



## Efecto de la carragenina y la sacarosa en la actividad de agua del yogur

### Effect of carrageenan and sucrose on the water activity of yogurt

Carlos Luis Mori Núñez<sup>1</sup>; Carlos Núñez Saavedra<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Escuela Profesional de Ingeniería de Industria Alimentaria. Universidad Católica de Santa María. Arequipa. Email: [cmori@ucsm.edu.pe](mailto:cmori@ucsm.edu.pe)

<sup>2</sup> 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](mailto:cnunez@lamolina.edu.pe)

Recepción: 27/09/2018; Aceptación: 05/01/2019

#### Resumen

El objetivo de la presente investigación fue elaborar un yogur con actividad de agua ( $a_w$ ) estabilizada por la adición de concentraciones adecuadas de azúcar blanca y carragenina, evaluando los cambios en la  $a_w$  y la estabilidad del yogur durante el almacenamiento. Se determinó el contenido de materia grasa (g/100g), proteína (g/100g), cenizas (g/100g), sólidos totales (g/100g), acidez titulable (g/100g), pH, lactosa (g/100g) y densidad (g/mL) de la leche fresca proveniente del fundo Majes, unidad perteneciente a la Universidad Católica de Santa María. Para la elaboración del yogur, se estandarizó el contenido de grasa (3,0%) y sólidos totales (12,0%) de la leche. Luego, se homogenizó a 37 °C y 2 500 psi. Después, se efectuó el tratamiento térmico a 85 °C por 5 minutos. Se separó la leche en 9 fracciones y se adicionó sacarosa (0; 5 y 10%) y carragenina (0,0; 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 a 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 actividad de agua. La actividad de agua ( $a_w$ ) del yogur permaneció constante en el periodo de almacenamiento (15 días). Se concluye que la carragenina y la sacarosa actúan estabilizando la unión del agua a los constituyentes de la leche (proteínas). Además, las muestras con mayor contenido de carragenina y sacarosa: S10C1 (sacarosa al 10% y carragenina al 1,0%) presentaron un menor valor de actividad de agua.

**Palabras clave:** características físico-químicas; arreglo factorial; hidrocoloide; agente humectante.

#### Abstract

The objective of the present investigation was to elaborate a yogurt with water activity ( $a_w$ ) stabilized by the addition of adequate concentrations of white sugar and carrageenan, evaluating the changes in the  $a_w$  and the stability of the yogurt during storage. The study determined the fat content (g/100g), protein (g/100g), ash (g/100g), total solids (g/100g), titratable acidity (g/100g), pH, lactose (g/100g) and density (g / mL) of the fresh milk

**Forma de citar el artículo:** Mori, C.; Núñez, C. 2019. Efecto de la carragenina y la sacarosa en la actividad de agua del yogur. Anales Científicos 80(1): 280 - 287 (2019).

DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v80i1.1394>

Autor de correspondencia (\*): Carlos Núñez Saavedra. Email: [cnunez@lamolina.edu.pe](mailto:cnunez@lamolina.edu.pe)  
© Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

from the Fundo Majes, a unit belonging to the Universidad Católica Santa María. For the preparation of the yogurt, the fat content (3,0%) and total solids (12,0%) 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 (0,0, 0,5 and 1,0%) were added. It was cooled to 44 °C and then the lyophilized SACCO culture (LYOFAST SAB 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 water activity was evaluated. The water activity ( $a_w$ ) of the yogurt remained constant during the storage period (15 days), showing that carrageenan and sucrose act stabilizing the water binding with the milk constituents (proteins). Also, the samples with carrageenan and sucrose content: S10C1 (sucrose at 10% and carrageenan at 1,0%) presented a lower water activity value.

**Keywords:** physicochemical characteristics; factorial arrangement; hydrocolloid; moisturizing agent.

## 1. Introducción

El yogur es obtenido de la fermentación controlada de la leche, por una combinación de cultivos de bacterias ácido lácticas, las cuales provocan un sabor láctico y aroma típico. Además, es una excelente fuente de calcio; contiene aproximadamente 120 mg de calcio por 100 g de producto (Pirkul *et al.*, 1998).

