

Composición y microbiología de la leche de oveja para una coagulación más eficiente



La producción de quesos tradicionales a partir de leche de pequeños rumiantes es importante en los países de la cuenca Mediterránea. La explotación ovina y caprina de forma extensiva o semiextensiva, en base a razas autóctonas, permite la preservación de la variabilidad genética, el aprovechamiento de los recursos naturales y la producción de alimentos de alta calidad. En España, la región de Castilla-La Mancha es conocida internacionalmente por la producción de Queso Manchego, un producto con Denominación de Origen Protegida (DOP), elaborado a partir de leche de oveja de raza Manchega.

Lorena Jiménez¹, José M. Perea², Javier Caballero-Villalobos², Elena Angón², Alessio Cecchinato³, Nicolò Amalfitano³, Bonastre Oliete⁴, Ramón Arias¹

¹ Instituto Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario y Forestal de Castilla La Mancha (IRIAF), CERSYRA de Valdepeñas, 13300 Ciudad Real, Spain; ljimenez@quesomanchego.es (L.J.); rarias@jccm.es (R.A.)

² Departamento de Producción Animal, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba, Spain; jmperea@uco.es (J.M.P.); eangon@uco.es (E.A.)

³ Department of Agronomy, Food, Natural Resources, Animals and Environment (DAFNAE), University of Padova, Viale dell'Università 16, 35020 Legnaro, Padova, Italy; alessio.cecchinato@unipd.it (A.C.); nicolo.amalfitano@unipd.it (N.A.)

⁴ Équipe Procédés Microbiologiques et Biotechnologiques (PMB), UMR A 02.102 Procédés Alimentaires et Microbiologiques (PAM), 21000 Dijon, France; bonastre.oliete@agrosupdijon.fr * Correspondence: ljimenez@quesomanchego.es

La coagulación de la leche para su transformación en queso es un proceso complejo en el que las proteínas lácteas, denominadas caseínas, cambian su conformación por acción enzimática o acidificante, formando un gel que retiene la grasa, y donde el calcio actúa aportando mayor firmeza mecánica a la cuajada.

Así, la interacción de diferentes factores bioquímicos y físicos durante el proceso de coagulación es determinante en la consolidación de la cuajada, y marcarán el inicio de una serie de eventos que definen la calidad y cantidad de cuajada producida (Stocco et al., 2021).

La calidad higiénico-sanitaria de la leche influye tanto en el proceso de coagulación como en las características organolépticas y sensoriales finales del queso (Lucey et al., 2002). Se ha observado que un alto recuento de células somáticas o la presencia de microorganismos indeseables da lugar a alteraciones de los parámetros tecnológicos de coagulación y del rendimiento final de la cuajada y, por tanto, alteraciones en la calidad final del queso (Pazzola et al., 2018).

El proceso de coagulación podría ser eficazmente analizado y optimizado, evaluando el impacto que los diferentes factores físico-químicos, microbiológicos y tecnológicos tienen en la eficiencia del proceso (Lampe et al., 2015).

Entre los modelos de eficiencia destaca el análisis de frontera estocástica (SFA) porque reconoce las variaciones inherentes

en los procesos productivos que implican que no todas las unidades de producción operan al mismo nivel de eficiencia. Al modelar simultáneamente la relación entre insumos y productos, y la ineficiencia del proceso, considerando la incertidumbre y la variabilidad, es posible establecer en condiciones estocásticas el rendimiento óptimo de cada unidad de producción y los factores que causan ineficiencia (Aigner et al., 1977; Kumbhakar y Lovell, 2003).

En este contexto, recientemente se ha realizado un estudio publicado en la Revista Foods ([https://doi.org/10.3390/](https://doi.org/10.3390/foods13060873)

[foods13060873](https://doi.org/10.3390/foods13060873)), en la que se ha evaluado la eficiencia técnica del proceso de producción de la cuajada a partir de leche de tanque de oveja Manchega.

Material y métodos

Se examinaron 77 rebaños de ovejas de raza Manchega y se recogieron, con periodicidad estacional, un total de 308 muestras de leche de tanque. De cada una de las muestras se han obtenido todos los parámetros físico-químicos (grasa, proteína y lactosa) e higiénico-sanitarios (recuento de células somáticas, así como recuentos microbianos diferenciales).



