

CUERPOS CETÓNICOS EN LECHE, EN EL PRIMER TRIMESTRE DE LACTANCIA, IMPACTO EN EL PROCESO INDUSTRIAL

Andrea Cartaya¹

Mariano Fajardo²

Nicolás Guerra³

Tomas Lopez⁴

Andrea Garay⁵

Resumo:

Los niveles normales de los componentes minoritarios de la leche pueden alterarse como consecuencia de trastornos metabólicos que pueden derivar en el desarrollo de ciertas patologías, como es el caso de los cuerpos cetónicos -hidroxibutirato (BHB) y acetona (Ac) en la cetosis. Los objetivos del presente trabajo fueron: estudiar la relación entre los niveles de BHB y Ac en leche y los parámetros composicionales, las características del rodeo (número de partos, días en lactancia, volumen de producción), la aptitud para la coagulación y el rendimiento quesero teórico. Se analizaron 1335 muestras de leche obtenidas entre agosto y octubre de 2016, provenientes de 38 vacas raza Holando pertenecientes al rodeo comercial del Tambo de INIA-La Estanzuela alimentadas con dieta mixta de pastura-concentrado (65/35), con diverso número de gestación (1 a 7), semanas en lactancia (1 a 8) y producción diaria (entre 11 y 49 L). Los análisis de células somáticas, composición, componentes y cuerpos cetónicos en leche se realizaron mediante espectroscopia FTIR (MilkoScan FT+) combinado con Fossomatic FT (Foss Electric A/S, Hillerød, Denmark). Para los estudios de las propiedades de coagulación se analizaron 80 muestras en un coagulómetro Optigraph AMS (Frepillon, France). El rendimiento quesero teórico se calculó mediante la siguiente ecuación: $RQ = (0,93 \cdot F + C - 0,1) / (1 - M)$, siendo: F % de grasa, C valor de caseína y M % de humedad del queso. Las determinaciones de los niveles de BHB en leche permitieron mostraron correlación positiva con el contenido graso y con la relación grasa/proteína. Se encontró correlación negativa entre los días en lactancia y los niveles de BHB. Las vacas primíparas presentaron menores niveles de riesgo de cetosis. El tiempo de coagulación de las muestras analizadas mostró una correlación positiva con el pH, nitrógeno ureico en leche y el período de lactancia, y negativa con la lactosa y la relación grasa/proteína. Los parámetros indicadores de la consistencia del gel se relacionaron positivamente con los sólidos totales y la caseína, y negativamente con el pH y nitrógeno ureico en leche. Se observaron correlaciones positivas entre los cuerpos cetónicos y algunos componentes de la leche que podrían afectar las propiedades de coagulación

(relación grasa/proteína) y el rendimiento quesero, sin embargo, no se observó relación entre los niveles de cuerpos cetónicos y las propiedades de coagulación.

Palavras-chave: Cuerpos cetónicos, Cetosis. Leche Vaca, Coagulación

Modalidade de Participação: Pesquisador

CUERPOS CETÓNICOS EN LECHE, EN EL PRIMER TRIMESTRE DE LACTANCIA, IMPACTO EN EL PROCESO INDUSTRIAL

¹ Aluno de graduação. andrea.cartaya@utec.edu.uy. Autor principal

² Aluno de graduação. mariano.fajardo@utec.edu.uy. Co-autor

³ Aluno de graduação. nicolas.guerra@utec.edu.uy. Co-autor

⁴ Docente. tomas.lopez@utec.edu.uy. Orientador

⁵ Docente. andrea.garay@utec.edu.uy. Co-orientador



CUERPOS CETÓNICOS (BHB Y ACETONA) EN LECHE, EN EL PRIMER TRIMESTRE DE LACTANCIA, IMPACTO EN EL PROCESO INDUSTRIAL

1. INTRODUCCIÓN

La leche es un líquido muy complejo, por lo que es muy importante para el productor entenderla, para planificar y maximizar la ganancia; y para la industria láctea, debe administrar las características químicas y físicas para obtener los productos lácteos (Wattiaux y Howard, 2011). Los cambios estas inciden en el rendimiento y en las características del producto elaborado, esto es muy importante para las productoras de quesos, el rendimiento quesero es función de la concentración de los componentes mayoritarios: proteína y materia grasa (Dalla Costa y Pécora, 2015).