En los últimos tres lustros, se ha observado en el Perú un renovado interés por los alimentos conservados mediante la reducción de la pérdida de nutriente, mediante la adición de agentes antimicrobianos como los edulcorantes y/o estabilizantes, los mismos que en la dosis apropiada permiten mejorar la estabilidad de los alimentos fermentados, como es el caso del yogur. Estos agentes permiten disminuir la actividad microbiana, especialmente de las bacterias, organismos que requieren una alta actividad de agua ( $a_w$ ) para su multiplicación y así reducir el empleo excesivo de métodos tradicionales de conservación (esterilización, congelación, enlatado, deshidratación entre otros), siendo una opción de conservación que permite mantener la calidad durante su vida útil en los ambientes de comercialización y en el hogar.

La presente investigación tuvo como objetivo principal elaborar un yogur con actividad de agua ( $a_w$ ) estabilizada por la adición de concentraciones adecuadas de azúcar blanca y carragenina, evaluando los pequeños cambios en las  $a_w$  y la estabilidad

del yogur durante el almacenamiento.

## 2. Materiales y métodos

### Análisis fisicoquímico de la leche

Se determinó la acidez titulable (NTP 202.116), densidad (NTP 202.008; NTP 202.008/ENM 1), contenido de grasa (NTP 202.028), contenido de proteína (NTP 202.119), contenido de lactosa (NTP 202.187), ceniza total (NTP 202.012) y los sólidos totales (NTP 202.118) (Inacal, 1998, 2012, 2013a, 2013b, 2013c, 2014a, 2014b, 2015). El pH se determinó mediante el potenciómetro HANNA Instruments®, el cual fue calibrado previamente con buffer a pH = 4 y pH = 7. El valor se obtuvo introduciendo directamente el electrodo dentro de la muestra.

### Elaboración de yogur

La elaboración de yogur se basó en la metodología reportada por Chandan y Kilara (2013), como se muestra en la Figura 1. La leche se recibió del fundo Majes de la Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú; 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 homogenización (Gaulin®, Boston, MA, EE. UU.) a una presión de 2 500 psi.

