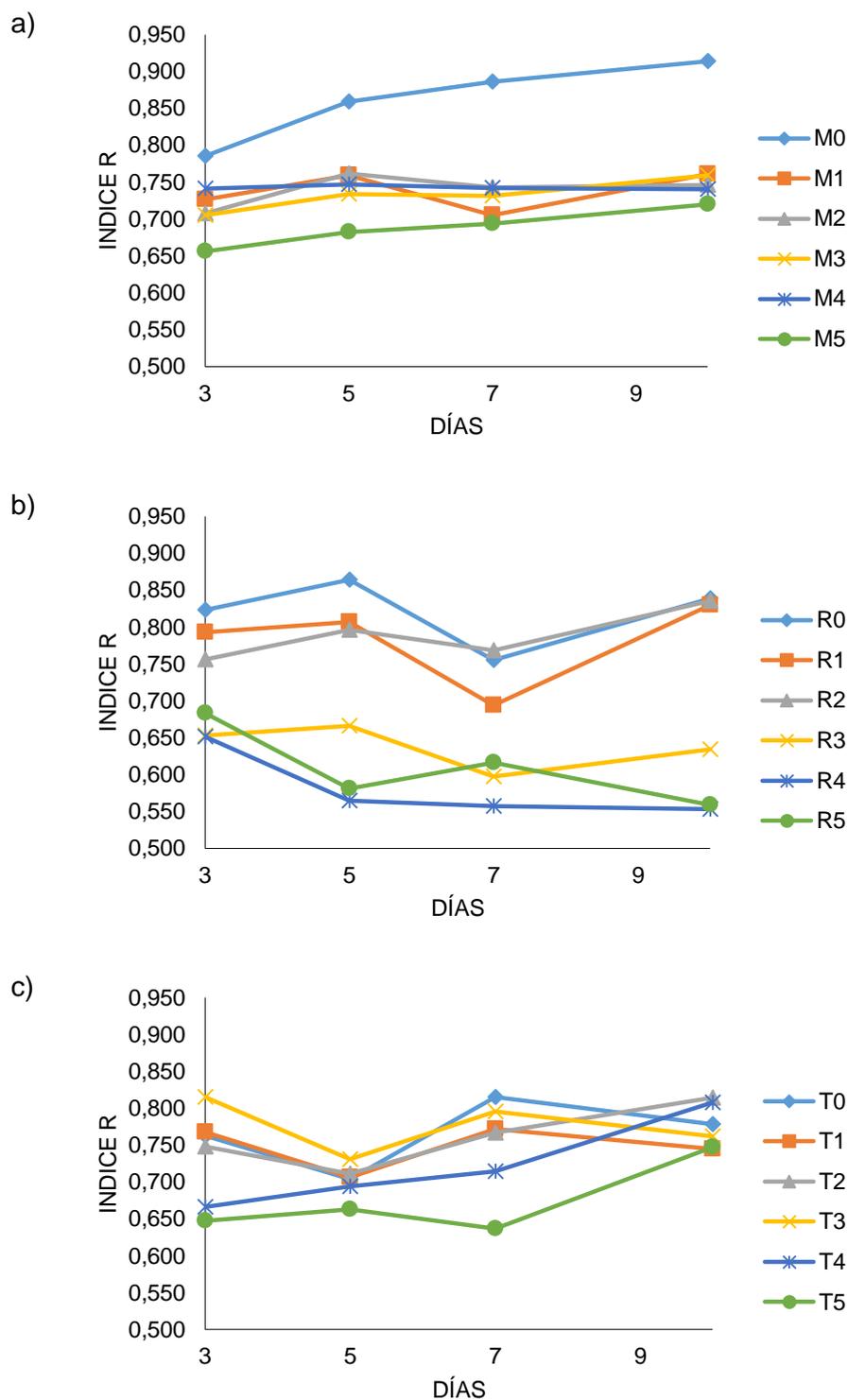


Figura 1. Valores de Índice R con respecto al tiempo para los distintos tratamientos, siendo a) tratamientos a 40°C; b) tratamientos a 50°C y; c) tratamientos a 60°C.

