

El tratamiento térmico del calostro aumenta la absorción de inmunoglobulinas G en terneras Holstein¹

Heat treatment of colostrum increases immunoglobulin absorption in Holstein heifer calves

Ericka Salazar-Acosta², Jorge Alberto Elizondo-Salazar³

¹ Recibido: 12 de febrero, 2018. Aceptado: 18 de junio, 2018. Este trabajo formó parte del proyecto de investigación inscrito en la Vicerrectoría de Investigación, No. 737-B4-222. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

² Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Centro de Investigación en Nutrición Animal e Instituto de Investigaciones Agrícolas. San José, Costa Rica. erickasalazaracosta@ucr.ac.cr

³ Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Estación Experimental Alfredo Volio Mata e Instituto de Investigaciones Agrícolas. Cartago, Costa Rica. jorge.elizondosalazar@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0003-2603-9635>)

Resumen

Introducción. La mejor defensa contra patógenos invasores en las terneras recién nacidas, son las inmunoglobulinas provenientes del calostro que se absorben a nivel intestinal. **Objetivo.** El objetivo de este trabajo fue determinar la eficacia en la absorción de inmunoglobulinas G (IgG) en terneras de raza Holstein, mediante el suministro de calostro de mala y buena calidad tratado térmicamente. **Materiales y métodos.** El estudio se llevó a cabo de agosto del 2016 a agosto del 2017 en una finca lechera comercial en Las Nubes de Coronado, San José, Costa Rica. Se recolectó calostro de primer ordeño de cincuenta vacas Holstein, se depositó en recipientes plásticos y se clasificó de acuerdo con su calidad (mala < 50 y buena ≥ 50 g de inmunoglobulinas/l). El calostro, dentro de cada categoría, se mezcló para crear dos lotes uniformes; la mitad (35 l) de cada lote fue envasado en recipientes debidamente identificados y congelados hasta que se requirió para alimentación (calostro sin tratamiento térmico). Las otras dos mitades de cada lote se trataron térmicamente por separado en un pasteurizador comercial a 60 °C durante 30 min. Los diferentes calostros se analizaron para coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli*, concentración de grasa, proteína cruda, lactosa, sólidos totales y total de IgG. Se obtuvo muestras de sangre de 36 terneras que fueron analizadas para proteína sérica total, IgG y °Brix. **Resultados.** El tratamiento térmico redujo significativamente la población bacteriana, mantuvo la concentración de IgG y aumentó significativamente (P<0,001) la concentración de IgG en el suero sanguíneo, pasando de 15,9 a 23,8 y 3,9 a 8, para los grupos de buena y mala calidad, respectivamente, e incrementó la eficiencia aparente de absorción, pasando de 16,0 a 31,1% para el grupo de terneras que consumió calostro de alta calidad y de 12,7 a 32,7% para el grupo que consumió calostro de mala calidad. **Conclusión.** Suministrar calostro tratado térmicamente a terneras Holstein recién nacidas aumentó significativamente la eficiencia aparente de absorción, y por tanto, la concentración de IgG en el suero sanguíneo de los animales.

Palabras clave: inmunidad maternal, inmunidad pasiva, pasteurización, refractometría.

Abstract

Introduction. The best line of defense against invading pathogens in the newborn dairy calf is the immunoglobulins from colostrum that are absorbed in the small intestine. **Objective.** The objective of this work was to determine the



efficiency of absorption of immunoglobulins G (IgG) in Holstein heifer calves by supplying low and good quality heat-treated colostrum. **Materials and methods.** The study was carried out from August 2016 to August 2017 in a commercial dairy farm in Las Nubes de Coronado, San José, Costa Rica. First milking colostrum was collected from fifty Holstein cows, placed into plastic containers and separated into two categories (low<50 and high \geq 50 g of immunoglobulin/l). Colostrum within each category was pooled and mixed to create two unique uniform batches, half of each batch (35 l) was transferred into containers properly identified and frozen until required for feeding (colostrum without heat treatment). The remaining half of each colostrum half was heated to 60 °C and maintained for 30 min in a commercial pasteurizer. The different colostrum were analyzed for total coliforms, fecal coliforms and *E. coli*, fat, crude protein, lactose, total solids and total IgG concentration. Blood samples were obtained from 36 calves and were analyzed for total serum protein, IgG and °Brix. **Results.** Heat treatment significantly reduced bacterial population and maintained IgG concentration. Heat treatment significantly increased ($P<0.001$) total serum IgG concentration regardless of colostrum quality. IgG concentration increased from 15.9 to 23.8 and 3.9 to 8.1 % for the high and low quality group, respectively. Heat treatment also increased apparent efficiency of absorption; there was an increase from 16.0 to 31.1% for the group of calves consuming high quality colostrum and from 12.7 to 32.7% for the group consuming low quality colostrum. **Conclusion.** Feeding heat-treated colostrum to new born Holstein heifer calves significantly increased apparent efficiency of absorption, therefore, IgG concentration in animals' blood serum.

