

IMPORTANCIA Y MANEJO DEL CALOSTRO EN EL GANADO DE LECHE¹

Ing. Jorge A. Elizondo Salazar, M.Sc²

INTRODUCCIÓN

El sistema inmune de la ternera al nacimiento es inmaduro e incapaz de producir suficientes inmunoglobulinas (Ig) para combatir infecciones (Sasaki et al., 1983). Adicionado a ello, la estructura de la placenta bovina previene la transferencia de Ig séricas de la madre al feto antes del nacimiento (Nocek et al., 1984; Argüello et al., 2005). Consecuentemente, la ternera nace sin inmunidad humoral (anticuerpos) adecuada y depende casi totalmente de la transferencia pasiva de inmunoglobulinas maternas presentes en el calostro. De esta forma, la adquisición de Ig a través de la absorción intestinal protege a la ternera de las enfermedades hasta que su propio sistema inmune llegue a ser completamente funcional (Robinson et al., 1988).

El intestino delgado de la ternera recién nacida posee la capacidad de absorber moléculas grandes intactas, como Ig y otras proteínas, solamente durante las primeras 24 horas de vida (Stott y Menefee, 1978; Larson et al., 1980; Hopkins y Quigley III, 1997; Morin et al., 1997). Transcurrido este tiempo, se da lo que se conoce como el cierre intestinal (Bush y Staley, 1980). La absorción de suficientes Ig que provean a la ternera de inmunidad pasiva

debe ocurrir antes de que se de dicho proceso. Por esta razón, alcanzar un consumo temprano y adecuado de un calostro de alta calidad, es el factor independiente más importante de manejo que determina la salud y sobrevivencia de las terneras (Nocek et al., 1984; Hopkins y Quigley III, 1997).

Importancia del calostro

Como se mencionó anteriormente, el sistema inmune de la ternera al nacimiento no posee la capacidad de producir suficientes inmunoglobulinas (Ig) que ayuden a combatir las infecciones. Por su parte, el calostro, la primera secreción producida por la glándula mamaria después del parto, es especialmente rico en Ig o anticuerpos, los cuáles proveen a la ternera su protección inmunológica durante las primeras semanas de vida (Nousiainen et al., 1994). El calostro contiene más de 10⁶ inmunocélulas maternas viables por mililitro, incluyendo linfocitos T y B, neutrófilos, macrófagos, factores de crecimiento y hormonas como la insulina y el cortisol (Le Jan, 1996). El papel de estos factores de crecimiento y hormonas juegan un papel importante en la estimulación del desarrollo del tracto gastrointestinal y otros sistemas en la ternera recién nacida (Davis y Drackley, 1998).

¹Presentado en el Curso RAPCO (Regional Animal Production Courses) en ganado lechero. 3 al 7 de setiembre del 2007.

Escuela Centroamericana de Ganadadería. Balsa de Atenas, Costa Rica.

²Estación Experimental Alfredo Volio Mata. Facultad de Ciencias Agroalimentarias.

Universidad de Costa Rica. e-mail: jaelizon@cariari.ucr.ac.cr.

Estudiante de Doctorado (Animal Science). The Pennsylvania State University.

El calostro es además la primera fuente de nutrientes para la ternera después del nacimiento. Contiene casi el doble de los sólidos totales presentes en la leche (Cuadro 1), el contenido de proteína y grasa es mayor, pero la concentración de lactosa es menor. Vitaminas y minerales se encuentran también en mayores cantidades. Es importante recalcar como la concentración de proteínas y péptidos disminuye rápidamente después del inicio de la lactancia (Hadorn, 1997). Igualmente, la concentración de Ig disminuye significativamente en los ordeños subsecuentes (Oyeniya y Hunter, 1978; Stott et al., 1981; Davis y Drackley, 1998).

Inmunoglobulinas en el calostro y su importancia

El calostro contiene grandes cantidades de inmunoglobulinas que son transferidas desde el torrente sanguíneo de la madre (Larson et al., 1980; Sasaki et al., 1983). En el calostro se

encuentran principalmente 3 tipos de Ig a saber: G, M y A. La mayoría de Ig en el calostro bovino son de la clase G, más específicamente G₁ (Muller y Ellinger, 1981). La distribución de las diferentes clases de Ig en el calostro es variable entre vacas (Stott et al., 1981; Petrie, 1984). Las IgG, IgA y IgM típicamente contabilizan aproximadamente 85%, 5% y 7% del total de Ig en el calostro, respectivamente (Larson et al., 1980; Sasaki et al., 1983).