3.2. Estabilidad determinada por la Turbidez

La turbidez es el resultado de partículas insolubles dispersas, y la incorporación de hidrocoloides como la pectina, genera mayor turbidez, lo que se traduce en una mayor

retención de partículas en suspensión y disminución del fenómeno de separación de fases. La pectina es un polisacárido iónico cargado negativamente y produce un incremento de las fuerzas de repulsión electrostática entre las partículas, provocando un efecto de estabilidad en las suspensiones (8).

Valores mayores de turbidez en los diferentes tratamientos se deben a la incorporación de la pectina. La estabilidad según este parámetro se determinó en aquellos tratamientos que presentaron valores mayores y constantes de turbidez durante el almacenamiento.

En la Figura 2a se puede observar que el tratamiento control (M0) presentó valores menores y constantes de turbidez durante el almacenamiento (coeficiente de variabilidad de 1,31%). El tratamiento M1 (0,1% de pectina) presentó valores similares al tratamiento control y no existió una diferencia significativa entre ambos ($p < 0,05$); mientras que los demás tratamientos presentaron valores mayores en comparación con la muestra control y con diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$). En el caso de la muestra M5 (1,5% de pectina), se observa que perdió estabilidad a partir del día 7, lo que se evidencia en un descenso brusco del valor de turbidez, que puede deberse a la precipitación total de los componentes. Con base en el análisis de varianza, la muestra M3 ($5.011 \pm 86,4$) con 1,72% de coeficiente de variabilidad fue la de mayor estabilidad.

Con relación a los tratamientos a 50°C (Figura 2b), las muestras presentaron valores mayores de turbidez en comparación a la muestra Control (R0) y existió una diferencia significativa entre ellas ($p > 0,05$), a excepción de la muestra R3 ($p < 0,05$). Entre los ensayos realizados a esta temperatura, la muestra R2 ($4.554 \pm 90,1$) con 1,98% de coeficiente de variabilidad fue la de mejor estabilidad.

En el caso de los tratamientos a 60°C (Figura 2c), puede observarse que a partir del día 5 existió una disminución de los valores de turbidez para todos los tratamientos, lo que indica la pérdida de sólidos en suspensión. Se evidencian diferencias significativas ($p > 0,05$) entre la muestra control y las muestras T1, T4 y T5. El tratamiento T1 con turbidez promedio de $4429 \pm 173,6$ y 3,92% de variabilidad fue el más estable durante el almacenamiento.

