



Efecto de la carragenina y sacarosa en la capacidad de retención de agua y sinéresis de yogur

Effect of carrageenan and sucrose on the water retention capacity and syneresis of yogurt

Carlos Luis Mori Núñez¹; Carlos Núñez Saavedra^{2*}

¹ Escuela Profesional de Ingeniería de Industria Alimentaria. Universidad Católica de Santa María, Arequipa. Email: cmori@ucsm.edu.pe

² Departamento Académico de Ingeniería de Alimentos y Productos Agropecuarios. Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina. Apartado postal 12-056, La Molina, Lima, Perú. Email: cnunez@lamolina.edu.pe

Recepción: 17/09/2018; Aceptación: 05/06/2019

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue elaborar un yogur estabilizado por la adición de concentraciones adecuadas de sacarosa y carragenina, evaluando la capacidad de retención de agua (CRA) y sinéresis durante el tiempo de almacenamiento. Para la elaboración del yogur, se estandarizó el contenido de grasa (3%) y sólidos totales (12%) de la leche. Luego, se homogeneizó a 37 °C y 2500 psi. Después, se efectuó el tratamiento térmico a 85 °C por 5 minutos. Se separó la leche en 9 fracciones y se adicionó la sacarosa (0; 5 y 10%) y la carragenina (0; 0,5 y 1,0%). Se enfrió hasta 44 °C y luego se adicionó el cultivo liofilizado SACCO (LYOFAST SAB 442-A). La incubación fue entre 42 y 44 °C, en frascos de vidrio de 330 ml, durante 5 horas. Por último, se enfrió a 4 °C durante 12 horas y permaneció en almacenamiento donde se evaluó la CRA y sinéresis del yogur. La CRA aumentó conforme se incrementó la concentración de sacarosa y carragenina obteniendo valores máximos para concentraciones de 10 y 1%, respectivamente; además, la CRA aumentó durante el tiempo de almacenamiento, debido a la capacidad hidrofílica de la sacarosa y la carragenina. Finalmente, la sinéresis del yogur aumentó a una concentración de carragenina del 0,5%; sin embargo, disminuyó a una concentración del 1%; además, la sinéresis se incrementó a lo largo del tiempo de almacenamiento (15 días).

Palabras clave: hidrocoloide; estabilizador; arreglo factorial; agente humectante.

Abstract

The objective of the present investigation was to elaborate a yogurt stabilized by the addition of adequate concentrations of sucrose and carrageenan, evaluating the water retention capacity (WRC) and syneresis during the storage time. For the preparation of the yogurt, the fat content (3%) and total solids (12%) of the milk were standardized. Then it was homogenized at 37 °C and 2 500 psi. Then, the thermal treatment was carried out at 85 °C for 5 minutes. The milk was separated into 9 fractions and sucrose (0, 5 and 10%) and carrageenan (0, 5 and 1,0%) were added. It was cooled to 44 °C and then the lyophilized SACCO culture (LYOFAST SAB

Forma de citar el artículo: Mori, C.; Núñez, C. 2019. Efecto de la carragenina y sacarosa en la capacidad de retención de agua y sinéresis de yogur. Anales Científicos 80 (1): 288-295 (2019).

DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v80i1.1395>

Autor de correspondencia (*): Carlos Núñez Saavedra. Email: cnunez@lamolina.edu.pe

© Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

442-A) was added. The incubation was between 42 to 44 °C, in 330 ml glass bottles for 5 hours. Finally, it was cooled to 4 °C for 12 hours and remained in storage where the WRC and syneresis of the yogurt were evaluated. The WRC increased as the concentration of sucrose and carrageenan increased, obtaining maximum values for concentrations of 10 and 1% , respectively; In addition, WRC increased during storage time, due to the hydrophilic capacity of sucrose and carrageenan. Finally, the syneresis of the yogurt increased with a carrageenan concentration of 0,5%, however it decreased with a concentration of 1%; in addition, the syneresis increased throughout the storage time (15 days).