A pesar de que las otras clases de Ig tienen importantes roles fisiológicos, la predominante cantidad de IgG hace que la medida de la concentración de IgG total o IgG₁ en el suero sanguíneo sea un indicativo adecuado de la transferencia de inmunidad pasiva y se ha demostrado que la concentración de IgG en sangre de terneras está claramente asociada con la sobrevivencia y salud de las mismas (Besser y Gay, 1985).

Cuadro 1. Características y composición química del calostro y leche de ganado Holstein.

Variable	Calostro (ordeño post-parto)			Leche
	1	2	3	
Gravedad específica	1.056	1.045	1.035	1.032
Sólidos totales, %	23.9	17.9	14.1	12.5
Grasa, %	6.7	5.4	3.9	3.6
Sólidos no grasos, %	16.7	12.2	9.8	8.6
Proteína total, %	14.0	8.4	5.1	3.2
Caseína, %	4.8	4.3	3.8	2.5
Albúmina, %	0.9	1.1	0.9	0.5
Inmunoglobulinas, %	6.0	4.2	2.4	0.09
IgG, g/dl	3.2	2.5	1.5	0.06
Nitrógeno no proteico, %	8.0	7.0	8.3	4.9
Lactosa, %	2.7	3.9	4.4	4.9
Calcio, %	0.26	0.15	0.15	0.13
Potasio, %	0.14	0.13	0.14	0.15
Sodio, %	0.14	0.13	0.14	0.15

Adaptado de Davis y Drackley, 1998.

Factores que afectan la transferencia de inmunidad pasiva

La absorción de una cantidad adecuada de Ig del calostro antes de que se dé el cese del transporte de moléculas a nivel intestinal, es esencial para que las terneras puedan adquirir inmunidad pasiva. Para que se de una absorción adecuada de Ig se requiere que la ternera sea capaz de absorber Ig del calostro, lo cuál depende del periodo de tiempo que transcurre entre el nacimiento y el suministro de calostro; y que la ternera consuma una cantidad suficiente de Ig, lo cual está determinado por la concentración de Ig en el calostro y la cantidad de calostro consumido (Stott et al., 1979a; Stott et al., 1979b; Stott y Fellah, 1983).

Habilidad de la ternera para absorber inmunoglobulinas

Las terneras son capaces de absorber Ig del calostro por un periodo limitado después del nacimiento y poca absorción es posible después de 24 h de vida (McCoy et al., 1970; Stott et al., 1979b; Stott et al., 1979c; Stott y Fellah, 1983). Si se presenta algún problema en la absorción de Ig, particularmente IgG₁, se observará como resultado una baja concentración de Ig en el suero sanguíneo y un aumento en la incidencia de enfermedades y muerte (Nocek et al., 1984; Hancock, 1985; Robinson et al., 1988).

Cantidad de inmunoglobulinas absorbidas

Además de una toma oportuna de calostro, la concentración de Ig en el suero sanguíneo depende también de la

cantidad de Ig consumidas (Stott et al., 1979a; Stott et al., 1979b; Stott y Fellah, 1983), la cuál depende del volumen de calostro consumido, la concentración de Ig en el calostro y la eficiencia de absorción de Ig en el intestino (Stott et al., 1979a; Stott et al., 1979b; Stott y Fellah, 1983; Morin et al., 1997). Por lo tanto, para asegurar un adecuado nivel de Ig en el suero sanguíneo, las terneras deben recibir un volumen de calostro que provea una adecuada cantidad de inmunoglobulinas y el volumen de calostro a alimentar, dependerá de su contenido de Ig (Fleenor y Stott, 1980). Así por ejemplo, un calostro rico en inmunoglobulinas requerirá de un menor volumen que un calostro de baja calidad.

En importante notar que la cantidad de Ig absorbidas antes del cierre intestinal aumenta conforme aumenta la calidad y el volumen de calostro ofrecido. Pritchett et al., (1991) observaron que terneras alimentadas con 2 L de calostro alto en Ig a las 0 y 12 h tuvieron concentraciones de IgG₁ en suero significativamente más altas a las 8, 12, 24 y 48 h de nacidas que terneras alimentadas de manera semejante con calostro bajo en Ig. La cantidad total de IgG₁ ingeridas por las terneras que consumieron calostro de mejor calidad fue aproximadamente dos veces mayor que las de las terneras que consumieron calostro de menor calidad (240 vs. 132 g), y la concentración promedio de IgG₁ en suero a las 48 h fue aproximadamente dos veces mayor (21 vs. 12 mg/mL). La absorción de IgG₁ fue aún mayor cuando 4 L de calostro alto en Ig en vez de 2 L fue alimentada a las 0 h, indicando que la saturación de los mecanismos de absorción no había ocurrido como había sido indicado por Stott y Fellah, (1983).

