








Original

Calidad del calostro bovino y su relación con la genética, el manejo, la fisiología y su congelación

Ana Luiza B. Schogor¹  Ph.D; Patricia Glombowsky¹  M.Sc; Fabiana Both¹  M.Sc;
Beatriz Danieli¹  M.Sc; Fernanda Rigon¹  M.Sc; João H. Reis¹  M.Sc;
Aleksandro S. Da Silva^{1*}  Ph.D.

¹Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Department of Animal Science, Chapecó, Santa Catarina (SC), Brazil.
*Correspondence: aleksandro_ss@yahoo.com.br;

Recibido: Diciembre 2018; Aceptado: Noviembre 2019; Publicado: Enero 2020.

RESUMEN

Objetivo. Evaluar si la calidad del calostro se modifica por las características genéticas, fisiológicas y de manejo en el período preparto, así como evaluar si la calidad y composición del calostro se alteran en el proceso de congelación. **Material y métodos.** En el experimento I, se recogieron muestras de calostro y sangre de 35 vacas (18 Holstein y 17 Jersey). En el experimento II, se recolectaron seis muestras de calostro de vacas Holstein y se congelaron durante 60 días. **Resultados.** La concentración media de inmunoglobulina G (IgG) fue de 77.65 mg/ml en Jersey y de 82.77 mg/ml en Holstein. La genética, el orden de parto y la interacción entre estos factores no fueron significativos en la concentración de IgG en el calostro. Además, se observó un efecto genético de la vaca en el peso en la cría al nacer y en los tres días de edad ($p < 0.0001$). Con respecto a la transmisión de inmunidad pasiva de terneros, no se observaron efectos de la raza de la vaca y el orden de parto en la concentración de proteínas plasmáticas de la ternera, así como después de tres días de congelación. Las razas de becerros Holstein (83%) y Jersey (82%) mostraron niveles de proteína sérica total por encima de 5.5 g/dL. Las vacas Holstein alojadas en potreros individuales con suplementos dietéticos, proporcionaron una mejor calidad de calostro (93.57 mg IgG/mL). Con el tiempo, el porcentaje de grasa cambió al congelarse, que se redujo con el tiempo ($p < 0.05$) en el Experimento II. **Conclusiones.** El manejo previo al parto influye en la calidad del calostro, y la congelación no interfiere en la calidad centesimal e inmunológica del calostro, con excepción de la grasa, que disminuye a lo largo del tiempo.

Palabras clave: IgG, inmunidad, ternero, pre-parto (*Fuente: CAB, MeSH*).

ABSTRACT

Objective. The aims of this study were to assess whether colostrum quality is modified by genetic, physiological and management characteristics in the pre-partum period, as well as evaluate whether quality and composition of colostrum is altered in the freezing process. **Material and methods.** In the experiment I, colostrum and blood samples of 35 cows (18 Holstein and 17 Jerseys) were collected. In the experiment II, six colostrum samples of Holstein cows were collected and frozen during 60 days. **Results.** The mean immunoglobulin (Ig) concentration was 77.65 mg/ml to Jersey and 82.77 mg/ml to Holstein. The genetic, parturition order, and the interaction between these factors

Como citar (Vancouver).

Schogor BAL, Glombowsky P, Both F, Danieli B, Rigon F, Reis JH, Da Silva AS. Calidad del calostro bovino y su relación con la genética, el manejo, la fisiología y su congelación. Rev MVZ Córdoba. 2020; 25(1):e1465. DOI: <https://doi.org/10.21897/rmvz.1465>



©El (los) autor (es), Revista MVZ Córdoba 2020. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite a otros distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de modo no comercial, siempre y cuando den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

were no significant on IgG concentration in the colostrum. Also, it was observed an effect genetic of cow in the weight on calf at birth and on three days of age ($p < 0.0001$). Regarding transmission of calf passive immunity, no effects of cow breed and calving order were observed on plasma protein concentration of calf, as well as after three days of freezing. Calves of Holstein (83%) and Jersey (82%) breed showed total serum protein levels above 5.5 g/dL. Holstein cows housed in individual paddocks with diet supplementation provided better quality of colostrum (93.57 mg Ig/mL). Over time, the percentage of fat reduced at freezing, that reduced over time ($p < 0.05$) in Experiment II.