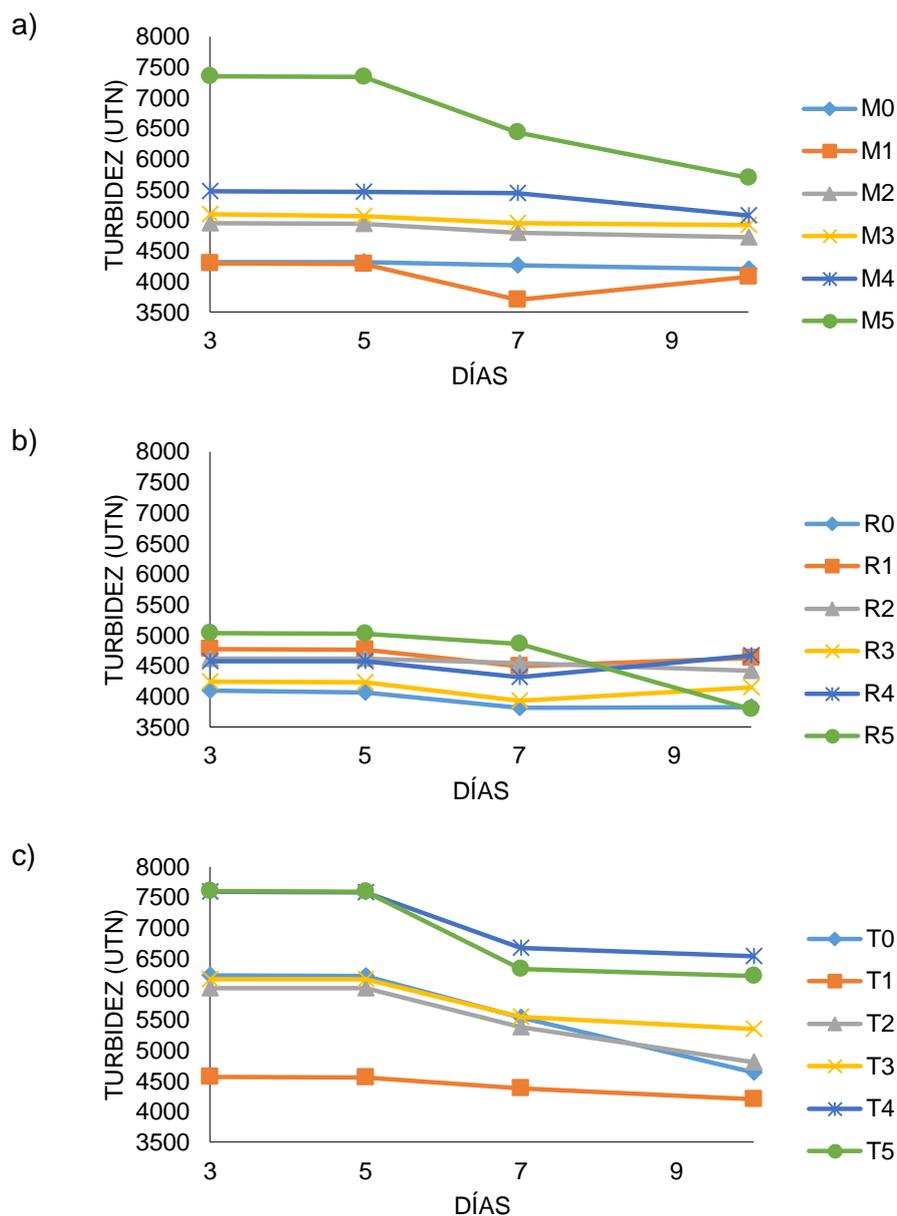


Figura 2. Valores de turbidez con respecto al tiempo para los distintos tratamientos, siendo a) tratamientos a 40°C; b) tratamientos a 50°C y; c) tratamientos a 60°C.

Otros autores informan que la inclusión de hidrocoloides en bebidas tiene efecto significativo sobre la turbidez. Figueroa (2016) reportó que la incorporación de goma xantana produce mayor turbidez (absorbancia) en el sobrenadante de una bebida de tomate de árbol, indicando una mayor retención de partículas en suspensión y reducción del fenómeno de sedimentación (8). Mamani (2017) observó un incremento en la turbidez de la fase líquida de una bebida elaborada a partir de manzana y quinua real a medida que se incrementaba la cantidad de quinua y estabilizante (12). Ibrahim et al. (2011) evaluaron el efecto de 3 estabilizantes (carboximetilcelulosa, goma xantana y pectina) en jugos de manzana, y reportaron que éstos

tienen influencia sobre la turbidez relativa del jugo, pero que sin embargo, sus valores disminuyeron durante el almacenamiento (13); y Stoll et al. (2003) informaron que la aplicación de pectina en bebidas a base de jugo de manzana con orujo de zanahoria hidrolizado, tuvo un efecto positivo al mejorar la turbidez y que el aumento de la concentración de pectina retrasó levemente la sedimentación de partículas de mayor tamaño (14).

Los resultados obtenidos presentaron un comportamiento similar a lo reportado por los autores mencionados, mostrando un aumento de turbidez debido a la incorporación de pectina y disminución de los valores de turbidez respecto al tiempo de almacenamiento en aquellos tratamientos con altos porcentajes de pectina, mientras que a menor concentración se observó mayor retención de los sólidos en suspensión. Considerando que valores mayores de turbidez y constantes en el tiempo indican una mejor estabilidad, se seleccionaron como muestras más estables los tratamientos M3 ($5.011 \pm 86,4$), R2 ($4.554 \pm 90,1$) y T1 ($4429 \pm 173,6$).

3.3. Comparación múltiple de tratamientos de mayor estabilidad

Aplicando la Prueba de Múltiples Rangos entre los valores promedio de Índice R y turbidez de los tratamientos más estables a las distintas temperaturas, se ha determinado la diferencia estadísticamente significativa entre las muestras.