Keywords: hydrocolloid; stabilizer; factorial arrangement; wetting agent.

1. Introducción

La NTP 202.001 del Instituto Nacional de Calidad (Inacal, 2016) define el yogur natural como el producto obtenido por fermentación láctica, mediante la acción de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, a partir de leche pasteurizada y/o de productos pasteurizados obtenidos de la leche, con o sin modificaciones en su composición; pudiendo o no agregarse otros cultivos de bacterias adecuadas productoras de ácido láctico, además de los cultivos esenciales. Estos cultivos de microorganismos serán viables, activos y abundantes en el producto, hasta la fecha de duración mínima.

La estabilidad y la vida de los alimentos en anaquel, es decir, el periodo en el cual mantendrán un nivel de calidad aceptable de consumo, desde los puntos de vista de seguridad y organoléptico, depende de cuatro factores principales que son la formulación, el procesamiento, el empaque y las condiciones de almacenamiento. Los cuatro factores son críticos, pero su importancia relativa depende sobre todo de la perecibilidad del alimento. La formulación involucra la selección de la materia prima más apropiada e ingredientes funcionales que aumenten la aceptación, aseguren la integridad y seguridad del alimento para incrementar su vida en anaquel. El procesamiento somete a las materias primas e ingredientes formulados a condiciones inhibitorias para las reacciones de deterioro indeseables y promueve cambios físicos y químicos, dando así al producto alimenticio su forma y características finales. Una vez que el alimento deja la etapa de procesamiento sigue manteniendo sus propiedades y el periodo en el cual se mantienen determinados atributos es una función del microambiente en el interior del

empaque (Kilcast y Subramaniam, 2000).

En los últimos tres lustros, se ha observado en el Perú un renovado interés por los alimentos conservados mediante la reducción de la caducidad, a través de la adición de agentes antimicrobianos como los edulcorantes y/o estabilizantes, los mismos que, en las dosis apropiadas, permiten mejorar la estabilidad de los alimentos fermentados, como es el caso del yogur, siendo una opción de conservación que permite mantener la calidad durante su vida útil en los ambientes de comercialización y en el hogar.

El defecto más común que presentan los productos lácteos gelificados y que afecta directamente su calidad organoléptica, es la sinéresis o goteo por separación del lactosuero de la cuajada (Acevedo *et al.*, 2010). La sinéresis se define como la capacidad de retención de agua por un alimento o bien, el suero que se desprende del producto y que se acumula en la superficie (Öztur y Öner, 1999). La sinéresis es la expulsión o separación del lactosuero debido a la contracción del gel, esto afecta la calidad de los productos lácteos porque se observa líquido en la superficie causando el rechazo del consumidor. El hecho se debe al re-arreglo de la red molecular de caseína después de la formación del gel.

Los principales factores de procesos asociados con la sinéresis son la rápida acidificación, la alta temperatura de incubación, el excesivo tratamiento térmico, el bajo contenido de sólidos, la muy baja producción de ácidos y uso de renina (Lucy y Tamehana, 1998). Además, Tamime y Robinson (1991) indican la presencia de aditivos como las gomas, por ejemplo, y la adición de minerales aumenta el porcentaje de sinéresis. La adición de solutos, como las proteínas del lactosuero y la leche en

polvo, con el propósito de elevar los sólidos totales, han sido hasta ahora las técnicas más usadas para reducir la sinéresis en el yogur (Granados *et al.*, 2012). Otro mecanismo muy usado es la homogeneización (Amatayakul *et al.*, 2006).

Los agentes humectantes o estabilizadores se denominan, a veces, hidrocoloides y su modo de acción en el yogur incluye dos funciones básicas: la primera, la unión del agua y la segunda, la promoción de un aumento de la viscosidad (Yaseen *et al.*, 2005). De este modo, las moléculas de un estabilizador son capaces de formar una red de enlaces entre los constituyentes de la leche y ellos mismos, debido a la presencia de un grupo cargado negativamente, por ejemplo, hidrógeno o radical carboxilo, o a la presencia de una sal que posee la potencia para secuestrar iones de calcio. Estos grupos negativos se concentran en las áreas interfaciales y, según Olsen (2003), la fijación de agua en la leche se logra mediante el estabilizador, a través de su unión como agua de hidratación, luego reaccionando con los constituyentes de la leche (principalmente las proteínas) para aumentar su nivel de hidratación y posteriormente estabilizando las moléculas de proteínas en forma de red que retarda el libre movimiento del agua.