Conclusions. The pre-partum management exerts influence on colostrum quality, and the freezing not interfere on centesimal and immunological quality of colostrum, with exception the fat, that decrease along the time.

Keywords: IgG, immunity, calf, pre-partum (*Source: CAB, MeSH*).

INTRODUCCIÓN

El consumo de calostro es vital para aumentar la tasa de supervivencia de la ternera lechera, y algunos artículos han reportado deficiencias en la calidad y cantidad de calostro producido por las vacas lecheras (1), y el grupo genético o el orden de nacimiento son factores que interfieren en la calidad del calostro (2,3). En general, el calostro está compuesto por nutrientes esenciales para los terneros, y las inmunoglobulinas están presentes en altas concentraciones, seguidas de citocinas, leucocitos maternos, proteínas, grasas, lactosa, minerales y vitaminas; también, el calostro presenta factor de crecimiento epidérmico y factor de crecimiento similar a la insulina (4). Estos nutrientes se pueden medir para comprender la calidad del calostro, siendo un calostro con excelente calidad cuando la concentración de inmunoglobulina G (Ig) es superior a 50 mg/ml de leche (5).

Según los investigadores (6), la implantación de bancos de calostro se considera una alternativa viable para reducir los problemas relacionados con las vacas que producen calostro con menor calidad. Las muestras congeladas suministradas por los bancos de calostro pueden satisfacer las necesidades de los terneros en posibles percances, sin embargo, los animales alimentados con calostro congelado pueden tener una respuesta innata más lenta que los que reciben calostro fresco (7), ya que estudios previos han identificado que después del proceso de congelación las células no eran viables (8). Por lo tanto, su almacenamiento se considera una alternativa válida, pero es necesario conocer el mantenimiento de la calidad del calostro durante su congelación. El objetivo de este estudio fue evaluar si la calidad del calostro se modifica por las características genéticas, fisiológicas y de manejo en el período previo al parto, así como si la calidad y la composición del calostro se alteran en el proceso de congelación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Experimento I.

Localización y animales. Este experimento se llevó a cabo en granjas lecheras ubicadas en el municipio de Pinhalzinho, estado de Santa Catarina, Brasil. Se evaluaron muestras de calostro de 35 vacas lecheras (18 Holstein y 17 Jersey), y el manejo previo al parto se clasificó de la siguiente manera: potrero individual con una dieta adecuada hasta el período previo al parto; potrero colectivo (para vacas secas, vaquillas y vacas parto) sin provisión de una dieta parto o sin separación de lotes (mantenida con vacas lactantes). Este experimento se inició tan pronto como nacían los terneros, para evitar la interferencia de los manejos. Las 18 vacas Holstein produjeron 17 terneros Holstein y 1 ternero Holstein x Jersey, mientras que las 17 vacas Jersey produjeron 12 terneros Jersey y 5 Holstein x Jersey. Por lo tanto, los datos sobre terneros cruzados no se recopilaron para evitar interferencias en los datos de rendimiento.

Muestreo y análisis. Las muestras de calostro se recolectaron individualmente usando un ordeño mecánico secuencial al nacimiento. En los nacimientos durante el día, el calostro se recolectaba antes de la succión del ternero, mientras que, en los nacimientos nocturnos, el calostro se recolectaba al día siguiente solo de las áreas de la ubre que el ternero no succionaba. Se usó una alícuota de 250 mL para evaluar la concentración de inmunoglobulinas usando un calorímetro específico (Biogenics, NascoFarma & Ranch, EUA) a temperatura ambiente (25°C) de acuerdo con la escala propuesta por Fleenor y Scot (9), así: hasta 21.8 mg/L: calostro de baja calidad; 22 a 49.8 mg/L: calostro de calidad intermedia; superior a 49.9 mg/L: calostro de alta calidad. La estimación del peso al nacer se realizó con cinta métrica (Bovitec®), siguiendo el método descrito (10). Las terneras fueron alimentadas con cuatro litros de calostro dentro

del período de 8 horas después del nacimiento. Al tercer día de vida, se pesaron nuevamente los terneros (11).