Las terneras que se alimentaron con 4 L de calostro alto en Ig recibieron 50% más IgG₁ que aquellas terneras que se alimentaron con 2 L (361 vs. 240 g) y la concentración promedio de IgG₁ en el suero a las 48 h fue aproximadamente 50% más alto (30 vs. 21 mg/mL). En el mismo estudio se demostró que terneras alimentadas con 4 L de calostro alto en Ig en la primera toma absorbieron IgG₁ tan eficientemente como terneras alimentadas con 2 L de calostro bajo en Ig, lo que indica que es ventajoso alimentar un volumen alto de calostro alto en Ig al nacimiento. En la Figura 1, se observa como, de manera general, con un mayor consumo de calostro se obtiene una mayor concentración de IgG en el suero sanguíneo.

Por su parte, Hopkins y Quigley III (1997) llevaron a cabo un estudio para determinar si 3,8 L de calostro en una o dos tomas iguales tendría alguna influencia sobre la concentración de IgG en suero a las 24 h de la edad. Los

autores no encontraron diferencias significativas, lo que sugiere que la transferencia exitosa de la inmunidad pasiva, medida como la concentración de IgG en suero, puede ser logrado si las terneras son alimentadas una o dos veces. McCoy et al., (1970) tampoco reportaron diferencia alguna al alimentar 2 L de calostro en dos tomas o 4 L en una toma. Por su parte, Pritchett et al., (1991) observaron que la administración de 4 L de calostro en una toma (con chupón o alimentador esofágico) no causó signos de molestia ni mostró ninguna evidencia de enfermedad gastrointestinal. Un aspecto importante a considerar es que alimentar grandes cantidades de calostro en la primera toma vía un alimentador esofágico retarda la adquisición de inmunidad pasiva, ya que el calostro administrado de esta forma no pasa directamente al abomaso, sino que es depositado en el retículo-rumen y el paso hacia el abomaso ocurre en unas 3 h (Lateur-Rowet y Breukink, 1983).

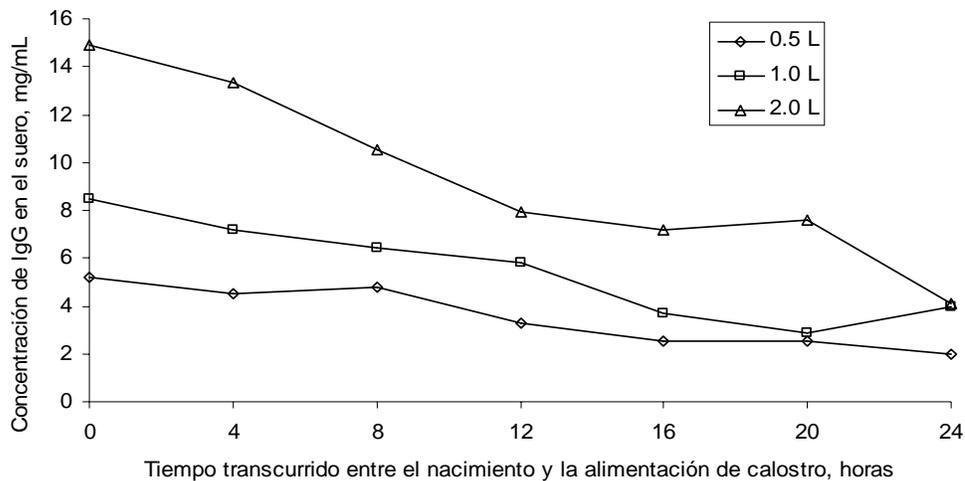


Figura 1. Concentración de IgG en el suero sanguíneo de terneras alimentadas con tres cantidades diferentes de calostro (Stott et al., 1979c).

ELIZONDO: Importancia del calostro en el Ganado de leche

De acuerdo a Nousiainen et al., (1994) una inmunidad adecuada requiere de una concentración de IgG en suero de al menos 10 mg/mL (1000 mg/dL ó 10g/l). Basado en lo anterior, ¿cuántos litros de calostro con una concentración de IgG igual a 60 mg/mL deberá consumir una ternera de 35 kg de peso?.