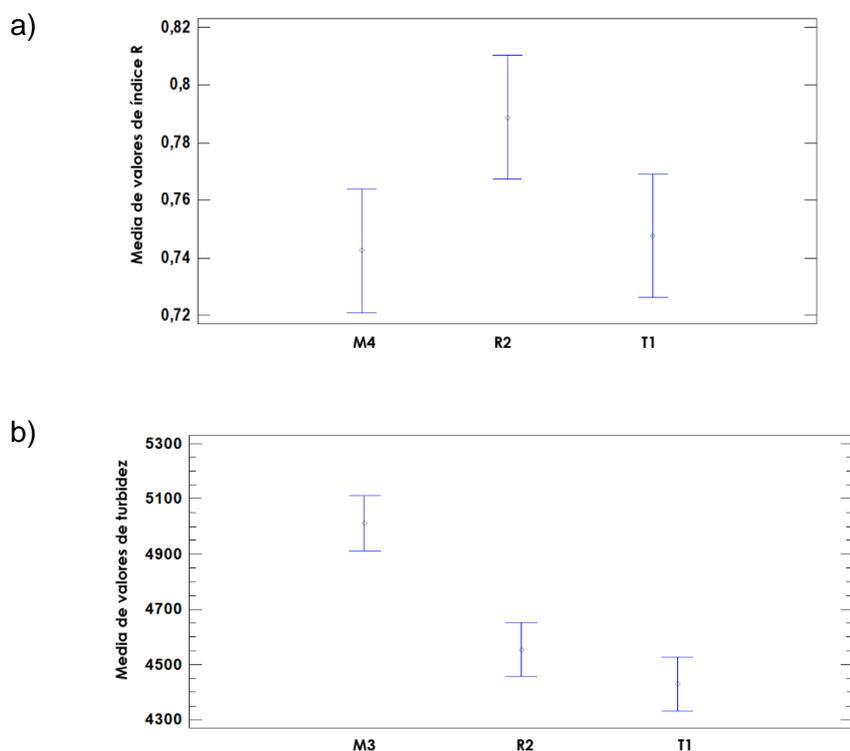


Figura 3. Gráfico de medias para tratamientos de mayor estabilidad a 40°C, 50°C y 60°C, siendo a) promedio de valores de Índice R; b) promedio de valores de turbidez.

En la Figura 3a se presentan las medias de valores de Índice de estabilidad R, de tratamientos a distintas temperaturas y concentraciones de pectina, las cuales presentaron mayor estabilidad durante el almacenamiento. Entre las muestras M4 (1% de pectina, temperatura 40°C) y R2 (0,3% de pectina, temperatura 50°C) se evidencia una diferencia estadísticamente significativa ($p > 0,05$), mientras que no existe diferencia significativa respecto al tratamiento T1 (0,1% de pectina, temperatura 60°C).

Según los valores de la turbidez (Figura 3b), la muestra M3 (0,5 % de pectina, temperatura 40°C) es significativamente diferente ($p > 0,05$) a las muestras R2 (0,3% de pectina, temperatura 50°C) y T1 (0,1% de pectina, temperatura 60°C). Observando estas diferencias y coincidiendo con lo reportado por Martelo et al. (2011) (9) y Cortes et al. (2011) (10) donde valores menores de índice R se relaciona con una mayor estabilidad, se observa que el tratamiento a 40°C presentó menores valores durante el almacenamiento, así también conforme a los resultados de la turbidez, el tratamiento a 40°C presentó valores mayores y estables durante el almacenamiento, indicando una mayor retención de partículas en suspensión, en concordancia con lo descrito por Figueroa (2016) (8) y Stoll et al. (2003) (14). En consecuencia, se evidencia que el aumento de temperatura ($>40^{\circ}\text{C}$) afecta la estabilidad del lactosuero aun con la incorporación del compuesto hidocoloide, y que las concentraciones que presentaron mejores resultados sobre la estabilidad del lactosuero fueron 0,5% y 1% de pectina para un mezclado realizado a una temperatura de 40°C.

4. Conclusiones

El lactosuero es un subproducto alimenticio con propiedades nutricionales interesantes que podría emplearse en formulaciones de alimentos tipo bebidas. Por lo general, en el proceso debe someterse a un tratamiento térmico, ya sea para favorecer la solubilidad de sus componentes o por razones de inocuidad, afectando este tratamiento a sus características físicas y su estabilidad durante el almacenamiento.