The fecal condition was observed following the methodology described by Larson et al. [12], which is based on fecal score and fluidity: (a) normal and solid; (b) pasty but with health aspect; (c) aqueous consistency and (d) fluid consistency. Se recogieron muestras de sangre de todos los terneros (n=35) de la vena yugular en tubos sin anticoagulante, que permanecieron bajo refrigeración hasta la separación del suero. Posteriormente, se dividieron dos muestras de cada animal, de la siguiente manera: las primeras muestras se usaron para cuantificar el contenido de proteínas plasmáticas usando el refractómetro (Modelo ITREF-200, Instrutemp, SP), y la segunda se almacenó a -4°C durante tres días para verificar si la congelación era capaz de alterar la concentración de proteína en suero.

Análisis estadístico. Se utilizó un diseño aleatorio completo (esquema factorial 2x5), compuesto por las dos razas y los cinco pedidos de entrega. Los datos se sometieron a análisis de varianza y la prueba F proporcionó significación con una probabilidad del 5%.

Experimento II.

Localización, animales y muestreo. Los resultados obtenidos en el experimento I estimularon el desarrollo del experimento II, ya que se verificó la existencia de una variación elevada en la calidad inmunológica del calostro bovino. Así, 1 L de calostro de 6 vacas Holstein (múltiparas) ubicadas en Xanxerê (Santa Catarina, Brasil) fueron recolectadas y analizadas hasta las 6 h postparto, luego, divididas en dos alícuotas y sometidas a congelación (-20°C). Así, después de 30 y 60 días de congelación, las muestras se descongelaron en un baño de agua a 25°C, la temperatura ideal para la composición del calostro y el análisis de calidad.

Análisis. Se homogeneizaron muestras frescas y congeladas para evaluar los niveles de inmunoglobulinas usando el calostrómetro siguiendo el método descrito por Silper y colaboradores (2). Posteriormente, se analizó la composición centesimal (grasa, proteína, lactosa, densidad y minerales) utilizando infrarrojos (LactoStar Funke Gerber).

Análisis estadístico. Los datos se sometieron a la prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) y se transformaron en logaritmo. Posteriormente, los datos se sometieron a análisis de varianza a lo largo del tiempo (días 1, 30 y 60), y los resultados se presentaron como media y desviación estándar.

RESULTADOS

Experimento I.

No se observaron diferencias significativas con respecto a los grupos genéticos y el orden de nacimiento, así como su interacción, en la concentración de Ig del calostro ($p>0.05$) (Tabla 1). La concentración media de Ig fue de 77.65 mg/ml para las vacas Jersey y 82.77 mg/ml para las vacas Holstein. Además, para las vacas Holstein, 11.1 y 88.88% de las muestras se clasificaron como promedio y de alta calidad, respectivamente. Por otro lado, 5.88 y 94.12% de las muestras de vacas Jersey se clasificaron como promedio y de alta calidad, respectivamente.

Tabla 1. Concentración de inmunoglobulina (mg/ml) en calostro de vacas Holstein y Jersey.

Raza	Paridad de vaca	CI	Valor P		
			Raza (R)	Orden de nacimiento R x ON (ON)	
Holstein	1	75.0 ±30.41	0.727	0.910	0.238
	2	63.3 ±5.77			
	3	97.5 ±40.31			
	4	85.0 ±23.80			
	5	86.2 ±36.37			
Jersey	1	93.3 ±27.53	0.727	0.910	0.238
	2	93.3 ±11.54			
	3	74.0 ±20.73			
	4	65.0 ±7.07			
	5	65.0 ±25.16			

CI= Concentración de inmunoglobulinas, media seguida de desviación estándar.