Para contestar la pregunta anterior hay que tomar en cuenta que el volumen de plasma de una ternera recién nacida puede oscilar entre 6.5 y 14.5% de su peso corporal (Quigley III et al., 1998). Si se considera un volumen de 8%, el volumen de plasma estimado es 2.8 L (35 kg * 0.08). La cantidad de IgG necesaria para alcanzar una concentración en suero de 10 mg/mL se calcula como $2.86 \text{ L} * 10 \text{ g IgG L}^{-1} = 28 \text{ g IgG}$.

La eficiencia aparente de absorción reportada de IgG del calostro dentro de las 2 horas del nacimiento oscila entre 21 y 50% (Besser et al., 1985). Considerando una eficiencia del 25%, la

ternera deberá consumir un mínimo de 112 g de IgG ($28 \text{ g} / 0.25 = 112 \text{ g}$).

La cantidad de calostro que debe consumir la ternera para suministrar 112 g de IgG es de 1.87 L ($112 \text{ g} / 60 \text{ gL}^{-1} = 1.87 \text{ L}$).

Si por ejemplo, se alimenta un calostro de menor calidad, que contiene 35 mg/mL, entonces 3.2 L ($112 \text{ g} / 35 \text{ gL}^{-1} = 3.2 \text{ L}$) de calostro serán necesarios para alcanzar el nivel de IgG deseado. En el Cuadro 2, se presenta una serie de volúmenes de calostro necesarios para proveer niveles adecuados de Ig a terneras con diferente peso al nacimiento. Davis y Drackley (1998), sugieren que una concentración en suero igual a 15 mg/mL es más deseable como meta de manejo, pero dicha meta aumenta la cantidad de calostro requerido. Además, hay que tomar en consideración que si la ternera es más pesada o si la capacidad de absorción es menor, la cantidad de calostro a suministrar debe ser mayor.

Cuadro 2. Litros de calostro necesarios para alcanzar una concentración de IgG en suero sanguíneo de 10 mg/mL

IgG (g/L)	Peso de la ternera al nacimiento (kg)												
	25	27.5	30	32.5	35	37.5	40	42.5	45	47.5	50	52.5	55
20	3.54	3.90	4.25	4.60	4.96	5.31	5.67	6.02	6.38	6.73	7.08	7.44	7.79
25	2.83	3.12	3.40	3.68	3.97	4.25	4.53	4.82	5.10	5.38	5.67	5.95	6.23
30	2.36	2.60	2.83	3.07	3.31	3.54	3.78	4.01	4.25	4.49	4.72	4.96	5.19
35	2.02	2.23	2.43	2.63	2.83	3.04	3.24	3.44	3.64	3.85	4.05	4.25	4.45
40	1.77	1.95	2.13	2.30	2.48	2.66	2.83	3.01	3.19	3.36	3.54	3.72	3.90
45	1.57	1.73	1.89	2.05	2.20	2.36	2.52	2.68	2.83	2.99	3.15	3.31	3.46
50	1.42	1.56	1.70	1.84	1.98	2.13	2.27	2.41	2.55	2.69	2.83	2.98	3.12
55	1.29	1.42	1.55	1.67	1.80	1.93	2.06	2.19	2.32	2.45	2.58	2.70	2.83
60	1.18	1.30	1.42	1.53	1.65	1.77	1.89	2.01	2.13	2.24	2.36	2.48	2.60
65	1.09	1.20	1.31	1.42	1.53	1.63	1.74	1.85	1.96	2.07	2.18	2.29	2.40
70	1.01	1.11	1.21	1.32	1.42	1.52	1.62	1.72	1.82	1.92	2.02	2.13	2.23
75	0.94	1.04	1.13	1.23	1.32	1.42	1.51	1.61	1.70	1.79	1.89	1.98	2.08
80	0.89	0.97	1.06	1.15	1.24	1.33	1.42	1.51	1.59	1.68	1.77	1.86	1.95

Absorción aparente estimada de 30% (Besser et al., 1985).

Volumen de plasma estimado de 8.5% del peso corporal (Quigley III et al., 1998).

Factores asociados con la concentración de inmunoglobulinas en el calostro

La concentración de inmunoglobulinas en el calostro al momento del parto es altamente variable entre vacas (Stott et al., 1981; Petrie, 1984). Un estudio realizado por Shearer et al., (1992) demostró que de 2045 muestras de calostro analizadas, sólo 137 de ellas contenían niveles adecuados de Ig (50 mg/mL o más), mientras que 13,5% presentaron niveles intermedios y la mayoría (79.8%) niveles bajos.