Las temperaturas elevadas en el proceso de mezclado influyen negativamente en la estabilidad del suero lácteo, probablemente por la desnaturalización de componentes termosensibles, como algunas proteínas, induciendo a la precipitación temprana de sólidos en suspensión.

La inclusión de hidrocoloides como la pectina en el lactosuero, favorece su resistencia frente al tratamiento térmico y mejora su estabilidad durante el almacenamiento refrigerado haciendo posible su aplicación para la obtención de alimentos líquidos tipo bebidas.

Conflicto de interés: Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés con respecto a la publicación de este artículo.

Bibliografía

1. POVEDA E., E. Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de calcio de alta biodisponibilidad. *Revista Chilena de Nutrición* [en línea]. 2013. Vol. 40, no. 397, p. 397-403. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/rchnut/v40n4/art11.pdf>
2. PARRA HUERTAS, R.A. Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* [en línea]. 2009. Vol. 62, no. 1, p. 4967-4982. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179915377021>
3. IMBACHÍ NARVÁEZ, P.C. Efecto del almidón de yuca modificado sobre las propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales de una bebida láctea elaborada con suero de quesería [en línea]. Universidad Nacional de Colombia, 2017. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/62137/>
4. HERNÁNDEZ-ROJAS, M. y VÉLEZ-RUIZ, J.F. Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos* [en línea]. 2014. Vol. 8, no. 2, p. 13-22. Disponible en: <http://web.udlap.mx/tsia/files/2015/05/TSIA-82-Hernandez-Rojas-et-al-2014.pdf>
5. BADUI, S. *Química de los Alimentos*. Cuarta Ed. México: Editorial Pearson Educación, 2006. ISBN 9702606705.
6. MORALES RIVÉ, R. Extracción de pectina de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas. *Revista Científica Estudios e Investigaciones*. 2019. Vol. 8, p. 271-272. DOI 10.26885/rcei.foro.2019.271.
7. RESTREPO, A.M., CORTÉS, M. y ROJANO, B. Determinación de la vida útil de la fresa (*Fragaria ananassa* Duch.) fortificada con vitamina E. *Dyna* [en línea]. 2009. Vol. 76, p. 163-175. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/496/49611945018.pdf>
8. FIGUEROA-FLOREZ, J.A. Desarrollo de una bebida obtenida de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) enriquecida con aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller). [en línea]. Universidad Nacional de Colombia, 2016. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/51751/1/1103096687.2016.pdf>
9. MARTELO CASTAÑO, Y.J., CORTÉS RODRIGUEZ, M. y SUAREZ MAHECHA, H. Desarrollo de apio mínimamente procesado fortificado con vitamina E, utilizando la ingeniería de matrices. *DYNA* (Colombia). 2011. Vol. 78, no. 165, p. 28-39.
10. CORTÉS RODRÍGUEZ, M., MARTELLO CASTAÑO, Y.J. y RODRÍGUEZ SANDOVAL, E. Valoración de atributos de calidad en pepino (*Cucumis sativus* L.) Fortificado con vitamina E. *Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea]. 2011. Vol. 9, no. 1, p. 24-34. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=62394006&lang=es&site=ehost-live>

11. PEÑA, F., CORTEZ RODRIGUEZ, M. y GIL GONZÁLEZ, J.H. Uchuva mínimamente procesada impregnada al vacío con calcio y vitaminas B9, D y E. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2015. Vol. 13, no. 1, p. 110. DOI 10.18684/bsaa(13)110-119.
12. MAMANI, B.A. Desarrollo de un prototipo de bebida elaborada a partir de manzana y quinua real (*Chenopodium quinoa* Willd). 2017.
13. IBRAHIM, G.E., HASSAN, I.M., ABD-ELRASHID, A.M., EL-MASSRY, K.F., EH-GHORAB, A.H., RAMADAN MANAL, M. y OSMAN, F. Effect of clouding agents on the quality of apple juice during storage. *Food hydrocolloids*. 2011. Vol. 25, no. 1, p. 91-97. DOI 10.1016/j.foodhyd.2010.05.009.
14. STOLL, T., SCHWEIGGERT, U., SCHIEBER, A. y CARLE, R. Application of hydrolyzed carrot pomace as a functional food ingredient to beverages. *Institute of Food Technology, Section Plant Foodstuff Technology*. 2003. No. April.