Se observó un efecto genético de las vacas en el peso sobre el ternero al nacimiento y en los tres días de edad ($p<0,0001$). Al nacer, los terneros de las vacas Holstein y Jersey pesaron 39.00 (± 4.9) y 28.41 (± 2.6) kg, respectivamente, y a los tres días de edad 38.55 (± 4.8) y 28.29 (± 2.8) kg, respectivamente.

Con respecto a la transmisión de la inmunidad pasiva a los terneros, no se observaron efectos significativos de la raza de la vaca, el orden de nacimiento y su interacción en la concentración de proteínas plasmáticas de los terneros ($p>0.05$). No se observó diferencia significativa en la concentración de proteína sérica después de tres días de congelación, ya que los valores observados en el momento de la recolección fueron exactamente los mismos que los observados después de tres días. Debido a esta igualdad, los datos no fueron presentados. Es importante destacar que 83 y 82% de los terneros Holstein y Jersey presentaron una concentración de proteína total en plasma superior a 5.5 g/dl, respectivamente, lo que sugiere que la administración de calostro fue eficiente en la transmisión de la inmunidad (Tabla 2).

Tabla 2. Concentración de proteína total en plasma (g/dl) en terneros de vacas Holstein y Jersey, y porcentaje encontrado en cada extracción.

Raza de los terneros	Extracción (g/dL)	Terneros (%)
Jersey	>5.5	82
	5.4 – 5.0	6
	< 5.0	12
Holstein	>5.5	83
	5.4 – 5.0	11
	< 5.0	6

Al observar los datos sobre el manejo durante el parto, las vacas asignadas en potreros individuales con suplementos de dieta parto presentaron calostro con mejor calidad en comparación con otros potreros colectivos y sin separación por lotes (Tabla 3). Independientemente de la raza de terneros, el 94% presentó una condición fecal normal y el 6% semipastosa.

Tabla 3. Calidad del calostro (mg/ml) con diferente manejo parto (individual y colectivo) y efecto del suministro de dieta específico para este período en vacas Holstein y Jersey evaluadas en el municipio de Pinhalzinho, SC.

Manejo parto	Jersey Holstein	
	mg/mL	
Sin separación de feedlot	51.66	66.25
Potrero colectivo (vacas secas, vaquillas, lactancia)	82.50	81.42
Potrero individual con dieta parto	83.75	93.57

Experimento II.

No se observaron diferencias significativas en los niveles de IgG del calostro ($p>0.05$), porcentaje de proteínas, lactosa, minerales ni densidad ($p>0.05$) con el tiempo. El porcentaje de grasa en la leche fue el único factor que varió según la congelación del calostro y se redujo con el tiempo (Tabla 4).

Tabla 4. Niveles de IgG y composición centesimal del calostro de seis vacas de vacas Holstein y Jersey después de congelar a -20°C .