Durante los últimos días de gestación, grandes cantidades de IgG₁ y menores cantidades de IgG₂, son transferidas de la glándula mamaria al calostro (Larson et al., 1980). Sin embargo, muchos factores influyen sobre la concentración de Ig en el calostro de vacas lecheras.

El volumen de calostro producido al primer ordeño después del parto influye significativamente sobre la concentración de IgG, ya que grandes volúmenes de calostro diluyen las IgG acumuladas en la glándula mamaria (Pritchett et al., 1991). Por lo tanto, la concentración de Ig es más alta en el calostro del primer ordeño después del parto y disminuye en los ordeños subsiguientes (Oyeniyi y Hunter, 1978; Bush y Staley, 1980; Stott et al., 1981). En otras palabras, la concentración de IgG₁ está inversamente relacionada con el peso de calostro al inicio de la lactancia, lo que significa que vacas altas productoras pueden tener calostro con una concentración baja de IgG₁ aún en el primer ordeño después del parto (Stott et al., 1981; Morin et al., 1997). Un volumen de calostro menor a 8.5 kg en el primer ordeño, se ha tomado como

criterio para seleccionar calostro de buena calidad en vacas Holstein (Pritchett et al., 1991).

En un estudio llevado a cabo por Petrie (1984), se demostró que la pérdida de calostro de la ubre por goteo durante los últimos días de gestación fue el motivo principal para que se dieran bajas concentraciones de inmunoglobulinas. El ordeño antes del parto tendría el mismo efecto.

El calostro producido por animales de primer parto (novillas) generalmente tiene una concentración menor de Ig que el producido por vacas con mayor número de partos. Una razón es que las novillas han sido expuestas a antígenos por menor tiempo que vacas con más lactancias. El mecanismo de transporte de IgG hacia la glándula mamaria puede también estar menos desarrollado que en el de vacas adultas (Devery y Larson, 1983). Diversos estudios han demostrado que la concentración de Ig en el calostro aumentó linealmente con el número de lactancias hasta llegar a la cuarta, momento en el cuál se estabiliza (Oyeniyi y Hunter, 1978; Devery y Larson, 1983; Robinson et al., 1988).

Otro factor de variación es el relacionado con la longitud del periodo seco. Si el periodo seco es muy corto (menor a 3 semanas), no habrá tiempo suficiente para acumular Ig en la glándula mamaria (Nousiainen et al., 1994).

Algunos estudios han indicado que la raza puede tener algún efecto sobre la concentración de Ig en el calostro. Sin embargo, los resultados han sido variables y con tendencias poco consistentes. Muller y Ellinger, (1981)

al comparar la concentración de Ig en el calostro de vacas de cinco razas de ganado lechero, encontraron que el promedio de Ig totales fue de 8.1, 6.6, 6.3, 5.6 y 9.6% para la raza Ayrshire, Pardo suizo, Guernsey, Holstein y Jersey, respectivamente. A pesar de que las diferencias fueron significativas, los resultados obtenidos no deben generalizarse, ya que en el estudio se utilizó un número muy limitado de muestras por cada raza.

Determinación de la calidad del calostro

Fleenor y Stott (1980) desarrollaron inicialmente una ecuación de regresión para estimar la concentración de inmunoglobulinas en el calostro a partir de la gravedad específica del calostro fresco: $Y = 254,716 X - 261,451$ ($r = 0.84$) (donde Y es la concentración de inmunoglobulinas (%) y X la gravedad específica). Dichos autores desarrollaron un calostrómetro, el cuál incorpora la relación entre la gravedad específica del calostro y la concentración de inmunoglobulinas (mg/mL).

El calostrómetro está calibrado en intervalos de 5 mg/mL y clasifica al calostro en pobre (rojo) para concentraciones menores a 22 mg/mL, moderado (Amarillo) para concentraciones entre 22 y 50 mg/mL; y excelente (verde) para concentraciones mayores a 50 mg/mL (Fleenor y Stott, 1980; Shearer et al., 1992).

El calostrómetro, aunque no provee una medida exacta, permite estimar la calidad de calostro antes de ser alimentado a las terneras y evitar así un fracaso en la transferencia de la inmunidad pasiva por el uso de un

calostro de baja calidad.