La presente investigación tiene como objetivo principal elaborar un yogur estabilizado por la adición de concentraciones adecuadas de sacarosa y carragenina, evaluando su capacidad de retención de agua y sinéresis durante el almacenamiento.

2. Materiales y métodos

Elaboración del yogur

La elaboración de yogur se basó en la metodología reportada por Chandan y Kilara (2013). La leche se recibió del fundo Majes, unidad perteneciente a la Universidad Católica de Santa María; la materia prima correspondió al primer ordeño, procedente de vacas sanas y bien alimentadas. El contenido de grasa y sólidos totales se estandarizó (Alfa Laval® 250, Lund, Suecia) al 3% y 12%, respectivamente. Se precalentó la leche hasta 37 °C para la homogeneización (Gaulin®, Boston, MA, EE. UU.) a una presión de 2500 psi. Se realizó

el tratamiento térmico, considerando una temperatura de 85 °C por cinco minutos, en esta etapa se procedió a adicionar la sacarosa (0; 5 y 10%) y la carragenina (0; 0,5 y 1,0%). La carragenina se activó disolviéndola en agua destilada a 85 °C durante 15 minutos, agitándola vigorosamente, empleando una licuadora de alta velocidad. Se separó la leche en 9 fracciones y se procedió a adicionar el edulcorante (sacarosa) y el estabilizante según las variables de estudio. La leche pasteurizada fue enfriada a 44 °C y mantenida a esta temperatura durante las siguientes etapas del proceso. Se procedió a adicionar el cultivo liofilizado SACCO (LYOFAST SAB 442-A) conformado por una mezcla de las siguientes cepas: *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* y *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*. La incubación fue entre 42 y 44 °C, en frascos de vidrio de 300 ml durante cinco horas hasta que se haya producido la gelificación del producto. El yogur fue enfriado a 4 °C durante 12 horas.

Determinación de la capacidad de retención de agua del yogur (sinéresis)

La capacidad de retención de agua se determinó sobre la base de la técnica de Guinee *et al.* (1995). Se pesaron 10 g de yogur a 12 °C en un tubo de centrifuga y se centrifugó a 5000 r.p.m. (IEC Centra®, CL2, Pasadena, TX, EE. UU.) durante 20 minutos. El peso del sobrenadante obtenido se empleó para calcular el porcentaje de sinéresis mediante la expresión siguiente:

$$\text{Sinéresis} = \frac{\text{Peso del sobrenadante}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100\%$$

Análisis estadístico

El diseño constó de dos factores; el factor A: sacarosa, con tres niveles (0; 5 y 10%) y el factor B: carragenina, con tres niveles (0; 0,5 y 1%). Se realizó el análisis de varianza del diseño factorial en DBCA. Para ello se consideró como fuentes de variación a: los bloques (días), Factor A (concentración de sacarosa), Factor B (concentración de carragenina) y la interacción entre A y B (concentración de sacarosa con concentración de carragenina). Además, se realizó la comparación empleando la

prueba Tukey para los efectos simples y/o principales según correspondió. Se empleó el *software* Minitab® versión 17.

3. Resultados y discusión

Evaluación de la capacidad de retención de agua (CRA)

En la **Tabla 1** se muestra la variación de la (CRA) del yogur en almacenamiento a 4 °C durante 1 día; 7 y 15 días para las concentraciones de sacarosa de 0; 5 y 10% con concentraciones de 0; 0,5 y 1% de carragenina; observando que los valores de CRA aumentan al pasar los días de almacenamiento y las concentraciones de sacarosa y carragenina.