Los cuerpos cetónicos: acetona (Ac) y β -hidroxibutirato (BHB), son componentes minoritarias de la leche, pequeñas moléculas derivadas de los lípidos. Son usadas como energía por el animal en momentos en que la suministrada por la alimentación no es suficiente para cubrir la demanda del organismo. La cetosis es una enfermedad consecuencia de un trastorno en el metabolismo de los hidratos de carbono y las grasas. Puede presentarse por varias causas con un factor común, aquel que pueda provocar hipoglucemia. Esta enfermedad se manifiesta de formas clínica y subclínica. La cetosis clínica, con síntomas claros, es fácilmente detectable, pero cuando se presenta en la forma subclínica solo puede determinarse por la presencia de cuerpos cetónicos en el animal. Pueden ser factores predisponentes el número y etapa de lactancia y la alimentación cuanti o cualitativamente deficiente (Pastor y Cebrián, 2002; Tatone *et al.*, 2016). Asociados a la ocurrencia de cetosis subclínica se encuentran la alta producción de leche, los altos porcentajes de grasa y menores porcentajes de proteína (Vanholder *et al.*, 2015).

La determinación de BHB en leche por medio de la tecnología espectroscopía infrarroja transformada de Fourier (FTIR por su sigla en inglés) es una de las técnicas usadas (Heuer *et al.*, 2001; De Roos *et al.*, 2007; Santschi *et al.*, 2016; Tatone *et al.*, 2016). Al realizar el análisis de rutina, es posible obtener el nivel de BHB y Ac y predecir la ocurrencia de un desorden metabólico, que provoca un desbalance en la composición de la leche y pérdidas económicas.

Al evaluar las propiedades de coagulación se tuvo en cuenta la reacción primaria de la coagulación enzimática (enzima proteolítica actuando sobre la κ -caseína). Etapa fundamental en la elaboración del queso por determinar las propiedades de la cuajada y las características del queso (Alais, C., 1985). Los parámetros utilizados para seguir el fenómeno de coagulación y definir la aptitud de la leche frente a la misma son R (tiempo de coagulación), AR y A2R (firmeza del coágulo) y K20 (tiempo de organización del gel).

El Rendimiento Quesero (RQ) se define como kg de queso obtenido a partir de 100 kg de leche. Influyen en el RQ el contenido de proteína, de grasa y de agua. En la industria láctea este cálculo teórico permite hacer previsiones y calcular la rentabilidad del proceso de elaboración.

El objetivo general de este trabajo es determinar los niveles de BHB y Ac en leche por método FTIR, establecer correlaciones con parámetros composicionales de la leche y ver el efecto que podría tener en la elaboración de queso colonia por medio del cálculo del rendimiento quesero teórico.

2. METODOLOGÍA

Se obtuvieron 1335 muestras de leche de 38 vacas Holando pertenecientes al rodeo comercial del Tambo del INIA La Estanzuela en colonia, Uruguay. Fue en el periodo agosto – octubre de 2016, presentaban diverso número de gestación (1 a 7), semanas en lactancia (1 a 8) y producción diaria (entre 11 y 49). Para los análisis de células somáticas, composición química (grasa, proteína, lactosa, sólidos totales, nitrógeno ureico (MUN) y caseína) y cuerpos cetónicos se usó un equipo FTIR MilkoScan FT+ combinado con Fossomatic FT (Foss Electric A/S, Hillerød, Denmark). Para los estudios de coagulación se analizaron 80 muestras en un coagulómetro Optigraph AMS (Frepillon, France). El cálculo de RQ se realizó con la ecuación propuesta por Van Slike y Price (1949): $(0,93 \cdot F + C - 0,1) / (1 - M)$; siendo: F % de grasa, C valor de caseína y M % de humedad del queso..

El análisis estadístico de los datos de las propiedades fisicoquímicas se hizo con un análisis de varianza que confirmó diferencias significativas. Se realizó una prueba de comparación múltiple, test de Tukey. Los resultados obtenidos se dividieron en dos grupos según la cantidad de lactancias de las vaca, se clasificaron en primíparas (5) y múltiparas (33). Dentro de estos grupos se clasificaron teniendo en cuenta el contenido de BHB en leche frente al riesgo de cetosis en tres grupos: negativas (BHB < 0,15 mmol/L), sospechosas (entre 0,15 y 0,19 mmol/L) y positivas ($\geq 0,20$ mmol/L) (Santschi *et al.*, 2016). Para el análisis estadístico de los datos obtenidos para las propiedades de coagulación y rendimiento quesero se realizó un análisis de correlación con prueba de hipótesis y se calculó el coeficiente de correlación.