Keywords: maternal immunity, passive immunity, pasteurization, refractometry.

Introducción

Las terneras nacen con una concentración de inmunoglobulinas (Igs) muy baja o nula (Elizondo-Salazar y Heinrichs, 2009a), por lo que, estas importantes proteínas deben ser proporcionadas, a través del calostro o sustitutos de este (Weaver et al., 2000), en una cantidad adecuada y de manera oportuna para asegurar una efectiva transferencia de inmunidad pasiva (TIP) (LeBlanc et al., 2006). Las recomendaciones actuales con respecto a la alimentación de calostro, proponen alimentar con cuatro litros de buena calidad (>50 g de Igs/l) en las primeras ocho horas de vida, donde al menos 100 g de Igs deben suministrarse en las primeras dos horas de vida (Godden, 2008).

Se han evaluado varios métodos para determinar con precisión el estado de la TIP en terneras, los cuales incluyen la medición directa de inmunoglobulinas séricas (principalmente la IgG), por medio de la inmunodifusión radial u otras pruebas de ELISA (Filteau et al., 2003). También existen otros métodos indirectos para estimar la concentración de Igs, como la medición de las proteínas totales en suero por refractometría, ya que, durante la primera semana de vida, los mayores constituyentes de las proteínas séricas totales son las Igs provenientes del calostro (Wallace et al., 2006; Trotz-Williams et al., 2008).

Una adecuada TIP se ha correlacionado con una menor incidencia de enfermedades, menor edad para alcanzar el peso a primer servicio y una mayor producción de leche durante la primera lactancia (DeNise et al., 1989; Furman-Fratczak et al., 2011). Sin embargo, el porcentaje de animales que experimentan una falla en la TIP en Costa Rica podría alcanzar hasta un 40% (Elizondo-Salazar, 2015).

Estudios recientes sugieren que el tratamiento térmico del calostro, conocido como pasteurización del calostro, podría ser una práctica de manejo adicional para mejorar la absorción de Igs en reemplazos de lechería (Johnson et al., 2007; Elizondo-Salazar y Heinrichs, 2009a, 2009b; Godden et al., 2012).

Los mecanismos por los que el tratamiento térmico mejora la absorción de Igs en las terneras no han sido demostrados todavía, pero la hipótesis actual sugiere que la presencia de bacterias a nivel intestinal durante la alimentación con calostro podría interferir con la absorción sistémica de las moléculas de Igs, ya que, las bacterias

presentes en el calostro son capaces de unirse a las Igs e impedir la adherencia óptima en los receptores presentes en la mucosa intestinal o competir por receptores comunes (James y Polan, 1978; James et al., 1981; Staley y Bush, 1985); de esta manera, el tratamiento térmico, al reducir la carga microbiológica, disminuye la población de patógenos que llegan al intestino y así, los anticuerpos estarán libres para adherirse a los receptores y poder ser absorbidos. Por su parte, Elizondo-Salazar y Heinrichs (2009a) hipotetizaron que el tratamiento térmico podría desnaturalizar otras proteínas que compiten con la absorción de Igs, lo que permite una mayor absorción intestinal de estas.

El tratamiento térmico del calostro a 60 °C por 30 o 60 min, ha demostrado disminuir la carga bacteriana sin reducir significativamente la viscosidad o la concentración de Igs (Godden et al., 2006; McMartin et al., 2006; Elizondo-Salazar y Heinrichs, 2009a).

La concentración de inmunoglobulinas en el calostro al momento del parto es altamente variable entre vacas (Elizondo-Salazar, 2007). Un estudio realizado por Elizondo-Salazar (2015) demostró que la concentración de Igs totales en 537 muestras de calostro, varió entre 10 y 140 g/l, con un promedio de 85 g/l, y del total de muestras que analizó, un 13,2% presentaron una concentración inadecuada de Igs (≤ 50 g/l).

En el ámbito científico, hay pocas investigaciones que hayan estudiado el efecto del tratamiento térmico del calostro sobre la absorción de Igs en terneras de lechería, y los más significativos han comparado el efecto del tratamiento térmico en calostros que contienen entre 65 y 75 g/l de inmunoglobulinas G (IgG) (Johnson et al., 2007; Elizondo-Salazar y Heinrichs, 2009a, 2009b; Godden et al., 2012), pero se desconoce si el calostro de mala calidad (< 50 g de inmunoglobulinas/l) tratado térmicamente puede afectar la absorción de Igs.