El incremento de la capacidad de retención de agua se debe a que las carrageninas y la sacarosa presentan un comportamiento hidrofílico, por lo que son solubles en agua y solventes orgánicos. La solubilidad de las carrageninas depende de su estructura química, especialmente de la distribución de los grupos 3,6 anhidro-D-galactosa (hidrofóbico) y grupos sulfatos (hidrofílico) (Gliksman, 1969).

Las carrageninas forman geles termorreversibles al ser sometidas a ciclos de calentamiento-enfriamiento. Durante el proceso de calentamiento la solución presentará un aumento en su viscosidad debido al desenrollado de las moléculas de carragenina con la subsecuente ligadura del hidrógeno a las moléculas de agua en el medio, incrementando la viscosidad en el yogur. Continuando con un calentamiento posterior, se lleva a cabo la ruptura de los enlaces de hidrógeno liberando las moléculas de agua, con lo cual se asegura la completa solubilización de las carrageninas; finalmente, a través de un proceso de enfriamiento, las carrageninas alinean dos

cadena helicoidales similares, enfocando el grupo 4-sulfato hacia el interior de las mismas. La fuerte electronegatividad produce el rechazo de ambas hélices siendo neutralizado por iones potasio en el caso de las kappa carrageninas y por iones calcio cuando se trata de las iota carragenina (Stanley *et al.*, 1992). Dichos procesos de calentamiento, re-calentamiento y enfriamiento, se dan durante la producción de yogur, motivo por el cual la capacidad de retención de agua incrementa conforme se incrementa la concentración de carragenina.

El ANVA muestra que el p-valor del bloque (día) = 0,000 < α = 0,05, por lo que se concluye que existen diferencias entre los días al evaluar la CRA. Además, el p-valor de las fuentes de variación, sacarosa (0,000) y carragenina (0,000), es menor a α (0,05), por lo que se concluye que al menos uno de los efectos de la concentración de sacarosa y al menos uno de los efectos de la concentración de carragenina es diferente. Además, el p-valor de la interacción sacarosa*carragenina es mayor a α (0,05) por lo que se procedió a analizar los efectos principales (**Figura 1**).

En la **Figura 1** se observa que el valor medio de la CRA aumenta conforme crece la concentración de sacarosa. La misma tendencia se observa con el incremento de la concentración de carragenina.

En la **Tabla 2** se muestra la prueba de comparación de Tukey de medias de efectos principales del factor A (sacarosa) con tres niveles (concentraciones 0; 5 y 10%) y el factor B (carragenina) con tres niveles (concentraciones 0; 0,5 y 1%); observándose que todos los niveles de A y B, presentan diferencias significativas de CRA durante los períodos de almacenamiento del yogur a 4 °C (1 día; 7 y 15 días).

Tabla 1: Variación de la CRA del yogur durante el almacenamiento (día 1, 7 y 15 días) a 4 °C

Promedio Carr 0,0%		Sacarosa 0,0%			Sacarosa 5,0%			Sacarosa 10,0%		
		Carr 0,5%	Carr 1%	Carr 0%	Carr 0,5%	Carr 1%	Carr 0%	Carr 0,5%	Carr 1%	
Tiempo	Día 1	55,62	62,29	68,16	56,53	63,96	69,48	58,90	65,98	73,58
	Día 7	57,22	63,47	70,83	58,93	65,91	72,65	64,15	69,52	74,13
	Día 15	59,23	66,38	71,87	61,24	74,74	77,51	65,62	77,41	80,47