3. RESULTADOS y DISCUSIÓN

El análisis de los datos de las características fisicoquímicas se hizo en relación al BHB al igual que los recientes trabajos de Tatone *et al.* (2016), Santschi *et al.* (2016) y Belay *et al.* (2017).

El porcentaje de grasa en leche de las vacas múltiparas aumentó con el contenido de BHB, coincidente con lo reportado por otros autores (Santschi *et al.*, 2016; Vanholder *et al.*, 2015; Stevens, 2012; Duffield, T., 2000). El contenido de proteína y caseína, contrapuesto a lo reportado por Santschi *et al.* (2016), Duffield, T., (2000) y Vanholder *et al.* (2015), presentó diferencia significativa entre los animales positivos, conteniendo mayor porcentaje de proteína. Duffield *et al.* (1997) dice que la relación grasa-proteína es el mejor indicador para estimar el balance energético (Grieve *et al.*, 1986). En este trabajo los valores más altos de relación grasa/proteína se encontraron en las muestras sospechosas, seguidas de las positivas y finalmente las negativas, existiendo una diferencia significativa entre sospechosas y negativas, concordando con las tendencias descritas en otros estudios (Koeck *et al.*, 2014; Uribes, A., 2013; Santschi *et al.*, 2016).

Se observa que las vacas que presentaron niveles más elevados de BHB son las múltiparas (Santschi *et al.*, 2016; Duffield *et al.*, 1997; Vanholder *et al.*, 2015), en las muestras provenientes de vacas primíparas no se encontraron valores de BHB mayores a 0,20 mmol/L. Valores más elevados de BHB se dieron en las primeras dos semanas de lactancia, dependiendo del parto en que se encontraban. Las muestras de primíparas presentan valores menores que en las múltiparas (Tatone *et al.*, 2017; Duffield *et al.*, 1997; Duffield, 2000). Los litros producidos son reportado como significativo por varios autores (Duffield *et al.*, 1997; Duffield, 2000; Vanholder *et al.*, 2015; Uribes, A., 2013) pero en este estudio no se encontraron relaciones

significativas entre los litros producidos y los niveles de BHB, los animales estudiados presentan todos buenos niveles de producción.

Se consideraron correlaciones significativas entre los parámetros de coagulación (R, AR, A2R y K20) y las características fisicoquímicas los resultados del análisis estadístico para que arrojaran p-valor $<0,05$. R tuvo una marcada correlación negativa del tiempo de coagulación y la lactosa. Politis y Ng-Kwai-Hang (1988) describieron este tipo de influencia, la lactosa es muy importante en la regulación osmótica de la leche (Poulsen *et al.*, 2015). Cuando aumenta el contenido de MUN aumentó R, como afirma Guinod-Thomas, P. (1992). A pesar de la poca información existente que relacione la grasa con AR y A2R, los resultados obtenidos concuerdan por los encontrados por Guinee *et al.* (1997), al aumentar el contenido de grasa aumentó la firmeza del coágulo. Respecto a la asociación positiva de AR y A2R con los sólidos totales encontrada, Gastaldi *et al.* (2006) llegaron a igual conclusión atribuyéndola a la contribución de la materia seca. Se encontró que existe una fuerte asociación negativa del MUN con K20, hay autores que no han encontrado efecto relevante entre estos parámetros (Martin *et al.*, 1997) y otros han reportado una asociación débil (Politis y Ng-Kwai-Hang, 1988). Se observó una relación significativa positiva entre litros y K20, al aumentar los litros aumenta el tiempo de organización del gel, disminuye la velocidad de endurecimiento, fenómeno ligado con el estado de lactancia (Waldner *et al.*, 2005; García y Panadero, 2012). No se observó que exista una relación significativa entre BHB y las propiedades de coagulación. Sí se observó una relación significativa entre BHB y algunos componentes de la leche: grasa, proteína, lactosa, sólidos totales, caseína, relación grasa/proteína.