El objetivo de este trabajo fue determinar la eficacia en la absorción de inmunoglobulinas G (IgG) en terneras de raza Holstein, mediante el suministro de calostro de mala y buena calidad, tratado térmicamente.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo de agosto del 2016 a agosto del 2017 en Finca La Holanda, ubicada en Las Nubes de Coronado, San José, Costa Rica; a 1750 msnm, con una temperatura promedio de 20 °C y una humedad relativa promedio del 85% (IMN, 2016).

Durante el último trimestre del año 2016, se recolectaron 140 l de calostro de primer ordeño provenientes de vacas Holstein primíparas y múltiparas, los cuales se depositaron en recipientes plásticos de dos litros y se almacenaron en un congelador para ser utilizados en el 2017. El calostro se descongeló a 4 °C y se separó en dos categorías de acuerdo con su concentración de inmunoglobulinas (Igs) (mala < 50 g/l y buena ≥ 50 g/l), determinada con un calostrómetro. El calostro dentro de cada categoría se mezcló para crear dos lotes uniformes. La mitad (35 l) de cada lote fue envasada en recipientes de dos litros debidamente identificados y vueltos a congelar hasta que se requirió para alimentación (calostro sin tratamiento térmico). Las otras dos mitades de cada lote se trataron térmicamente por separado en un pasteurizador comercial a 60 °C durante 30 min, que ha sido la temperatura y tiempo adecuado para reducir el conteo bacteriano y mantener la viscosidad y la concentración de IgG (Elizondo-Salazar y Heinrichs, 2009a; Elizondo-Salazar et al., 2010). Este calostro también se depositó en recipientes de dos litros que se identificaron apropiadamente, y se congelaron hasta que se requirió para alimentación (calostro con tratamiento térmico).

Antes del congelamiento, de cada lote se tomó tres muestras para analizarlas para coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli* (laboratorio de Microbiología de la Universidad de Costa Rica), concentración de grasa, proteína cruda, lactosa y sólidos totales (Estación Experimental Alfredo Volio Mata), concentración de Igs con un calostrómetro, y concentración de IgG por medio de inmunodifusión radial (Triple J Farms, Bellingham, Wa).

Los tratamientos utilizados fueron: calostro de buena calidad tratado térmicamente, calostro de buena calidad sin tratar, calostro de mala calidad tratado térmicamente y calostro de mala calidad sin tratar. Se utilizaron un total

de 36 terneras de la raza Holstein (nueve por tratamiento). Cada ternera se separó de su madre 30 min después del nacimiento, sin haber sido amamantadas, se les suministró aleatoriamente 3,5 l de calostro de un tratamiento en las primeras dos horas de nacidas, por medio un alimentador esofágico.

Los animales se pesaron al nacimiento antes de la alimentación con calostro, medida que se utilizó para calcular la eficiencia aparente de absorción (Quigley y Drewry, 1998). Luego del consumo de calostro, a los animales se les ofreció leche íntegra a razón de cuatro litros por día (2 l am y 2 l pm).

Transcurridas 48 h pos-alimentación del calostro, se procedió a tomar una muestra de sangre de las terneras, mediante el método de venopunción yugular. Las muestras se colectaron en tubos de 10 ml sin anticoagulante (Trotz-Williams et al., 2008) y se almacenaron a una temperatura de 4 °C por un período de 24 h. Una vez que se cumplió este lapso, se centrifugaron a 3000 rpm durante 15 min (Johnson et al., 2007). Posteriormente, se tomó una o dos gotas del líquido sobrenadante del tubo (suero sanguíneo) y se procedió a realizar la lectura por medio de un refractómetro de mano (Atago Master-SUR/N α , Bellevue, Washington, USA), el cual provee una lectura de la concentración de la proteína sérica total (g/dl de suero sanguíneo) y los grados Brix; también se determinó la concentración de IgG con un kit de inmunodifusión radial (Triple J Farms, Bellingham, Wa).

Todos los datos se analizaron con base en el procedimiento MIXED de SAS (SAS, 2011), donde la ternera se consideró como el efecto aleatorio. La calidad del calostro (mala o buena), el tratamiento (sin o con tratamiento térmico) y sus interacciones, se incluyeron como efectos fijos. La comparación entre medias se realizó mediante la prueba de Tukey-Kramer en aquellas variables explicativas que resultaron significativas ($P < 0,05$).

Resultados

Calidad del calostro

La descripción de los parámetros de calidad del calostro utilizado en el presente ensayo para los diferentes tratamientos se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Calidad nutricional y concentración de inmunoglobulinas G (IgG) en los calostros utilizados para determinar la eficacia de su absorción en terneras Holstein. San José, Costa Rica. 2017.

Table 1. Nutritional quality and immunoglobulins G (IgG) concentration in colostrum used to determine efficiency of absorption in Holstein heifer calves. San José, Costa Rica. 2017.