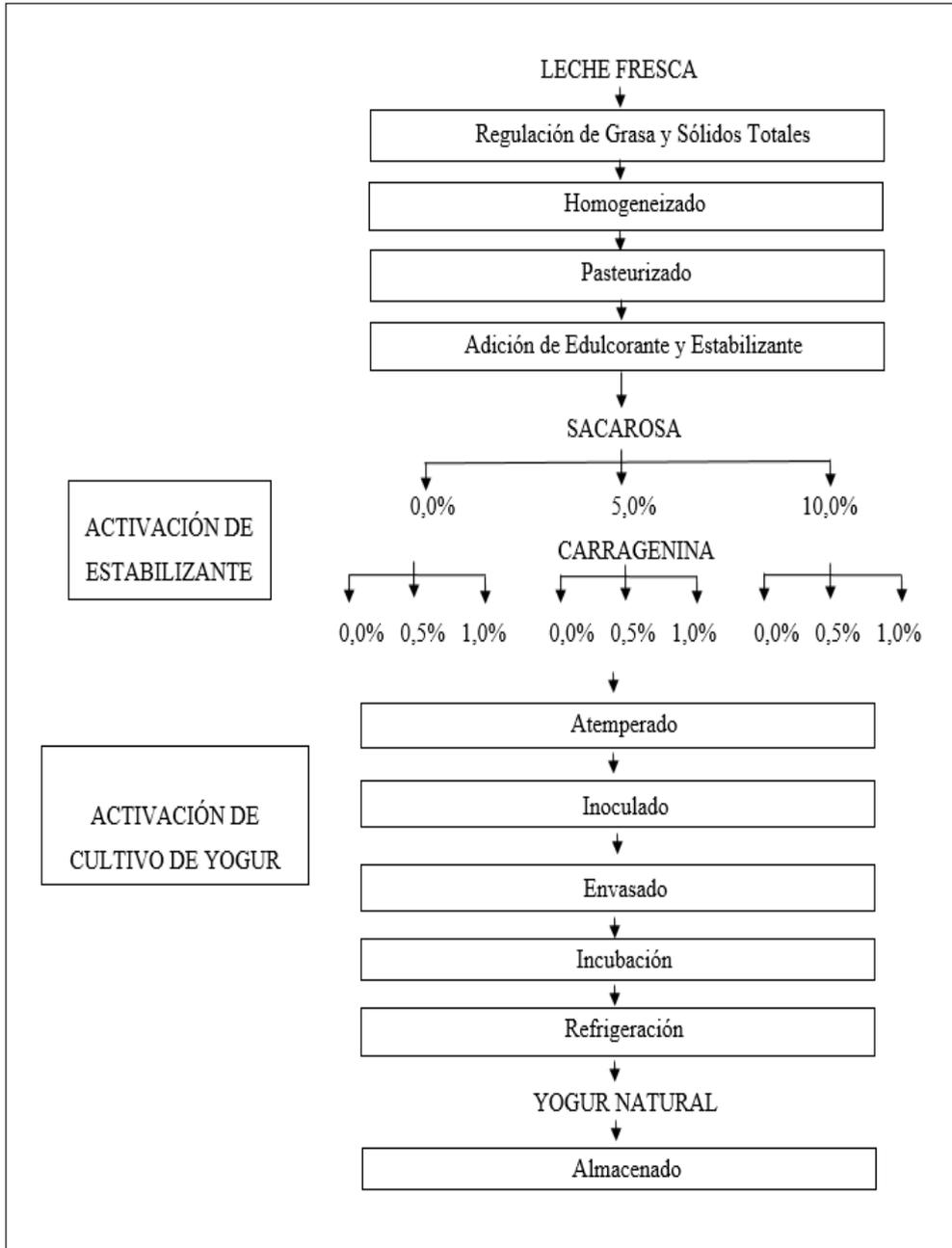


Figura 1: Diagrama de la metodología experimental para el procesamiento de yogur

Se realizó el tratamiento térmico, considerando una temperatura de 85 °C por 5 minutos, en esta etapa se procedió a adicionar la sacarosa (0; 5 y 10%) y la carragenina (0,0; 0,5 y 1,0%). La carragenina se activó disolviéndola en agua destilada a 85 °C durante 15 minutos, agitándola vigorosamente con una licuadora de alta velocidad. Se separó la leche en nueve fracciones, en frascos de vidrio de 300 mL, 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 hasta que se produzca la gelificación del producto. El yogur fue puesto en refrigeración a 4 °C durante 12 horas.

### Determinación de la actividad de agua

La actividad de agua ( $a_w$ ) de las muestras de yogur se midió usando un medidor de actividad de agua disponible comercialmente, para lo cual se vertieron 10 ml de las muestras de yogur en la cubeta del aqualab a una temperatura de 20 °C (Modelo AQUALAB 3TE, Washington).

### Análisis estadístico

El diseño experimental constó de dos factores: factor A, sacarosa, con tres niveles (0,0; 5,0 y 10,0%) y factor B, carragenina, con tres niveles (0,0; 0,5 y 1,0%). Se empleó el diseño factorial en bloques completamente al azar considerando tres concentraciones de sacarosa y tres concentraciones de carragenina, evaluada por tres repeticiones, proporcionando 81 datos. Se realizó el análisis de varianza del diseño factorial en bloques completamente al azar. Para ello, se consideró como fuentes de variación los bloques (días), el Factor A (concentración de sacarosa), el Factor B (concentración de carragenina) y la interacción entre A y B (concentración de sacarosa con concentración de carragenina). Los análisis estadísticos se efectuaron con el *software* Minitab® versión 17.

### 3. Resultados y discusión

En la [Tabla 1](#) se muestran los resultados de las tres repeticiones de los análisis fisicoquímicos de la leche fresca, con su respectiva desviación estándar.

**Tabla 1:** Análisis físico-químico de leche fresca

Análisis	Unidad	Promedio	Desviación Estándar
Materia Grasa	g/100g	3,55	0,12
Proteína	g/100g	3,18	0,05
Cenizas	g/100g	0,65	0,02
Sólidos Totales	g/100g	11,76	0,26
Acidez Titulable (% ác. láctico)	g/100g	0,17	0,00
pH		6,68	0,04
Lactosa	g/100g	4,27	0,08
Densidad	g/ml	1,0264	0,00