En cuanto al RQ se observó una fuerte relación positiva con: grasa, proteína, lactosa, sólidos totales, RCS, caseína y relación grasa/proteína. Es conocido el efecto que hay entre la composición de la leche y el RQ, los más relevantes son la cantidad de proteína o caseína, el contenido de materia grasa y la relación grasa/proteína (Alais, C., 1985; Dalla Costa y Pécora, 2015). La modificación de la relación grasa/proteína repercute en el RQ. El estado sanitario de la vaca (RCS), se relaciona con el RQ, como mencionan Tronadizo *et al.* (2009) y Kitchen, B. (1981), la infección en la glándula mamaria provoca disminución del contenido de caseína, incremento de proteínas solubles y disminución de la grasa y la lactosa, provocando una disminución del RQ.

4. CONSIDERACIONES FINALES

Las determinaciones de los niveles de BHB en leche por FTIR permitieron establecer correlaciones positivas con la grasa y la relación grasa/proteína. Se encontró que se relacionan negativamente con los días en lactancia y los niveles de BHB. Las vacas primíparas presentan los niveles de menor riesgo para padecer cetosis. El tiempo de coagulación de las muestras analizadas se relaciona de forma significativa positivamente con el pH, MUN y semana de lactancia, y negativamente con la lactosa y la relación grasa/proteína. Los parámetros indicadores de la consistencia del gel se relacionan positivamente con los sólidos totales y la caseína, y negativamente con el pH y MUN. No se observó relación entre el contenido de los cuerpos cetónicos con las propiedades de coagulación. Sí se encontró relaciones significativas entre los cuerpos cetónicos y algunos componentes de la leche, como la relación grasa proteína y los sólidos totales, que inevitablemente repercutirán sobre las propiedades de coagulación y el RQ.

5. REFERENCIAS

- ALAIS, C. (1985). Ciencia de la leche. *Editorial Continental. 9na Edición. México DF, México, 40*, 54-88.
- BELAY, T. K., SVENDSEN, M., KOWALSKI, Z. M., & ÅDNØY, T. (2017). Genetic parameters of blood β -hydroxybutyrate predicted from milk infrared spectra and clinical ketosis, and their associations with milk production traits in Norwegian Red cows. *Journal of Dairy Science*.
- DALLA COSTA, C. A., & PÉCORA, R. P. (2015). Rendimiento quesero teórico y real de la leche de la cuenca de Villa María, Córdoba. Recuperado de: http://pa.bibdigital.ucoor.edu.ar/665/1/tesis_RQ_final_CDC_15_IMPRIMIR.pdf
- DE ROOS, A. P. W., VAN DEN BIJGAART, H. J. C. M., HØRLYK, J., & DE JONG, G. (2007). Screening for subclinical ketosis in dairy cattle by Fourier transform infrared spectrometry. *Journal of dairy science, 90*(4), 1761-1766.
- DUFFIELD, T. F., KELTON, D. F., LESLIE, K. E., LISSEMORE, K. D., & LUMSDEN, J. H. (1997). Use of test day milk fat and milk protein to detect subclinical ketosis in dairy cattle in Ontario. *The Canadian Veterinary Journal, 38*(11), 713.
- DUFFIELD, T. (2000). Subclinical ketosis in lactating dairy cattle. *Veterinary clinics of north america: Food animal practice, 16*(2), 231-253.
- García I. C., Panadero A. N. (2012) Factors that influence milk's nutritional composition.
- GASTALDI, E., LAGAUDE, A., & MARCHESSEAU, S. (1997). Acid milk gel formation as affected by total solids content. *Journal of Food Science, 62*(4), 671-687.
- GRIEVE, D. G., KORVER, S., RIJPKEMA, Y. S., & HOF, G. (1986). Relationship between milk composition and some nutritional parameters in early lactation. *Livestock Production Science, 14*(3), 239-254.
- GUINEE, T. P., GORRY, C. B., O'CALLAGHAN, D. J., O'KENNEDY, B. T., O'BRIE, N., & FENELON, M. A. (1997). The effects of composition and some processing treatments on the rennet coagulation properties of milk. *International Journal of Dairy Technology, 50*(3), 99-106.
- GUINOT- THOMAS P (1992) Technological and microbiological consequences related to urea addition to milk. *Aust J Dairy Technol*47, 58-59
- HEUER, C., LUNGE, H. J., LUTZ, E. T. G., SCHUKKEN, Y. H., VAN DER MAAS, J. H., WILMINK, H., & NOORDHUIZEN, J. P. T. M. (2001). Determination of acetone in cow milk by Fourier transform infrared spectroscopy for the detection of subclinical ketosis. *Journal of dairy science, 84*(3), 575-582.
- KITCHEN, B. J. (1981). Bovine mastitis: milk compositional changes and related diagnostic tests. *Journal of Dairy Research, 48*(1), 167-188.
- KOECK, A., JAMROZIK, J., SCHENKEL, F. S., MOORE, R. K., LEFEBVRE, D. M., KELTON, D. F., & MIGLIOR, F. (2014). Genetic analysis of milk β -hydroxybutyrate and its association with fat-to-protein ratio, body condition score, clinical ketosis, and displaced abomasum in early first lactation of Canadian Holsteins. *Journal of dairy science, 97*(11), 7286-7292.
- MARTIN, B., COULON, J. B., CHAMBA, J. F., & BUGAUD, C. (1997). Effect of milk urea content on characteristics of matured Reblochon cheeses. *Le Lait, 77*(4), 505-514.
- Pastor Meseguer, J., & Cebrián Yagüe, L. M. (2002). Cetosis bovina: origen, diagnóstico y tratamientos. *Mundo Ganadero, 13*(142), 28-32.
- POLITIS, I., & NG-KWAI-HANG, K. F. (1988). Effects of somatic cell counts and milk composition on the coagulating properties of milk. *Journal of Dairy Science, 71*(7), 1740-1746.