Carr: Carragenina

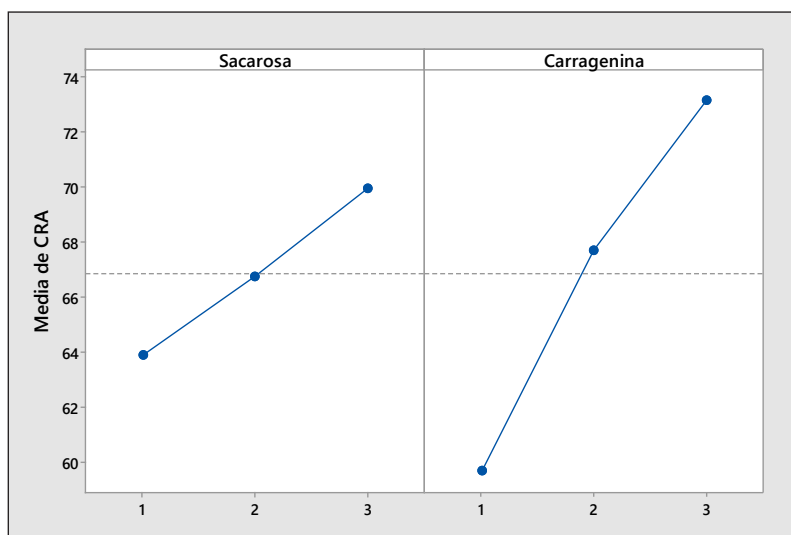


Figura 1: Efectos principales de las fuentes de variación: concentración de sacarosa (%) versus la concentración (%) de carragenina

Tabla 2: Prueba Tukey de los efectos principales al evaluar la capacidad de retención de agua del yogur en función de la concentración de sacarosa y carragenina

Niveles de A	Yi1.-Yj1.	ALS (T)	NS
1 y 2	2,88	2,18	*
1 y 3	6,08	2,18	*
2 y 3	3,20	2,18	*
Niveles de B	Yi2.-Yj2.	ALS (T)	NS
1 y 2	8,03	2,18	*
1 y 3	13,47	2,18	*
2 y 3	5,44	2,18	*

Evaluación de la sinéresis

En la Figura 2 se muestra la variación de la sinéresis del yogur durante el almacenamiento a 4 °C, donde se observa que la sinéresis disminuyó cuando solamente se aumentó la concentración de sacarosa (carragenina al 0%). Además, se observa que, al evaluar cada concentración de sacarosa, la sinéresis aumenta cuando se adiciona 0,5% de carragenina y luego disminuye al agregar 1% de carragenina, evidenciándose la interacción que existe entre ambos factores.

La sinéresis aumenta conforme

transcurre el tiempo de almacenamiento del yogur a 4 °C, llegando a valores máximos de aproximadamente 16% al evaluar las concentraciones de 10 y 0,5% de sacarosa y carragenina, respectivamente. Ospina *et al.* (2012) reportaron que los porcentajes de sinéresis del yogur con goma xantán, guar y carragenina en almacenamiento a 4 °C, fueron 8,7 y 9,5% para la primera y segunda semana, respectivamente. Este aumento de la sinéresis en función del tiempo se debe principalmente al rompimiento del gel que ocasionó una menor retención de agua en la estructura del yogur, provocando el incremento de la sinéresis. Por otro lado, el almacenamiento puede haber tenido un efecto sobre el encogimiento de la matriz de micelas de caseína causando liberación del suero (Clark *et al.*, 2009).

Las carrageninas forman geles firmes y quebradizos en agua y leche, presenta alta sinéresis y presentan buena capacidad de retención de agua. Además, la adición de carragenina fortalece la red de proteínas interconectadas; sin embargo, conduce a una mayor sinéresis debido a la floculación de agotamiento. Se forma una red de partículas de caseína altamente porosa que conduce al encogimiento de la red de caseína y suero (Bienvenue, 2003; Hemar *et al.*, 2001).