Los valores medios obtenidos del análisis de composición de la leche ([Tabla 1](#)), se asemejan a los obtenidos por [Buchanan \(2011\)](#) y [Singh y Bennett \(2002\)](#), citados por [Chandan y Kilara \(2013\)](#), en la leche obtenida de la variedad de ganado: Holstein-Friesian (grasa 3,5 g/100 g, proteína 3,3 g/100 g, cenizas 0,72 g/100 g, lactosa 4,7 g/100 g); además se encuentran dentro de los límites mínimos que establece la Norma Técnica Peruana NTP 202.001 ([Inacal, 2016](#)) cuyos valores mínimos son, para grasa, 3,2 g/100 g y, para sólidos totales, 11,4 g/100 g; además, el valor de ceniza obtenido se encuentra por debajo del límite máximo estipulado por la norma, el cual es 0,7 g/100g.

Los lípidos representan aproximadamente el 3,5 - 5,2 g/100 g de la composición total de la leche, el valor promedio obtenido de grasa en la leche se encuentra dentro de dicho valor (3,55 g/100 g), como se observa en la [Tabla 1](#). Los lípidos de la leche se componen predominantemente de triacilgliceroles (triglicéridos), que representan más del 98% del total. El resto de los lípidos de la leche (aproximadamente 2%) se subdividen en varias clases más pequeñas, específicamente los diacilgliceroles (diglicéridos), monoacilgliceroles (monoglicéridos), ácidos grasos libres, fosfolípidos y colesterol. Las grasas lácteas también comprenden

muchos constituyentes menores, tales como carotenoides, vitaminas liposolubles (A, D, E, K) y varios compuestos volátiles de sabor (Chandan y Kilara, 2013).

Las proteínas representan aproximadamente el 3,5 g/100 g de la composición total de la leche; sin embargo, el valor de proteína obtenido del análisis fue de 3,18 g/100 g, siendo más bajo al valor promedio; según Kohn *et al.* (2005) la eficiencia en la utilización del nitrógeno por la vaca lechera, alcanza alrededor del 25% y presenta variaciones del 10 al 40% que repercute en el rendimiento de la producción proteica. Las proteínas encontradas en la leche se clasifican en dos grupos principales: las caseínas y las proteínas del suero. Aproximadamente el 80% de las proteínas de la leche precipitan por acidificación a pH 4,6 a una temperatura de 20 °C; estas proteínas son las caseínas. El 20% restante de proteínas solubles son las proteínas de suero de leche. Tanto las caseínas como las proteínas de suero son grupos heterogéneos de proteínas (Chandan y Kilara, 2013).

La lactosa es un disacárido compuesto de galactosa y glucosa unidas por un enlace  $\beta$ -1,4-glicosídico. Este carbohidrato se encuentra a niveles de concentración relativamente constante de aproximadamente 4,8 g/100 g en la leche de vaca (Chandan y Kilara, 2013), siendo dicha concentración más alta a la obtenida (4,27 g/100 g) en la presente investigación. Esto puede deberse a que la concentración de lactosa disminuye progresiva y significativamente durante la lactancia (O'Brien y Guinee, 2011); contrastando con las tendencias de los lípidos y las proteínas que, después de disminuir durante la lactancia temprana, aumentan fuertemente durante la segunda mitad de la lactancia (Fox *et al.*, 2015). La concentración de lactosa en la leche está inversamente relacionada con las concentraciones de lípidos y proteínas, esta relación inversa refleja el hecho de que la síntesis de lactosa atrae agua a las vesículas de Golgi, diluyendo así las concentraciones de proteínas y lípidos (Jenness y Holt, 1987, citado por Fox *et al.*, 2015).

La acidez titulable de la leche fresca está en el intervalo de 0,14-0,16%, según Chandan y Kilara (2013); por otro lado, la Norma Técnica Peruana NTP 202.001 (Inacal, 2016) establece un rango de acidez

titulable que va de 0,13 a 0,17 g ácido láctico/100g; en ambos casos, el valor de acidez determinado en el presente trabajo de investigación se encuentra dentro de los parámetros dados (0,17 g ácido láctico/100 g). El desarrollo de la acidez debido a la fermentación de la lactosa en el ácido láctico por las bacterias, también influye en la acidez natural de la leche y se refiere a menudo como la acidez “desarrollada” o “real”. La composición de la leche tiene un impacto significativo en la acidez inicial de la leche, ya que la acidez aumenta con las concentraciones de proteínas y otros constituyentes que poseen acción buffer nativos (Chandan y Kilara, 2013).