Variable	Animal	Orden de nacimiento	Día 10	Día 30	Día 60	Valor p
IgG (mg/mL)	1	1 ^a	100	105	93	* > 0.05
	2	3 ^a	140	140	140	
	3	1 ^a	45	45	40	
	4	2 ^a	92	95	95	
	5	1 ^a	93	100	100	
	6	2 ^a	81	81	81	
Media y Desviación Estándar (SD)			91.8 (± 30.6)	94.3 (± 31.1)	91.5 (± 32.2)	
Grasa (%)	1	1 ^a	4.87	4.82	4.36	* < 0.05
	2	3 ^a	12.12	9.75	5.65	
	3	1 ^a	4.08	3.95	2.71	
	4	2 ^a	5.5	3.56	4.3	
	5	1 ^a	4.65	2.97	3.3	
	6	2 ^a	4.26	4.08	2.7	
Media y Desviación Estándar (SD)			5.91 (± 3.0) ^a	4.85 (± 2.4) ^{ab}	3.83 (± 1.15) ^b	
Proteína (%)	1	1 ^a	8.65	8.89	8.73	* > 0.05
	2	3 ^a	12.2	10.6	9.73	
	3	1 ^a	5.13	8.59	5.36	
	4	2 ^a	7.99	7.04	6.8	
	5	1 ^a	7.86	8.19	7.6	
	6	2 ^a	7.97	8.04	8.0	
Media y Desviación Estándar (SD)			8.20 (± 2.2)	8.57 (± 1.19)	7.7 (± 1.52)	
Lactosa (%)	1	1 ^a	12.6	13.1	12.8	* > 0.05
	2	3 ^a	17.8	15.4	14.2	
	3	1 ^a	7.5	8.5	7.8	
	4	2 ^a	11.6	10.3	10.4	
	5	1 ^a	11.5	12.0	12.4	
	6	2 ^a	11.6	11.8	13.3	
Media y Desviación Estándar (SD)			12.1 (± 3.3)	11.8 (± 2.36)	11.8 (± 2.32)	
Minerales	1	1 ^a	0.65	0.66	0.68	* > 0.05
	2	3 ^a	0.20	0.17	0.10	
	3	1 ^a	0.82	0.57	0.85	
	4	2 ^a	0.68	0.59	0.70	
	5	1 ^a	0.67	0.63	0.63	
	6	2 ^a	0.56	0.62	0.63	
Media y Desviación Estándar (SD)			0.59 (± 0.21)	0.54 (± 0.13)	0.59 (± 0.26)	
Densidad	1	1 ^a	1.082	1.034	1.082	* > 0.05
	2	3 ^a	1.112	1.090	1.092	
	3	1 ^a	1.046	1.052	1.048	
	4	2 ^a	1.073	1.064	1.070	
	5	1 ^a	1.072	1.079	1.500	
	6	2 ^a	1.074	1.075	1.065	
Media y Desviación Estándar (SD)			1.076 (± 0.020)	1.066 (± 0.02)	1.143 (± 0.17)	

DISCUSIÓN

Los bovinos transportan inmunoglobulinas (Ig) al calostro a través del receptor-dependiente (Fc-receptor), que se localiza en las células epiteliales de las glándulas mamarias (13). El número absoluto de receptores y su especificidad pueden explicar la diferencia en las concentraciones de Ig en las muestras de calostro (14). La calidad del calostro se determina principalmente por la concentración de Ig (15). En esta investigación, la concentración de Ig en las muestras de calostro puede considerarse de alta calidad, según lo recomendado por la literatura (9). Sin embargo, el paso de Ig al calostro no depende absolutamente de los receptores, y puede verse influenciado por el aumento de la tasa de rendimiento, la aparición de problemas metabólicos, el nacimiento de terneros prematuros y los factores hormonales (16).

Cuando se verificó el efecto del grupo genético o el orden de nacimiento en la calidad del calostro, no se observó diferencia, en desacuerdo con lo observado por Silper et al (2). Además, el alto peso al nacer y a los tres días de edad encontrado en terneros nacidos de vacas Holstein, se atribuyó a otros factores no directamente asociados con la administración de calostro, ya que se observó una administración eficiente de calostro en los nacimientos de ambas razas. Se cree que estos factores están asociados con la edad y la alimentación de la vaca durante el período de gestación.

La diarrea neonatal puede ser provocada por la combinación de causas infecciosas y no infecciosas (17). Los más comunes son causados por la falla de la transferencia pasiva de anticuerpos, el volumen inadecuado de calostro y el deterioro en el manejo (17). La aparición de diarrea presenta una correlación negativa con la cantidad de calostro ingerido por el ternero, es decir, una menor ingesta de calostro por el ternero en las primeras horas de vida aumenta la propensión a la aparición de diarrea (15). En nuestro estudio preestablecido, no se observó diarrea en los animales con 3 días de edad, pero la diarrea en los terneros es causada comúnmente por *Escherichia coli*, *Rotavirus*, *Coronavirus* y *Cryptosporidium parvum* (17,18).