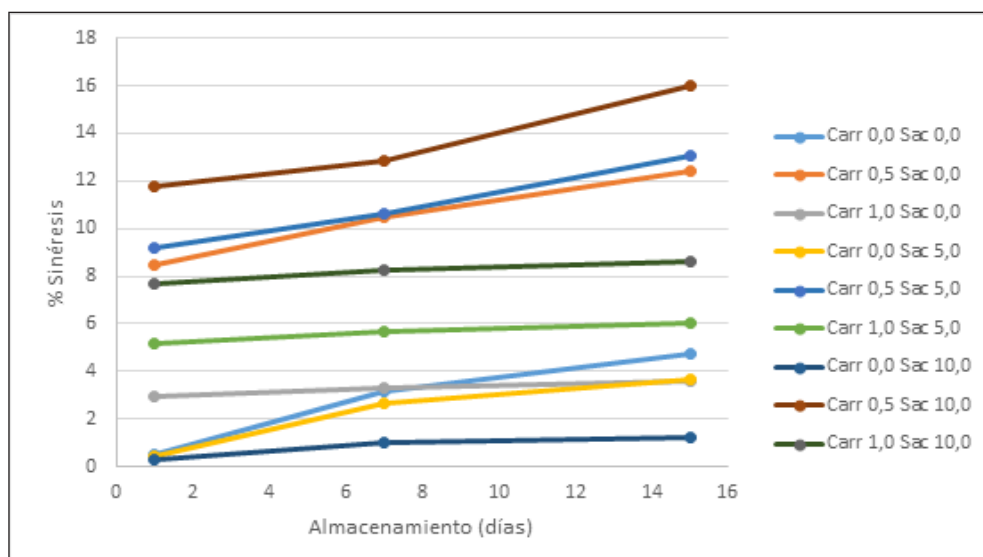


Figura 2: Variación de la sinéresis del yogur durante el almacenamiento 4 °C

La k-caseína es la única proteína de la leche que interacciona con el carragenano y es ampliamente utilizada en la industria de derivados lácteos. La concentración utilizada habitualmente oscila entre 0,1 y 0,5%. Sin embargo, en productos lácteos como el queso, el yogur y el kumis es generalmente inadecuado utilizar carragenina, porque un pH bajo incrementa las interacciones electrostáticas, produciendo floculación o separación. En este sentido, una adecuada selección entre galactomananos y carragenina puede prevenir y controlar esta agregación. La correcta mezcla entre hidrocoloides podría prevenir la separación y conferir cremosidad al producto (Gaviria *et al.*, 2009).

En los estudios realizados por Phuong *et al.* (2017), donde evaluaron diferentes concentraciones de hidrocoloides en yogur descremado al 0,1% de grasa, obtuvieron que la gelatina genera casi cero por ciento de sinéresis a diferencia de la carragenina que presentó un efecto inverso, duplicando la sinéresis del yogur cuando se trabajó con concentraciones bajas (0,1%). Además, reportaron que a medida que aumentó la concentración de carragenina (0,01; 0,04 y 0,08) se incrementó la sinéresis del yogur (23,03; 33,62 y 42,88, respectivamente).

Esta diferencia entre los datos reportados por Phuong *et al.* (2017) y los datos experimentales se deben principalmente a que en la presente investigación se trabajó con la sacarosa como edulcorante y con un contenido de grasa del 3%. El contenido de grasa afecta la sinéresis principalmente porque, en presencia de más glóbulos de grasa, la proteína se adsorbe en la superficie de los glóbulos de grasa y los glóbulos de grasa de la leche actúan como partículas de proteína aumentando su capacidad de inmovilizar el agua (Lee y Lucey, 2010). En este sistema, las concentraciones más altas de glóbulos de grasa en la red de gel mejoran su capacidad para retener el agua y hacerlo menos propenso a la sinéresis (Keogh y O'Kennedy, 1998).

Según Alatraste (2002), el porcentaje de sinéresis adecuado para tener una buena calidad de yogur asentado con 1% de grasa y con un contenido menor al 38% de linaza canadiense debe ser menor al 42%. Además, Tamime y Robinson (1991) mencionan que, si el porcentaje de sinéresis es mayor a 42%, la formación de la estructura del gel no es muy buena, lo cual se puede deber a ciertos factores como la reducción de grasa o la adición de minerales.