Calostro	Grasa, %	Proteína, %	Lactosa, %	Sólidos, %	IgG, g/l
Buena calidad					
Tratado	5,7 \pm 0,1 a	13,0 \pm 0,1 a	3,1 \pm 0,1 b	23,2 \pm 0,3 a	56,2 \pm 2,5 a
Sin tratar	5,8 \pm 0,1 a	13,0 \pm 0,1 a	3,0 \pm 0,1 b	23,1 \pm 0,3 a	60,4 \pm 3,7 a
Mala calidad					
Tratado	3,6 \pm 0,1 b	7,7 \pm 0,1 b	3,8 \pm 0,1 a	16,2 \pm 0,3 b	20,1 \pm 3,5 b
Sin tratar	3,7 \pm 0,1 b	7,6 \pm 0,1 b	3,8 \pm 0,1 a	16,1 \pm 0,3 b	22,5 \pm 2,2 b

Valores dentro de una misma columna con diferente letra difieren significativamente ($P < 0,01$) / Values within the same column with different letter are significantly different ($P < 0,01$).

La calidad del calostro difirió significativamente ($P < 0,01$) entre las diferentes categorías (mala y buena), siendo el calostro de buena calidad el que presentó la mayor concentración de grasa (5,75%), proteína (13,0%), sólidos totales (23,1%) e IgG (58,3 g/l).

El calostro de buena calidad presentó una concentración de IgG superior a 56 g/l, mientras que, el de mala calidad fue inferior a 22,5 g/l.

No se encontraron diferencias significativas ($P>0,05$) en el conteo bacterial entre las categorías de calidad de calostro antes del tratamiento térmico (Cuadro 2); sin embargo, la pasteurización redujo significativamente ($P<0,01$) los coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli*.

Cuadro 2. Calidad microbiológica del calostro (NMP/ml) empleado para determinar la eficacia de su absorción en terneras Holstein, según cada tratamiento. San José, Costa Rica. 2017.

Table 2. Microbiological quality of the colostrum (MPN/ml) used to determine efficiency of absorption in Holstein heifer calves. San José, Costa Rica. 2017.

Calostro	NMP/ml		
	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>E. coli</i>
Buena calidad			
Tratado	1,8 ± 1,5 a	<1,8 ± 1,5 a	<1,8 ± 1,5 a
Sin tratar	>1600 ± 100 b	>1600 ± 100 b	>1600 ± 100 b
Mala calidad			
Tratado	1,8 ± 1,5 a	<1,8 ± 1,5 a	<1,8 ± 1,5 a
Sin tratar	>1600 ± 100 b	>1600 ± 100 b	>1600 ± 100 b

Valores dentro de una misma columna con diferente letra difieren significativamente ($P<0,01$) / Values within the same column with different letter are significantly different ($P<0,01$).

NMP: número más probable / MPN: most probable number.

Efecto del tratamiento térmico sobre la concentración de proteína sérica total (PST), inmunoglobulinas G (IgG) y °Brix en suero sanguíneo y eficiencia aparente de absorción de IgG

La concentración de proteína sérica total (PST), inmunoglobulinas G (IgG) y °Brix determinada en el suero sanguíneo de las terneras utilizadas en el experimento, y la eficiencia aparente de absorción se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Concentración de proteína sérica total (PST) e inmunoglobulinas G (IgG), y °Brix en suero sanguíneo, y eficiencia aparente de absorción (EAA) en las terneras Holstein utilizadas en cada tratamiento. San José, Costa Rica. 2017.

Table 3. Total serum protein (TSP) and IgG concentration, and °Brix in blood serum, and apparent efficiency of absorption (AEA) in Holstein heifer calves used in each treatment. San José, Costa Rica. 2017.

Calostro	PST, g/dl	IgG, g/l	EAA, %	BRIX, °Bx
Buena calidad				
Tratado	6,8 ± 0,5 a	23,8 ± 3,8 a	31,1 ± 3,1 a	10,5 ± 0,7 a
Sin tratar	5,6 ± 0,5 b	15,9 ± 1,8 b	16,0 ± 2,5 b	8,9 ± 0,7 b
Mala calidad				
Tratado	4,8 ± 0,3 c	8,1 ± 0,7 c	32,7 ± 4,0 a	8,2 ± 0,6 b
Sin tratar	4,0 ± 0,2 d	3,9 ± 1,9 d	12,7 ± 2,0 b	7,6 ± 0,3 b

Valores dentro de una misma columna con diferente letra difieren significativamente ($P<0,001$) / Values within the same column with different letter are significantly different ($P<0,001$).