La concentración de Ig encontrada en el calostro de las vacas de 1º y 2º orden de nacimiento es superior a la encontrada en la literatura (61,98 mg/ml) (3). El orden de lactancia de las vacas puede inducir alteraciones en los niveles de Ig, ya que las vacas multíparas con 3 a 5 lactancias

presentan niveles superiores de Ig, y las vacas con 1 y 2 partos producen calostro con niveles más bajos de Ig (3). Esta variación en los niveles de Ig puede justificarse por el menor número de vacunas recibidas por vacas jóvenes en comparación con las multíparas (3). Además, es importante enfatizar que la evaluación individual del calostro para evaluar su calidad se considera primordial para el manejo de la administración del calostro (2,3).

La concentración de Ig en el calostro es estable a temperatura ambiente hasta 4 h después del parto; después de este período los niveles de IgG se reducen significativamente (3), y de esta manera, el proceso de congelación del calostro no promueve una reducción en la calidad inmunológica del calostro. El calostro se conserva con frecuencia para su uso futuro por refrigeración durante un período limitado de tiempo (9), y la congelación prácticamente no produce pérdida de nutrientes (proteínas, sólidos totales, minerales y lactosa) durante el almacenamiento, pero requiere un manejo adicional y una descongelación cuidadosa para su correcto funcionamiento (9,19). Además, el contenido de IgG no se vio afectado por el proceso de congelación (9).

El proceso de congelación tiene como objetivo preservar la calidad del calostro para su posible uso en terneros en momentos críticos, como: la calidad del calostro producido por la madre es baja, volumen insuficiente de calostro y en casos graves debido a la pérdida de la madre (20). En este sentido, se han observado estudios sobre la preservación del calostro utilizando diferentes formas, como refrigeración, congelación, aditivos químicos, pasteurización y liofilización (21,22,23,24). Sin embargo, no fue posible establecer el tiempo que el calostro permanece con la misma calidad sin cambiar la composición.

Los resultados encontrados en el presente estudio demostraron que la cantidad de grasa se va reduciendo con el tiempo de almacenamiento (-20°C), y fue similar a la encontrada por Angulo et al (3), quienes reportaron 5.2% y Sobczuk-szul et al (23) que reportaron (5.7%), hasta 1 h después del parto. En este estudio, la congelación del calostro se realizó hasta 6 h después del nacimiento. Mensualmente durante 3 meses se descongeló una muestra de calostro para realizar los análisis de calidad, y se observó una reducción en el contenido de grasa de la leche explicada por la literatura por la acción continua de la lipólisis durante la congelación y

también por la adherencia de las moléculas en el matraz (25,26,27).

Los valores medios de proteína y lactosa encontrados en las muestras de calostro difieren de los encontrados por Foley y Otter (28), que fue de 12.7% para proteínas y 2.9% para lactosa. Estos autores relataron que la diferencia en el grado de ordeño, alimentación, grupo genético e higiene promueve diferencias en la composición centesimal del calostro. El contenido mineral medio es inferior al descrito por la literatura (28), mientras que el valor medio de la densidad está de acuerdo con el valor presentado por los mismos autores.

En conclusión, el manejo durante el parto influye en la calidad del calostro. El grupo genético y la paridad de la vaca no influyen en la calidad del calostro y en la transferencia de la inmunidad pasiva a la ternera. El proceso de congelación no interfiere con la calidad inmune y centesimal del calostro, excepto por la grasa que disminuye a través del tiempo.

Comité de Ética. La metodología utilizada en el experimento fue aprobada por el Comité de Bienestar Ético y Animal de la Universidade do Estado de Santa Catarina (protocolo 5320200317).