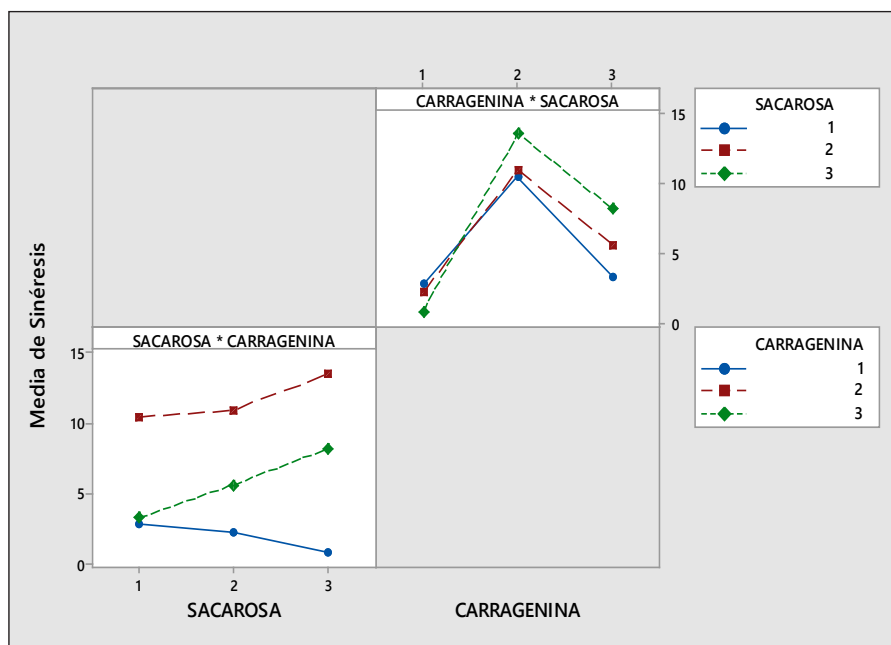


Figura 3: Interacción entre los efectos simples de las fuentes de variación sacarosa * carragenina

De acuerdo al ANVA el p-valor del bloque (día) = $0,000 < \alpha = 0,05$, indicando que existe diferencias entre los días al evaluar la sinéresis. Además, como el p-valor de la fuente de variación sacarosa (0,000), carragenina (0,000) y la interacción sacarosa*carragenina es menor a α (0,05), se concluye que al menos uno de los efectos de la concentración de sacarosa es diferente, al menos uno de los efectos de la concentración de carragenina es diferente y existe interacción entre los efectos simples (Figura 3).

En la Figura 3 se observa la gráfica de interacción de los efectos simples de las concentraciones de sacarosa con las concentraciones de carragenina al evaluar la sinéresis del yogur. Se observa que el valor mínimo de sinéresis se obtiene con 10 y 0% de sacarosa y carragenina, respectivamente; y el valor máximo con 10 y 0,5% de sacarosa y carragenina, respectivamente.

4. Conclusiones

La capacidad de retención de agua (CRA) aumentó conforme se incrementó la

concentración de sacarosa y carragenina, obteniendo valores máximos para concentraciones de 10 y 1%, respectivamente; además, la CRA aumentó a lo largo del tiempo de almacenamiento, debido a la capacidad hidrofílica de la sacarosa y la carragenina que actúan atrapando moléculas de agua en su estructura. La sinéresis del yogur aumentó a una concentración de carragenina del 0,5%, sin embargo disminuyó a una concentración del 1%. Además, la sinéresis se incrementó a lo largo del tiempo de almacenamiento (15 días).

5. Literatura citada

- Acevedo, D.; Rodríguez, A.; Fernández, A. 2010. Efecto de las variables de proceso sobre la cinética de acidificación, la viabilidad y la sinéresis del suero costeño colombiano. *Inf. Tecn. (Chile)* 21(2): 29-36.
- Alatríste, K. 2002. Efecto de la adición de fibra y calcio en un yogur con sabor. Tesis de Licenciatura. Universidad de las Américas, Puebla, México.