La leche fresca analizada presentó un valor de pH de 6,68 (Tabla 1), encontrándose dentro del rango indicado por Chandan y Kilara (2013), quienes mencionan que el pH de la leche fresca de bovinos a 25 °C varía entre 6,5 y 6,7; del mismo modo, para Van Der Have *et al.* (1979) dicho valor de pH se atribuye principalmente a los fosfatos, proteínas, citratos y CO<sub>2</sub> que brindan una capacidad buffer a la leche.

La densidad de la leche entera es de 1,030 g/ml, con valores que varían de 1,027 a 1,033 g/ml dependiendo principalmente del contenido de grasa (Walstra y Jenness, 1984), la densidad determinada en la presente investigación presenta un valor de 1,0264 g/ml, ligeramente por debajo del rango presentado, lo cual podría deberse al alto contenido de grasa en la muestra analizada. La medición de la densidad de la leche entera se utiliza para evaluar la adulteración de la leche con agua y proporciona un medio rápido de medir indirectamente el contenido total de sólidos (% TS) (Jenness y Patton, 1959, citados por Chandan y Kilara, 2013).

En la Figura 2 se observa que la actividad de agua fue constante a lo largo del período de almacenamiento estudiado, lo cual coincide con los resultados obtenidos por Díaz-Jiménez *et al.* (2004), quienes determinaron que el contenido de agua libre en muestras de yogur con fibra, no varió durante el tiempo de almacenamiento de las muestras.

En la Figura 1 se muestra la variación de la actividad de agua ( $a_w$ ) en función al tiempo de almacenamiento de las muestras de yogur.

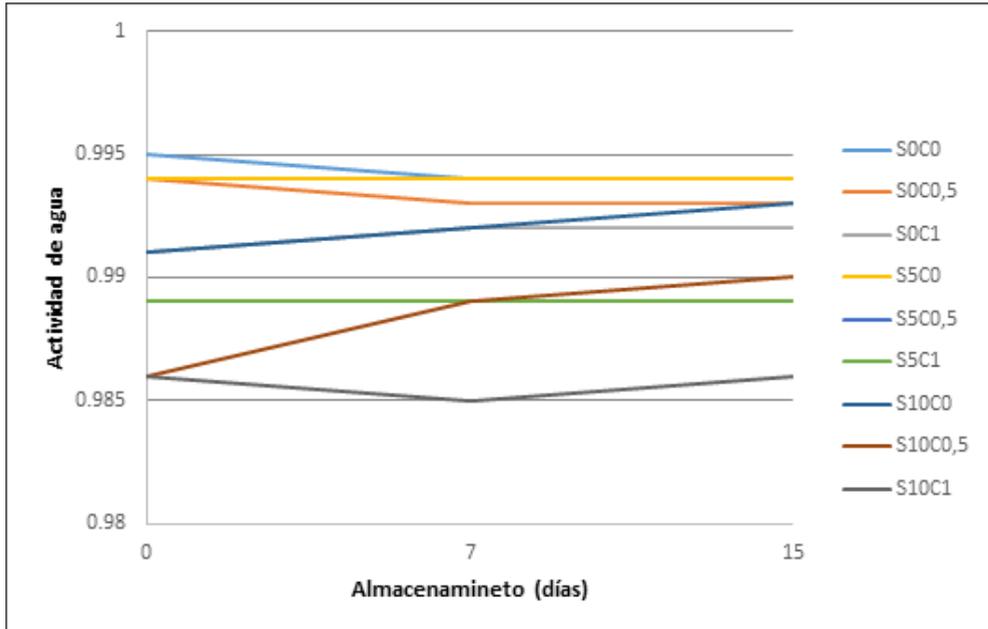


Figura 2: Variación de la actividad de agua ( $a_w$ ) en función al tiempo de almacenamiento