- POULSEN, N. A., BUITENHUIS, A. J., & LARSEN, L. B. (2015). Phenotypic and genetic associations of milk traits with milk coagulation properties. *Journal of dairy science*, 98(4), 2079-2087.
- SANTSCHI, D. E., LACROIX, R., DUROCHER, J., DUPLESSIS, M., MOORE, R. K., & LEFEBVRE, D. M. (2016). Prevalence of elevated milk β -hydroxybutyrate concentrations in Holstein cows measured by Fourier-transform infrared analysis in Dairy Herd Improvement milk samples and association with milk yield and components. *Journal of Dairy Science*, 99(11), 9263-9270.
- STEVENS, K. (2012). *Monitoring the Incidence of Ketosis in Fresh Cows Using Milk Composition, Urine Ketones, and Milk Ketones* (Doctoral dissertation, The Ohio State University).
- TATONE, E. H., DUFFIELD, T. F., LEBLANC, S. J., DEVRIES, T. J., & GORDON, J. L. (2016). Investigating the within-herd prevalence and risk factors for ketosis in dairy cattle in Ontario as diagnosed by the test-day concentration of β -hydroxybutyrate in milk. *Journal of Dairy Science*, 100(2), 1308-1318.
- TORNADIJO, M. E., MARRA, A. I., FONTÁN, M. G., PRIETO, B., & CARBALLO, J. (1998). La calidad de la leche destinada a la fabricación de queso: calidad química milk quality for cheese production: chemical quality a qualidade da leite destinada á fabricação de queixo: qualidade química. *CYTA-Journal of Food*, 2(2), 79-91.
- URIBES CUEVAS, ALEJANDRO (2013). *Medición grasa/proteína y su asociación con cetosis subclínica en bovinos* (Tesis Médico Veterinario Zootecnista, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México).
- VANHOLDER, T., PAPEN, J., BEMERS, R., VERTENTEN, G., & BERGE, A. C. B. (2015). Risk factors for subclinical and clinical ketosis and association with production parameters in dairy cows in the Netherlands. *Journal of dairy science*, 98(2), 880-888.
- WALDNER, D. N., STOKES, S. R., JORDAN, E. R., & LOOPER, M. L. (2005). *Managing milk composition: normal sources of variation*. Acesso em, 12.
- WATTIAUX, M. A., & HOWARD, T. *Guía Técnica Básica de lechería* Universidad de Wisconsin-Madison [en línea]. edit. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera Esenciales Lecheras Universidad de Wisconsin-Madison, Madison, USA, 2011, 140 p.