- Amatayakul, T.; Sherkat, F.; Shah, N. 2006. Physical characteristics of set yoghurt made with altered with altered casein to whey protein ratios and EPS producing starter cultures at 9 and 14% total solids. *Food Hydrocoll* 20(2-3): 314-324.
- Bienvenue, A.; Jiménez-Flores, R.; Singh, H. 2003. Rheological properties of concentrated skim milk: importance of soluble minerals in the changes in viscosity during storage. *Journal Dairy Science* 86(12): 3813-321.
- Chandan, R.; Kilara, A. 2013. *Manufacturing yogurt and fermented milks*. 2nd edition. John Wiley & Sons, Inc. West Sussex, UK.
- Clark, S.; Costello, M.; Drake, M.; Bodyfelt, F. 2009. *The Sensory Evaluation of Dairy Products*. Springer. 576 p.
- Gaviria, P.; Restrepo, D.; Suárez, H. 2009. Utilización de hidrocoloides en bebida láctea tipo kumis. *Revista de la Facultad de Química Farmacéutica* 17(1): 29-36.
- Gliksman, M. 1969. *Gum technology in the food industry*. Editorial Board. 590 p.
- Granados, C.; Acevedo, D.; Torres, D. 2012. Calidad de la leche y del suero costeño de los municipios Turbaco, Arjona y Carmen de Bolívar-Colombia. *Revista Lasallista de Investigación* 9(2): 132-137.
- Guinee, P.; Mullins, G.; Reville, J.; Cotter, P. 1995. Physical properties of stirred – curd unsweetened yogurts stabilized with different dairy ingredients. *Milchwissenschaft* 50(4): 196-200.
- Hemar, Y.; Tamehana, M.; Munro, P.; Singh, H. 2001. Viscosity, microstructure and phase behavior of aqueous mixtures of commercial milk protein products and xanthan gum. *Food Hydrocolloids* 15(4-6): 565-574.
- INACAL [Instituto Nacional de Calidad]. 2016. *Leche y Productos Lácteos*. Leche cruda. Requisitos. NTP 202.001. 6ta edición. Lima, Perú.
- Keogh, M.K.; O’Kennedy, B.T. 1998. Rheology of stirred yogurt as affected by added milk fat, protein, and hydrocolloids. *Journal of Food Science* 63(1): 108-112.
- Kilcast, D.; Subramaniam, P. (Eds.). 2000. *The stability and shelf-life of food* Cambridge, CRC press.
- Lee, W.J.; Lucey, J.A. 2010. Formation and physical properties of yogurt. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 9: 1127–1136.
- Lucey, J.; Tamehana, M. 1998. A comparison of the formation, rheological properties and microstructure of acid skim milk gels made with a bacterial culture or gluconolactone. *Food Research international* 31(2): 147-155.
- Olsen, S. 2003. Fermented Milk, Special Issue N° 0301. In: *International Dairy Federation*, Brussels, 302-312 p.
- Ospina, M.; Sepúlveda, J.; Restrepo, D.; Cabrera, K.; Suárez, H. 2012. Influencia de goma xantán y goma guar sobre las propiedades reológicas de leche saborizada con cocoa. *Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 10(1): 51-59.
- Öztur, B.A.; Öner, M.D. 1999. Production and evaluation of yogurt with concentrated grape juice. *J. Food Science* 64(3): 530-532.
- Phuong, T.; Olena, K.; Bhash, B.; Sangeeta, P. 2017. Effect of different hydrocolloids on texture, rheology, tribology and sensory perception of texture and mouthfeel of low-fat pot-set yogurt. *Food Hydrocolloids* 72: 90-104.
- Stanley, D.; Goff, H.; Davidson, V.; Maguer, L. 1992. Hydrocolloid /milk gel formation and properties. *J. Food Sc.* 57(1): 96-102.
- Tamime, A.Y.; Robinson, R.K. 1991. *Yogur Ciencia y Tecnología* (1a. ed.). Ed. Acribia, Zaragoza, España.
- Yaseen, E.I.; Herald, T.J.; Aramouni, F.M.; Alavi, S. 2005. Rheological properties of selected gum solutions. *Food Research International* 38, 111.