Por otro lado, se observa que las muestras con mayor contenido de carragenina y sacarosa, S10C1 (sacarosa al 10% y carragenina al 1,0%); S5C1 (sacarosa al 5% y carragenina al 1,0%) y S10C0, 5 (sacarosa al 10% y carragenina al 0,5%), presentan un menor valor de actividad de agua a diferencia de las otras muestras ( $a_w$  entre 0,990-0,985). Esto puede deberse a que la carragenina es un aditivo empleado como estabilizante, que tiene la propiedad de formar redes de gel entre ellos y los constituyentes de la leche debido a los radicales de hidrógeno o carboxilo presentes en su estructura por lo que su adición permite la producción de yogur con textura firme y alta resistencia para la separación del agua (Maha *et al.*, 2011; Tamime y Robinson, 1999). Adicionalmente, Ingenpass (1980) menciona que el nivel de hidratación es mejorado por la unión de agua a los constituyentes de la leche (proteínas), formando una red que reduce el libre movimiento de agua.

La carragenina es clasificada como polisacárido adsorbente, es un hidrocoloide aniónico que interactúa con las cargas positivas en la superficie de las micelas de caseína para formar la red de caseína y disminuir la sinéresis (Hansen, 1993). Se pueden obtener mayores valores de

resistencia en el gel al aumentar la cantidad de carragenina, que es responsable de la acumulación de una red continua (Trckova *et al.*, 2004) reduciendo finalmente la aparición de sinéresis (Verbeken *et al.*, 2006).

En la Tabla 2 se muestra el Análisis de Varianza (ANOVA) de la actividad de agua. Los errores residuales se distribuyeron normalmente ( $p$ -valor = 0,556) y las variancias de los tratamientos fueron homogéneas ( $p$ -valor = 0,081) a un nivel de significancia del 5%.

Como el  $p$ -valor del bloque (día) = 0,273 >  $\alpha$  = 0,05, es superior al nivel de significancia de 0,05, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que no existen diferencias entre los días al evaluar la actividad de agua; por lo que no se justifica el bloqueo en días y se recomienda, en estudios posteriores, realizar el diseño experimental de la actividad de agua como un Diseño Completamente al Azar. Además, como el  $p$ -valor de los tratamientos (sacarosa, carragenina y la interacción sacarosa\*carragenina) <  $\alpha$  = 0,05, a un nivel de significancia de 0,05, se determina que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que existen diferencias en al menos uno de dichos tratamientos al evaluar la actividad de agua en el yogur.

Tabla 2: Análisis de Varianza de la actividad de agua

Fuente	GL	SC	CM	F	p-valor
Bloque (día)	2	0,000002	0,000001	1,41	0,273
Sacarosa	2	0,00009	0,000045	55,27	0,000
Carragenina	2	0,000098	0,000049	60,32	0,000
Sacarosa*carragenina	4	0,000011	0,000003	3,45	0,032
Error	16	0,000013	0,000001		
Total	26	0,000215			

#### 4. Conclusiones

Los resultados del análisis físico-químico de la leche fresca de vaca proveniente de los establos del fundo Majes de la Universidad Católica de Santa María, Arequipa, se encuentran dentro de los límites que establece la Norma Técnica Peruana (NTP 202.001:2016) para la elaboración de yogur, por tanto, se concluye que la materia prima utilizada en la presente investigación fue de buena calidad. La actividad de agua ( $a_w$ ) del yogur permaneció constante a lo largo del tiempo de almacenamiento (15 días) evidenciando que la carragenina y el azúcar blanco actuaron estabilizando la unión del agua con los constituyentes de la leche (proteínas), formando una red que reduce el movimiento libre del agua. Además, las muestras de yogur con sacarosa al 10% y carragenina al 1,0% presentaron menor actividad de agua a diferencia de los demás tratamientos.