EAA: Eficiencia aparente de absorción determinada de acuerdo a Quigley y Drewry (1998) con base en un volumen de sangre del 7% del peso vivo al nacimiento / AEA: Apparent efficiency of absorption according to Quigley and Drewry (1998) using a blood volume of 7% of body weight at birth.

Se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0,001$) entre tratamientos, para la concentración de PST. Los valores promedio para las terneras que consumieron calostro de buena calidad tratado, de buena calidad sin tratar, mala calidad tratado y de mala calidad sin tratar fueron 6,8; 5,6, 4,8 y 4,0, respectivamente.

La concentración de IgG en el suero sanguíneo de las terneras fue superior en el grupo que consumió calostro de alta calidad, con respecto al grupo de terneras que consumió calostro de baja calidad, y el tratamiento térmico tuvo un efecto significativo en la eficiencia aparente de absorción, lo que repercutió significativamente sobre la concentración de IgG en sangre.

Los °Brix también fueron más altos en las terneras que consumieron calostro de buena calidad tratado, con respecto al grupo de terneras que consumió calostro de mala calidad.

Discusión

Calidad del calostro

La calidad del calostro difirió ($P < 0,01$) entre las diferentes categorías (bueno y malo). El calostro de buena calidad presentó las mayores concentraciones de grasa, proteína, sólidos totales e IgG. Los valores obtenidos de grasa, proteína lactosa y sólidos totales fueron muy similares a los encontrados por Davis y Drackley (1998).

El tratamiento térmico no tuvo un efecto ($P > 0,05$) sobre la concentración de IgG. Diversos estudios han demostrado que la reducción es muy baja o nula cuando se utiliza calor a 60 °C durante 30 o 60 min (Godden et al., 2006; Elizondo-Salazar et al., 2010; Donahue et al., 2012).

Los factores inmunológicos presentes en el calostro son de vital importancia para una adecuada salud y un buen desarrollo de las terneras, pero la contaminación bacteriana puede reducir dichos beneficios.

Algunos de los patógenos que pueden estar presentes en el calostro, ya sea provenientes de la glándula mamaria o de la contaminación en el manejo del mismo, y que pueden ser transmitidos a las terneras incluyen: *Mycobacterium avium* spp. paratuberculosis, *Salmonella* spp., *Mycoplasma* spp., *Listeria monocytogens*, *Campylobacter* spp., *Mycobacterium bovis* y *E. coli* (Domínguez et al., 1997; Stabel, 2001; Stabel et al., 2004; Godden et al., 2006). Estos agentes infecciosos pueden ocasionar enfermedades como la enteritis y la septicemia. También la presencia de bacterias en el intestino delgado puede interferir con la absorción de las Igs (Stewart et al., 2005). Tal como se indicó anteriormente, otros estudios han demostrado una reducción significativa en el conteo bacteriano del calostro tratado con calor a 60 °C durante 30 o 60 minutos (Godden et al., 2006; Elizondo-Salazar et al., 2010; Donahue et al., 2012). Tal como ocurrió en este estudio, el tratamiento térmico redujo significativamente ($P < 0,01$) los coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli*.

Efecto del tratamiento térmico sobre la concentración de proteína sérica total (PST), inmunoglobulinas G (IgG) y °Brix en suero sanguíneo y eficiencia aparente de absorción de IgG

Las terneras presentan una falla en la adquisición de inmunidad pasiva (Donovan et al., 1998) cuando la concentración de PST es menor a 5,2 g/dl; sin embargo, otros autores consideran que estas deben presentar concentraciones mayores a 6,0 g/dl (Davis y Drackley, 1998), por lo que, para fines del presente estudio se consideró una falla en la adquisición de inmunidad pasiva cuando la concentración de PST fue menor a 5,5 g/dl. Las terneras que consumieron el calostro de buena calidad presentaron una adecuada transferencia de inmunidad pasiva, mientras que, las terneras que consumieron el calostro de mala calidad no lograron alcanzar la concentración de 5,5 g/dl. Se dio una interacción entre la calidad del calostro y el tratamiento térmico, en la que se pudo notar como el tratamiento térmico mejoró la concentración de PST en un 15% en el calostro de mala calidad (0,7 g/dl) y en un

18% en el de buena calidad (1,2 g/dl). El efecto del tratamiento térmico fue más pronunciado cuando las terneras recibieron calostro de buena calidad.

La concentración de PST y de inmunoglobulinas G (IgG) están positivamente correlacionadas (Weaver et al., 2000), por lo que, terneras con mayor concentración de PST se espera que tengan una mayor concentración de IgG, tal como sucedió en el presente ensayo (Cuadro 3). La absorción de IgG se incrementó en aquellas terneras que consumieron calostro tratado térmicamente, sin importar su calidad. El tratamiento térmico causó que la concentración de IgG aumentara en un 31 y 51% para el grupo de buena y mala calidad, respectivamente. Estos resultados, conjuntamente con aquellos obtenidos por Johnson et al. (2007), Elizondo-Salazar y Heinrichs (2009a; 2009b) y Godden et al. (2012), soportan el hecho de que el tratamiento térmico incrementa la absorción de IgG. Así por ej., Johnson et al. (2007) reportaron un incremento del 19% cuando a un grupo de terneras se le ofreció calostro tratado térmicamente con una concentración de 73 g/l.