Conflicto de intereses

Los autores declararán que no existen conflictos de interés

REFERENCIAS

1. Gavin K, Neibergs H, Hoffman A, Kiser JN, Cornmesser MA, Haredasht S, et al. Low colostrum yield in Jersey cattle and potential risk factors. *J Dairy Sci.* 2017; 101(7):1-11. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14308>
2. Silper BF, Coelho SG, Madeira MMF, Ruas JRM, Lana AMQ, Reis RB, Saturnino HM. Avaliação da qualidade do colostro e transferência de imunidade passiva em animais mestiços Holandês Zebu. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 2012; 64(2):281-285. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000200005>
3. Angulo J, Gómez LM, Mahecha L, Mejía E, Henao J, Mesa C. Calf's sex, parity and the hour of harvest after calving affect colostrum quality of dairy cows grazing under high tropical conditions. *Trop. anim. health prod.* 2015; 47(4):699-705. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0781-z>
4. Santos GT, Massuda EM, Kazama DCS, Jobim CC, Branco AF. Bovinocultura leiteira: Bases zootécnicas, fisiológicas e de produção. Maringá-Brasil: Editora da Universidade Estadual de Maringá - Eduem; 2010: 381. <http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=860278&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22BRANCO,%20A.%22&qFacets=autoria:%22BRANCO,%20A.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>
5. Pritchett LC, Gay CC, Hancock DD, Besser TE. Evaluation of the hydrometer for testing immunoglobulin G1 concentrations in Holstein colostrum. *J Dairy Sci.* 1994; 77(8):1761-1767. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77117-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77117-4)
6. Quigley JD, Lago A, Chapman C, Erickson P, Polo J. Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum. *J Dairy Sci.* 2013; 96(9):1148-1155. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5823>
7. Costa JFDR, Novo SMF, Baccili CC, Sobreira NM, Hurley DJ, Gomes V. Innate immune response in neonate Holstein heifer calves fed fresh or frozen colostrum. *Res Vet Sci.* 2017; 115(1):54-60. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.01.008>
8. Reber AJ, Donovan DC, Gabbard J, Galland K, Aceves-Avila M, Holbert KA, Marshall L, Hurley DJ. Transfer of maternal colostrum leukocytes promotes development of the neonatal immune system Part II: Effects on neonatal lymphocytes. *Vet Immunol Immunopathol.* 2008; 123:305-313. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2008.02.009>