La lectura del calostrómetro depende altamente de la temperatura del calostro. Mechor et al., (1991) llevaron a cabo un estudio cuyo objetivo fue investigar el efecto de la temperatura en lecturas de calostrómetro para estimar la concentración de inmunoglobulina en el calostro bovino. Dicho estudio determinó que las lecturas difirieron en 0,8 mg/mL por cada grado centígrado en el cambio de la temperatura, por lo que la lectura debe hacerse cuando el calostro se encuentra a temperatura ambiente (20-25°C).

Tiempo y calidad del calostro a suministrar

La toma oportuna de una cantidad suficiente de calostro, rico en inmunoglobulinas es esencial para aminorar la pérdida de terneras debido a enfermedades neonatales. Shearer et al., (1992) concluyeron que de 10 a 40% de las terneras no logran alcanzar las concentraciones adecuadas de Ig en suero cuando se alimentan con calostro de baja calidad.

En otro estudio, Brignole y Stott (1980) reportaron que de 25 a 42% de las terneras recién nacidas no pudieron tomar el calostro de sus madres en las primeras 14 h post-parto. Por tal razón, no debe asumirse que las terneras nacidas durante la noche han consumido una cantidad adecuada de calostro. A dichas terneras se les debe alimentar a mano una cantidad adecuada de calostro lo antes posible. Preferentemente, un calostro de buena calidad debe alimentarse en los primeros 30 minutos después del nacimiento por medio de chupón o un alimentador esofágico.

Franklin et al., (2003) indican que en caso de que no se conozca el contenido de Ig en el calostro, es recomendable alimentar al menos 2.84 L por medio de chupón o tubo esofágico inmediatamente después del nacimiento y ofrecer una segunda toma igual entre las 8 y 12 horas de edad.

Almacenamiento y uso del calostro en exceso

El calostro puede ser refrigerado (4°C) por una semana sin que pierda su calidad. Por su parte, el calostro en exceso se puede congelar y almacenar hasta por un año sin que pierda actividad o disminuya el contenido de Ig (Davis y Drackley, 1998). Es de suma importancia identificar el calostro con la fecha, identificación de la vaca y el nivel de inmunoglobulinas estimadas con el calostrómetro.

El calostro almacenado, cuando se va a suministrar a las terneras, se puede descongelar ya sea en agua tibia (45-50°C) o en horno de microondas, con el cuidado de no sobrecalentarlo, ya que esto podría degradar las Ig y otras proteínas dando como resultado un calostro de baja calidad.

Pasteurización del calostro

A pesar de que los factores inmunológicos presentes en el calostro son de vital importancia para una adecuada salud y un buen desarrollo de las terneras, la contaminación bacteriana puede opacar 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 *Escherichia coli* (Dominguez, 1997; Stabel, 2001; Stabel, 2004; Stewart, 2005; Godden et al., 2006). Estos agentes infecciosos pueden ocasionar enfermedades como la enteritis y septicemia. También se ha sugerido que la presencia de bacterias en el intestino delgado podría interferir con la absorción de inmunoglobulinas provenientes del calostro (Stewart et al., 2005).

La pasteurización del calostro en las fincas presenta una medida de control para reducir o eliminar la transferencia de patógenos presentes en el calostro. En un estudio realizado por Godden et al. (2006), donde muestras de calostro contaminadas fueron pasteurizadas a 60°C por 120 min, se determinó que *Mycoplasma bovis*, *E. coli*, *L. monocytogens* y *Salmonella enteritidis* no fueron detectados después de 30 min de pasteurización. Los mismos autores no encontraron diferencias significativas al comparar concentraciones de IgG antes y después de la pasteurización. Sin embargo, McMartin et al., (2006) utilizando sistemas de pasteurización comercial (63°C por 30 min) reportaron que la concentración de IgG se redujo en un 34%. Por su parte, Elizondo Salazar et al. (2007) encontraron una disminución del 14% utilizando una temperatura de 62.8°C por 30 minutos.