Una adecuada transferencia de inmunidad pasiva requiere de una concentración de IgG en suero sanguíneo de al menos 10 g/l (Nousiainen et al., 1994; Weaver et al., 2000; Godden, 2008). Solo el grupo de terneras que consumieron calostro de buena calidad pudieron alcanzar y sobrepasar dicha concentración. La concentración de Igs en el suero sanguíneo de terneras, medida entre 24 y 36 horas de vida, ha sido utilizada como el estándar para determinar la transferencia de inmunidad pasiva. Muchos factores afectan la concentración de Igs en el suero sanguíneo, entre ellas el sexo del recién nacido, la edad a la primera toma de calostro, el peso del animal y la cantidad de Igs consumidas (Elizondo-Salazar, 2007). A pesar de que, la medición de Igs puede proveer un indicativo de la susceptibilidad a enfermedades, no provee información relacionada con la dinámica de la absorción de Igs.

Para un mejor entendimiento de la naturaleza de la absorción de Igs y el manejo requerido para proveer una adecuada transferencia de inmunidad, se hace necesario calcular la eficiencia aparente de absorción (EAA), que mide la eficiencia con la que las Igs son absorbidas (Quigley y Dewry, 1998). En el presente estudio, el tratamiento térmico incrementó la EAA sin importar la calidad del calostro, con 48% en el grupo de terneras que consumieron calostro de buena calidad y 61% en el grupo que consumió el de mala calidad. Estos incrementos fueron muy superiores a los reportados por otros autores, quienes encontraron aumentos del 17% y del 26% (Elizondo-Salazar y Heinrichs, 2009a), y de 33,2 y 43,9%, respectivamente, en la EAA para terneras que fueron alimentadas con calostros tratados térmicamente (Elizondo-Salazar y Heinrichs, 2009b). Según una recopilación realizada por Quigley y Dewry (1998), en donde reportaron valores de EAA de diferentes estudios, el rango varió entre 8 y 88%.

El incremento en la absorción de Igs y en la EAA, pudo darse debido a que la presencia de bacterias a nivel intestinal durante la alimentación de calostro podría interferir con la absorción sistémica de las moléculas de Igs, ya que, las bacterias presentes en el calostro son capaces de unirse a las Igs e impedir la adherencia óptima en los receptores presentes en la mucosa intestinal o competir por receptores comunes (James y Polan, 1978; James et al., 1981; Staley y Bush, 1985); de esta manera, el tratamiento térmico al reducir la carga microbiológica, disminuye la población de patógenos que ingresan al intestino y así los anticuerpos estarán libres para ser absorbidos. Además, el tratamiento térmico podría desnaturalizar otras proteínas que compiten con la absorción de Igs, lo cual permite una mayor absorción intestinal (Elizondo-Salazar y Heinrichs, 2009a).

El calostro, además de contener grasa, proteína, vitaminas y minerales, está ampliamente conformado por azúcares que le permiten complementar la nutrición de la ternera durante sus primeras horas de vida. Estos azúcares son considerados sólidos solubles que pueden ser medidos fácilmente por un refractómetro Brix, que mide la concentración de sacarosa en líquidos como jugos de frutas, jugo de caña y vinos (Deelen et al., 2014; Hernández et al., 2016). Estudios recientes sugieren que el refractómetro Brix puede utilizarse para estimar la concentración de IgG en el suero sanguíneo de terneras con el fin de determinar la transferencia de inmunidad pasiva (Deelen et al., 2014; Hernández et al., 2016). La mejor combinación de sensibilidad (88,9%) y especificidad (88,9%), según Deelen et al. (2014), se dio para una concentración de 8,4 °Brix, mientras que Hernández et al. (2016) indicaron que

la mejor combinación de sensibilidad (100%) y especificidad (89,2%) se dio para una concentración $\geq 8,5$ °Brix. En el presente ensayo, solamente el grupo de terneras que consumieron calostro de buena calidad pudieron alcanzar y sobrepasar dicho porcentaje y el tratamiento térmico incrementó en un 15 y 7% los °Brix en suero sanguíneo de las terneras que consumieron calostro de buena y de mala calidad, respectivamente.

Conclusiones

El tratamiento térmico del calostro redujo significativamente la población bacteriana y mantuvo la concentración de inmunoglobulinas G (IgG).