#### 5. Literatura citada

- Chandan, R.; Kilara, A. 2013. Manufacturing yogurt and fermented milks. 2nd edition. John Wiley & Sons, Inc. West Sussex, UK.
- Díaz-Jiménez, B.; Sosa-Morales, M.; Vélez-Ruiz, J. 2004. Efecto de la adición de fibra y la disminución de grasa en las propiedades fisicoquímicas del yogur. *Revista mexicana de ingeniería química* 3: 287-305.
- Fox, P.; Uniacke- Lowe, P.; McSweeney, P.; O'Mahony, J. 2015. *Dairy Chemistry and Biochemistry*, Springer, New York.
- Hansen, P.M.T. 1993. Food hydrocolloids in the dairy industry. In: Nishinari, K.; Doi, E. (Eds.). *Food Hydrocolloids: Structures, Properties and Functions*. Plenum Press, New York. 211-224 p.
- INACAL [Instituto Nacional de Calidad]. 1998. Leche y Productos Lácteos. Leche cruda. Ensayo de determinación de la densidad relativa. Método usual. 2da. ed. NTP 202.008. Lima, Perú.
- INACAL [Instituto Nacional de Calidad]. 2012. Leche y Productos Lácteos. Leche cruda. Determinación de acidez de la leche. Método volumétrico. NTP 202.116. Lima, Perú.
- INACAL [Instituto Nacional de Calidad]. 2013a. Leche y Productos Lácteos. Leche cruda. Ensayo de determinación de la densidad relativa. Método usual. NTP 202.008/ENM 1. Lima, Perú.
- INACAL [Instituto Nacional de Calidad]. 2013b. Leche y Productos Lácteos. Leche cruda. Ensayo de materia grasa. Técnica de Gerber. NTP 202.028. Lima, Perú.
- INACAL [Instituto Nacional de Calidad]. 2013c. Leche y Productos Lácteos. Leche. Ensayo de determinación de ceniza total. NTP 202.012. Lima, Perú.
- INACAL [Instituto Nacional de Calidad]. 2014a. Leche y Productos Lácteos. Leche cruda. Determinación de nitrógeno (total) en leche. Método Kjeldahl. NTP 202.119. Lima, Perú.
- INACAL [Instituto Nacional de Calidad]. 2014b. Leche y Productos Lácteos. Leche cruda. Determinación de sólidos totales. Método Kjeldahl. NTP 202.118. Lima, Perú.
- INACAL [Instituto Nacional de Calidad]. 2015. Leche y Productos Lácteos. Determinación del contenido

- de lactosa en leche. Método volumétrico. NTP 202.187. Lima, Perú.
- INACAL [Instituto Nacional de Calidad]. 2016. Leche y Productos Lácteos. Leche cruda. Requisitos. NTP 202.001. 6ta edición. Lima, Perú.
- Ingenpass, P. 1980. Food, flavouring, packaging and processing. *J. Food Sci* 16: 345-400.
- Kohn, R.A.; Dinneen, M.M.; Russek-Cohen, E. 2005. Using blood urea nitrogen to predict nitrogen excretion and efficiency of nitrogen utilization in cattle, sheep, goats, horses, pigs and rats. *J. Anim. Sci.* 83: 879-889.
- Maha, E.A.; Elgasim, A.E.; Zaghoul, A.H.; Mahfouz, M.B. 2011. Application of inulin and mucilage as stabilizer in yoghurt. *Am. J. Food Technol.* 6: 31-39.
- O'Brien, B.; Guinee, T.P. 2011. Milk: seasonal effects on processing properties of cows' milk. In: Fuquay, J.W.; Fox, P.F.; McSweeney, P.L.H. (Editors). *Encyclopedia of Dairy Science*, 2nd edition. Academic Press, San Diego, CA.
- Pirkul, T.; Temiz, A.; Kemal, Y. 1998. Fortification of yoghurt with calcium salts and its effects on starter microorganism and yoghurt quality. *International Dairy Journal* 11: 547-551.
- Tamime, A.Y.; Robinson, R.K. 1999. *Yogurt: Science and Technology*. 2nd ed. Woodhead Publishing, England.
- Trckova, J.; Stetina, J.; Kansky, J. 2004. Influence of protein concentration on rheological properties of carrageenan gels in milk. *Int. Dairy J.* 14: 337-343.
- Van Der Have, A.J.; Deen, J.R.; Mulder, H. 1979. Composition of cow's milk. 4. The calculation of the titratable acidity studied with separate milkings of individual cows. *Netherlands Milk and Dairy Journal* 33: 164 - 171.
- Verbeken, D.; Bael, K.; Thas, O.; Dewettinck, K. 2006. Interactions between k-carrageenan, milk proteins and modified starch in sterilized dairy desserts. *Int. Dairy J.* 16: 482-488.
- Walstra, P.; Jenness, R. 1984. *Dairy Chemistry and Physics*. John Wiley & Sons Inc., New York, NY.