LITERATURA CITADA

- Argüello, A.; Castro, N.; Capote, J. 2005. Short Communication: Evaluation of a color method for testing immunoglobulin G concentration in goat colostrum. *J. Dairy Sci.* 88:1752-1754.
- Besser, T.E.; Garmedia, A.E.; McGuire, T.C.; Gay, C.C. 1985. Effect of colostrum immunoglobulin G₁ and immunoglobulin M concentrations on immunoglobulin absorption in calves. *J. Dairy Sci.* 68:2033-2037.
- Besser, T.E.; Gay, C.C. 1985. Septicemic colibacillosis and failure of passive transfer of colostrum immunoglobulin in calves. *Vet. Clin. N. Am.: Food Anim. Pract.* 1:445-459.
- Brignole, T.J.; Stott, G.H. 1980. Effect of suckling followed by bottle feeding colostrum on immunoglobulin absorption and calf survival. *J. Dairy Sci.* 63:451-456.
- Bush, L.J.; Staley, T.E. 1980. Absorption of colostrum immunoglobulins in newborn calves. *J. Dairy Sci.* 63:672-680.
- Davis, C.L.; Drackley, J.K. 1998. The development, nutrition, and management of the young calf. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Devery, J.E.; Larson, B.L. 1983. Age and previous lactations as factors in the amount of bovine colostrum immunoglobulins. *J. Dairy Sci.* 66:221-226.
- Domínguez, E.; Perez, M.D; Calvo, M. 1997. Effect of heat treatment on the antigen-binding activity of anti-peroxidase immunoglobulins in bovine colostrum. *J. Dairy Sci.* 80:3182-3187.
- Elizondo Salazar, J.A.; Donaldson, S.C; Jayarao, B.M; Heinrichs, A.J. 2007. Effect of pasteurization on bacterial count and immunoglobulin G levels of bovine colostrum. *J. Dairy Sci.* Vol. 90, Suppl. 1.
- Fleenor, W.A.; Stott, G.H. 1980. Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum. *J. Dairy Sci.* 63:973-977.
- Franklin, S.T.; Amaral-Phillips, D.M.; Jackson, J.A.; Campbell, A.A. 2003. Health and performance of Holstein calves that suckled or were hand-fed colostrum and were fed one of three physical forms of starter. *J. Dairy Sci.* 86:2145-2153.
- Godden, S.; McMartin, S.; Feirtag, J.; Stabel, J.; Bey, R.; Goyal, S.; Metzger, L.; Fetrow, J.; Wells, S.; Chester-Jones, H. 2006. Heat treatment of bovine colostrum. II. Effects of heating duration on pathogen viability and immunoglobulin G. *J. Dairy Sci.* 89:3476-3483.
- Hadorn, U.; Blum, J.W. 1997. Effects of feeding colostrum, glucose or water on the first day of life on plasma immunoglobulin G concentrations and γ -glutamyltransferase activities in calves. *J. Vet. Med. A.* 44:531-537.
- Hancock, D.D. 1985. Assessing efficiency of passive immune transfer in dairy herds. *J. Dairy Sci.* 68:163-183.
- Hopkins, B.A.; Quigley III, J.D. 1997. Effects of method of colostrum feeding and colostrum supplementation on concentrations of immunoglobulin G in the serum of neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 80:979-983.
- Larson, B L.; Heary, H.L.; Devery, J.E. 1980. Immunoglobulin production and transport by the mammary gland. *J. Dairy Sci.* 63:665-671.
- Lateur-Rowet, H.J.; Breukink, H.J. 1983. The failure of the esophageal groove reflex, when fluids are given with an esophageal feeder to newborn