El suministrar calostro tratado térmicamente, a terneras de la raza Holstein recién nacidas, aumentó significativamente la eficiencia aparente de absorción y por lo tanto, la concentración de IgG en el suero sanguíneo de los animales.

Literatura citada

- Davis, C.L., and J.K. Drackley. 1998. The development, nutrition, and management of the young calf. Iowa State University Press, Ames, IA, USA.
- Deelen, S.M., T.L. Ollivett, D.M. Haines, and K.E. Leslie. 2014. Evaluation of a Brix refractometer to estimate serum immunoglobulin G concentration in neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.* 97:3838-3844. doi:10.3168/jds.2014-7939
- DeNise, S.K., J.D. Robison, G.H. Stott, and D.V. Armstrong. 1989. Effects of passive immunity on subsequent production in dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 72:552-554. doi:10.3168/jds.S0022-0302(89)79140-2
- Donahue, M., S. M. Godden, R. Bey, S. Wells, J. M. Oakes, S. Sreevatsan, J. Stabel, and J. Fetrow. 2012. Heat-treatment of colostrum on commercial dairy farms reduces colostrum microbial counts while maintaining colostrum immunoglobulin G concentrations. *J. Dairy Sci.* 95:2697-2702. doi:10.3168/jds.2011-5220
- Donovan, G.A., I.R. Dahoo, D.M. Montgomery, and F.L. Bennett. 1998. Associations between passive transfer immunity and morbidity and mortality in dairy heifers in Florida, USA. *Prevent. Vet. Med.* 34:31-46. doi:10.1016/S0167-5877(97)00060-3
- Dominguez, E., M.D. Perez, and M. Calvo. 1997. Effect of heat treatment on the antigen-binding activity of antiperoxidase immunoglobulins in bovine colostrum. *J. Dairy Sci.* 80:3182-3187. doi:10.3168/jds.S0022-0302(97)76290-8
- Elizondo-Salazar, J.A. 2007. Alimentación y manejo del calostro en el ganado de leche. *Agron. Mesoam.* 18:271-281. doi:10.15517/am.v18i2.5057
- Elizondo-Salazar, J.A. 2015. Caracterización de la transferencia de inmunidad pasiva en terneras de lechería. *Agron. Mesoam.* 26:203-209. doi:10.15517/am.v26i2.19276
- Elizondo-Salazar, J.A., and A.J. Heinrichs. 2009a. Feeding heat-treated colostrum to neonatal dairy heifers: Effects on growth characteristics and blood parameters. *J. Dairy Sci.* 92:3265-3273. doi:10.3168/jds.2008-1667
- Elizondo-Salazar, J.A., and A.J. Heinrichs. 2009b. Feeding heat-treated colostrum or unheated colostrum with two different bacterial concentrations to neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.* 92:4565-4571. doi:10.3168/jds.2009-2188
- Elizondo-Salazar, J.A., B.M. Jayarao, and A.J. Heinrichs. 2010. Effect of heat treatment of bovine colostrum on bacterial counts, viscosity, and immunoglobulin G concentration. *J. Dairy Sci.* 93:961-967. doi:10.3168/jds.2009-2388