9. Fleenor WA, Stott GH. Hydrometer Test for Estimation of Immunoglobulin Concentration in Bovine Colostrum. *J Dairy Sci.* 1980; 63(6):973-977. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)83034-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)83034-7)
10. Reis GL, Albuquerque FHMR, Valente BD, Martins GA, Teodoro RL, Ferreira MBD, Monteiro JBN, Silva MA. Prediction of live weight based on body measurements in crossbred animals Holstein/Gir. *Ciênc Rural* 2008; 38(3):778-783. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000300029>
11. Ferreira SF, Guimarães TP, Moreira KKG, Alves VA, Lemos BJM, Souza FM. Caracterização fecal de bovinos. *Rev Cien Med Vet.* 2013; 11(20):1-22. http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/gxBqUaQtId7aE3R_2013-6-21-15-54-36.pdf
12. Larson LL, Owen FG, Albright JL, Appleman RD, Lamb RC, Muller LD 1977: Guidelines toward more uniformity in measuring and reporting calf experimental data. *J Dairy Sci.* 1977; 60(5): 989-991. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(77\)83975-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(77)83975-1)
13. Watson DL. Immunological functions of the mammary gland and its secretion –comparative review. *Aust J Biol Sci* 1980; 33(4):403-422. DOI: <https://doi.org/10.1071/bi9800403>
14. Arsenopoulos K, Theodoridis A, Papadopoulos E. Effect of colostrum quantity and quality on neonatal calf diarrhoea due to *Cryptosporidium* spp. infection, *Comparative Immunology. Comp Immunol Microbiol Infect Dis.* 2017; 53(1):50-55. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cimid.2017.07.005>
15. Ganz Z, Bülte M, Gajewski Z, Wehrend A. Inhaltsstoffe des bovinen Kolostrums-eine Übersicht. *Tierarztl Prax Ausg G.* 2018; 46(3):178-189. DOI: <http://dx.doi.org/10.15653/TPG-180144>
16. Meganck V, Hoflack G, Opsomer G. Advances in prevention and therapy of neonatal dairy calf diarrhoea: a systematical review with emphasis on colostrum management and fluid therapy. *Acta Vet Scand.* 2014; 25(1):56-75. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s13028-014-0075-x>
17. Windeyer MC, Leslie KE, Godden SM, Hodgins DC, Lissemore KD, Leblanc SJ. Factors associated with morbidity, mortality, and growth of dairy heifer calves up to 3 months of age. *Prev Vet Med* 2014; 113(1):231-240. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prevetmed.2013.10.019>
18. Stieler A, Bernardo BS, Donovan GA. Neutrophil and monocyte function in neonatal dairy calves fed fresh or frozen colostrum. *Intern J Appl Res Vet Med* 2012; 10(4):328-334. <https://www.jarvm.com/articles/Vol10Iss4/Vol10%20Iss3%20Stieler.pdf>
19. Borad SG, SINGH AK. Colostrum immunoglobulins: Processing, preservation and application aspects. *Int Dairy J.* 2018; 85: 201-210. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.05.016>
20. Johnson JL, Godden SM, Molitor T, Ames T, Hagman D. Effects of feeding heat-treated colostrum on passive transfer of immune and nutritional parameters in neonatal dairy calves. *J Dairy Sci.* 2008; 90(11): 5189-5198. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2007-0219>
21. McMartin S, Godden S, Metzger L, Feirtag J, Bey R, Stabel J. Heat treatment of bovine colostrum. *J Dairy Sci.* 2016; 89(6):2110-2118. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72281-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72281-0)
22. Stewart S, Godden S, Bey R, Rapnicki P, Fetrow J, Farnsworth R. Preventing bacterial contamination and proliferation during the harvest, storage, and feeding of fresh bovine colostrum. *J Dairy Sci.* 2005; 88(7):2571-2578. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72933-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72933-7)
23. Sobczuk-Szul M, Wielgosz-Groth Z, Wroski M, Rzemieniewski A. Changes in the bioactive protein concentrations in the bovine colostrum of Jersey and Polish Holstein-Friesian cows. *Turk J Vet Anim Sci.* 2012; 37(1):43-49. doi: <https://doi.org/10.3906/vet-1107-42>
24. Morrill KM, Conrad EM, Lago A, Campbell J, Quigley J, Tyler H. Nation-wide evaluation of quality and composition of colostrum on dairy farms in the United States. *J Dairy Sci.* 2012; 95(7):3997-4005. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5174>

25. Chang Y, Chen C, Lin M. The macronutrients in human milk change after storage in various containers. *Pediatr neonatol.* 2012; 53:205-209. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pedneo.2012.04.009>
26. Cavalcante JL, Telles FJ, Peixoto MM, Rodrigues RC. Uso de acidez titulável no controle de qualidade do leite humano ordenhado. *Cienc Tecnol Aliment.* 2005; 25: 103-108. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612005000100017>
27. Wardell JM, Hill CM, D'Souza SW. Effect of pasteurization and of freezing and thawing human milk on its triglyceride content. *Acta Pediatr Scand.* 1981; 70: 467-471. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.1981.tb05724.x>
28. Foley JA, Otterby DE. Availability, Storage, Treatment, Composition, and Feeding Value of Surplus Colostrum: A Review. *J Dairy Sci.* 1978; 61(8):1033-1060. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(78\)83686-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(78)83686-8)