- and young calves. *Vet. Q.* 5:68.
- Le Jan, C. 1996. Cellular components of mammary secretions and neonatal immunity: a review. *Vet. Res.* 27:403-417.
- McCoy, G.C.; Reneau, J.K.; Hunter, A.G.; Williams, J.B. 1970. Effects of diet and time on blood serum proteins in the newborn calf. *J. Dairy Sci.* 53:358-362.
- McMartin, S.; Godden, S.; Metzger, L.; Feirtag, J.; Bey, R.; Stabel, J.; Goyal, S.; Fetrow, J.; Wells, S.; Chester-Jones, H. 2006. Heat treatment of bovine colostrum. I. Effects of temperature on viscosity and immunoglobulin G level. *J. Dairy Sci.* 89:2110-2118.
- Mechor, G.D.; Grohn, Y.T.; Van Saun, R.J. 1991. Effect of temperature on colostrometer readings for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum. *J. Dairy Sci.* 74:3940-3943.
- Morin, D.E.; McCoy, G.C.; Hurley, W.L. 1997. Effects of quality, quantity, and timing of colostrum feeding and addition of dried colostrum supplement on immunoglobulin G₁ absorption in Holstein bull calves. *J. Dairy Sci.* 80:747-753.
- Muller, L.D.; Ellinger, D.K. 1981. Colostral immunoglobulin concentrations among dairy breeds of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 64:1727-1730.
- Nocek, J.E.; Braund, D.G.; Warner, R.G. 1984. Influence of neonatal colostrum administration, immunoglobulin, and continued feeding of colostrum on calf gain, health, y serum protein. *J. Dairy Sci.* 67:319-333.
- Nousiainen, J.; Korhonen, H.; Syvaaja, E.L.; Savolainen, S.; Saloniemi, H.; Halonen, H. 1994. The effect of colostrum, immunoglobulin supplement on the passive immunity, growth and health of neonatal calves. *Agric. Sci. Finly* 3:421-428.
- Oyeniye, O.O.; Hunter, A.G. 1978. Colostral constituents including immunoglobulins in the first three milkings postpartum. *J. Dairy Sci.* 61:44-48.
- Petrie, L. 1984. Maximizing the absorption of colostrum immunoglobulins in the newborn dairy calf. *Vet. Rec.* 114:157-163.
- Pritchett, L.C.; Gay, C.C.; Besser, T.E.; Hancock, D.D. 1991. Management and production factors influencing immunoglobulin G₁ concentration in colostrum from Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 74:2336-2341.
- Quigley, J.D III; Drewry, J.J.; Martin, K.R. 1998. Estimation of plasma volume in Holstein and Jersey calves. *J. Dairy Sci.* 81:1308-1312.
- Robinson, J.D.; Stott, G.H.; DeNise, S.K. 1988. Effects of passive immunity on growth and survival in the dairy heifer. *J. Dairy Sci.* 71:1283-1287.
- Roy, J.H. 1980. Factors affecting susceptibility of calves to disease. *J. Dairy Sci.* 63:650-664.
- Sasaki, M.; Davis, C.L.; Larson, B.L. 1983. Immunoglobulin IgG₁ metabolism in new born calves. *J. Dairy Sci.* 60:623-626.
- Shearer, J.; Mohammed, H.O.; Brenneman, J.S.; Tran, T.Q. 1992. Factors associated with concentrations of immunoglobulins in colostrum at the first milking post-calving. *Prevent. Vet. Med.* 14:143-154.
- Stabel, J.R. 2001. On-Farm batch pasteurization destroys *Mycobacterium paratuberculosis* in waste milk. *J. Dairy Sci.* 84:524-527.
- Stabel, J.R.; Hurd, S.; Calvente, L.; Rosenbusch, R.F. 2004. Destruction of *Mycobacterium paratuberculosis*,

ELIZONDO: Importancia del calostro en el Ganado de leche

- Salmonella spp., and Mycoplasma spp. in Raw Milk by a Commercial On-Farm High-Temperature, Short-Time Pasteurizer. *J. Dairy Sci.* 87:2177-2183.
- Stewart, S.; Godden, S.; Bey, R.; Rapnicki, P.; Fetrow, J.; Farnsworth, R.; Scanlon, M.; Arnold, Y.; Clow, L.; Mueller, K.; Ferrouillet, C. 2005. Preventing bacterial contamination and proliferation during the harvest, storage, and feeding of fresh bovine colostrum. *J. Dairy Sci.* 88:2571-2578.
- Stott, G.H.; Fellah, A. 1983. Colostral immunoglobulin absorption linearly related to concentration for calves. *J. Dairy Sci.* 66:1319-1328.
- Stott, G.H.; Fleenor, W.A.; Kleese, W.C. 1981. Colostral immunoglobulin concentration in two fractions of first milking postpartum and five additional milkings. *J. Dairy Sci.* 64:459-465.
- Stott, G.H.; Menefee, B.E. 1978. Selective absorption of immunoglobulin IgM in the newborn calf. *J. Dairy Sci.* 61:461-466.
- Stott, G.H.; Marx, D.B.; Menefee, B.E.; Nightengale, G.T. 1979a. Colostral immunoglobulin transfer in calves I. Period of absorption. *J. Dairy Sci.* 62:1632-1638.
- Stott, G.H.; Marx, D.B.; Menefee, B.E.; Nightengale, G.T. 1979b. Colostral immunoglobulin transfer in calves II. The rate of absorption. *J. Dairy Sci.* 62:1766-1773.
- Stott, G.H.; Marx, D.B.; Menefee, B.E.; Nightengale, G.T. 1979c. Colostral immunoglobulin transfer in calves III. Amount of absorption. *J. Dairy Sci.* 62:1902-1907.