- Filteau, V., E. Bouchard, G. Fecteau, L. Dutil, and D. Du-Tremblay. 2003. Health status and risk factors associated with failure of passive transfer of immunity in newborn beef calves in Quebec. *Can. Vet. J.* 44:907-913.
- Furman-Fratczak, K.A., A. Rzasa, and T. Stefaniak. 2011. The influence of colostrum immunoglobulin concentration in heifer calves' serum on their health and growth. *J. Dairy Sci.* 94:5536-5543. doi:10.3168/jds.2010-3253
- Godden, S. 2008. Colostrum management for dairy calves. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 24:19-39. doi:10.1016/j.cvfa.2007.10.005
- Godden, S., S. McMartin, J. Feirtag, J. Stabel, R. Bey, S. Goyal, L. Metzger, J. Fetrow, S. Wells, and H. Chester-Jones. 2006. Heat treatment of bovine colostrum. II. Effects of heating duration on pathogen viability and immunoglobulin G. *J. Dairy Sci.* 89:3476-3483. doi:10.3168/jds.S0022-0302(06)72386-4
- Godden, S.M., D.J. Smolenski, M. Donahue, J.M. Oakes, R. Bey, S. Wells, S. Sreevatsan, J. Stabel, and J. Fetrow. 2012. Heat-treated colostrum and reduced morbidity in preweaned dairy calves: Results of a randomized trial and examination of mechanisms of effectiveness. *J. Dairy Sci.* 95:4029-4040. doi:10.3168/jds.2011-5275
- Hernandez, D., D. Nydam, S.M. Godden, L.S. Bristol, A. Kryzer, J. Ranum, and D. Schaefer. 2016. Brix refractometry in serum as a measure of failure of passive transfer compared to measured immunoglobulin G and total protein by refractometry in serum from dairy calves. *Vet. J.* 211:82-87. doi:10.1016/j.tvjl.2015.11.004
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional). 2016. Condiciones actuales del tiempo. IMN, San José, CRC. <https://www.imn.ac.cr/especial/estacionPatio.html> (consultado 1 may. 2016).
- James, R.E., and C.E. Polan. 1978. Effect of orally administered duodenal fluid on serum proteins in neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 61:1444-1449. doi:10.3168/jds.S0022-0302(78)83747-3
- James, R.E., C.E. Polan, and K.A. Cummins. 1981. Influence of administered indigenous microorganisms on uptake of iodine γ -globulin *in vivo* by intestinal segments of neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 64:52-61. doi:10.3168/jds.S0022-0302(81)82528-3
- Johnson, J.L., S.M. Godden, T. Molitor, T. Ames, and D. Hagman. 2007. Effects of feeding heat-treated colostrum on passive transfer of immunity and nutritional parameters in neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.* 90:5189-5198. doi:10.3168/jds.2007-0219
- LeBlanc, S.J., K.D. Lissemore, D.F. Kelton, T.F. Duffield, and K.E. Leslie. 2006. Major advances in disease prevention in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89:1267-1279. doi:10.3168/jds.S0022-0302(06)72195-6
- McMartin, S., S. Godden, L. Metzger, J. Feirtag, R. Bey, J. Stabel, S. Goyal, J. Fetrow, S. Wells, and H. Chester-Jones. 2006. Heat treatment of bovine colostrum. I. Effects of temperature on viscosity and immunoglobulin G level. *J. Dairy Sci.* 89:2110-2118. doi:10.3168/jds.S0022-0302(06)72281-0
- Nousiainen, J., H. Korhonen, E.L. Syväoja, S. Savolainen, H. Saloniemi, and H. Halonen. 1994. The effect of colostrum immunoglobulin supplement on the passive immunity, growth and health of neonatal calves. *Agric. Sci. Finland* 3:421-428. doi:10.23986/afsci.72710
- Quigley, J.D., and J.J. Drewry. 1998. Nutrient and immunity transfer from cow to calf pre- and postcalving. *J. Dairy Sci.* 81:2779-2790. doi:10.3168/jds.S0022-0302(98)75836-9
- SAS. 2011. SAS/STAT 9.2 User's guide. Version 9.2 ed. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Stabel, J.R. 2001. On-Farm batch pasteurization destroys *Mycobacterium paratuberculosis* in waste milk. *J. Dairy Sci.* 84:524-527. doi:10.3168/jds.S0022-0302(01)74503-1

- Stabel, J.R., S. Hurd, L. Calvente, and R.F. Rosenbusch. 2004. Destruction of *Mycobacterium paratuberculosis*, *Salmonella* spp., and *Mycoplasma* spp. in raw milk by a commercial on-farm high-temperature, short-time pasteurizer. *J. Dairy Sci.* 87:2177-2183. doi:10.3168/jds.S0022-0302(04)70038-7
- Staley, T.E., and L.J. Bush. 1985. Receptor mechanisms of the neonatal intestine and their relationship to immunoglobulin absorption and disease. *J. Dairy Sci.* 68:184-205. doi:10.3168/jds.S0022-0302(85)80812-2
- Stewart, S., S. Godden, R. Bey, P. Rapnicki, J. Fetrow, R. Farnworth, M. Scanlon, Y. Arnold, L. Clow, K. Mueller, and C. Ferrouillet. 2005. Preventing bacterial contamination and proliferation during the harvest, storage, and feeding of fresh bovine colostrum. *J. Dairy Sci.* 88:2571-2578. doi:10.3168/jds.S0022-0302(05)72933-7
- Trotz-Williams, L.A., K.E. Leslie, and A.S. Peregrine. 2008. Passive immunity in Ontario dairy calves and investigation of its association with calf management practices. *J. Dairy Sci.* 91:3840-3849. doi:10.3168/jds.2007-0898
- Wallace, M.M., B.D. Jarvie, N.R. Perkins, and K.E. Leslie. 2006. A comparison of serum harvesting methods and type of refractometer for determining total solids to estimate failure of passive transfer in calves. *Can. Vet. J.* 47:573-575.
- Weaver, D.M., J.W. Tyler, D.C. VanMetre, D.E. Hostetler, and G.M. Barrington. 2000. Passive transfer of colostrum immunoglobulins in calves. *J. Vet. Intern. Med.* 14:569-577. doi:10.1111/j.1939-1676.2000.tb02278.x