Se estimó también el tiempo de coagulación y la dureza de la cuajada mediante un lactodinamógrafo (Foto 1), y el rendimiento de la cuajada. Para la evaluación de la eficiencia técnica se utilizó SFA, que consistió en estimar simultáneamente una función de producción tipo Cobb-Douglas con el modelo de efectos de ineficiencia a través de un único procedimiento estocástico.

Cada una de las ganaderías se consideró como una unidad productiva, y cada una de las estaciones como un periodo temporal, asumiéndose que la producción de cuajada depende de tres inputs: grasa, proteína y lactosa. Paralelamente, se analizó la ecuación de ineficiencia que incorpora una serie de variables físico-químicas, microbiológicas y tecnológicas que afectan a la eficiencia del proceso.

Resultados y discusión

Los resultados de SFA indican que la leche de oveja Manchega produce cuajada con rendimientos crecientes a escala. Esto significa que, si aumenta el contenido

de grasa, proteína y lactosa de la leche en un 1%, la producción de cuajada aumentaría un 1,83%.

La elasticidad de cada componente de la leche revela el impacto en la producción de cuajada derivado de aumentar en un 1% la concentración del componente en cuestión, dejando los demás componentes constantes. Los resultados muestran que actualmente es el contenido de proteína el factor de mayor impacto, con una elasticidad de 0,94, mientras que el contenido de grasa mostró una elasticidad de 0,46.

En otras palabras, aumentando la concentración de proteína se obtiene un incremento del rendimiento de cuajada casi en la misma proporción, mientras que aumentando la concentración de grasa, el rendimiento de cuajada aumenta un poco menos de la mitad.

Estos resultados se han obtenido con las condiciones actuales de producción (tecnología, alimentación, etc.), donde se produce leche con unas proporciones de

grasa y proteína dentro de un patrón de variación. Los cambios en el sistema sin duda modificarían las relaciones técnicas entre los componentes de la leche y la cuajada obtenida y, por tanto, la elasticidad de la producción y la productividad marginal de cada componente de la leche. No obstante, en las condiciones actuales habría que evaluar la conveniencia de potenciar el contenido proteico de la leche, que está intrínsecamente vinculado con factores genéticos del animal (Morand-Fehr et al., 2007).

Por otra parte, los sistemas de pago por calidad de la leche se centran en valorar de igual forma grasa y proteína, al considerar la suma de ambos o extracto seco. Sin embargo, los resultados de este estudio indican que la proteína tiene mayor relevancia que la grasa en lo que respecta a la producción de cuajada. Por tanto, sería necesario hacer una reevaluación económica detallada para adaptar estos hallazgos y recompensar de una forma más justa y precisa a los productores. Al mejorar las recompensas financieras, se incentivaría a los productores a optimizar la calidad de



la leche, promoviendo así una mejora continua en el sector (Raynal-Ljutovac et al., 2008).

En el análisis de la ineficiencia se ha podido comprobar que, en promedio, existe una pérdida marginal de 12,4 g de cuajada por cada kg de leche producido. Variables como el pH o la dureza del coágulo han resultado estadísticamente significativas en el modelo de ineficiencia, resultando que la eficiencia en la coagulación mejora cuando se incrementa el pH y en el caso de cuajadas más duras.

Además, el aumento de determinados grupos microbianos en leche (esporas butíricas, *Pseudomonas* spp., cocos gram positivos, catalasa negativos y estafilococos) da lugar a un incremento en la ineficiencia en el proceso de coagulación; al contrario, un aumento de bacterias ácido-lácticas se asocia a una mayor eficiencia del proceso de coagulación la leche.

Conclusiones

La utilización de fronteras de producción estocásticas ha permitido evaluar la eficiencia técnica del proceso de producción de cuajada a partir de leche de oveja Manchega. Actualmente se produce cuajada con rendimientos crecientes de escala, siendo la proteína el componente con una mayor productividad marginal.

Entre los principales factores de ineficiencia se encuentran el pH, la dureza del coágulo y la contaminación microbiana. Estos resultados permitirán al sector la toma de decisiones en el control y evaluación de la calidad de la leche de oveja con el objetivo de optimizar el proceso de elaboración de queso.

Agradecimientos

Este estudio ha sido realizado en el



marco del Proyecto de Investigación titulado "Evaluación de la calidad higiénico-sanitaria y tecnológica de la leche de raza Manchega como instrumento para la mejora de la viabilidad socio-económica y ambiental de los sistemas productivos de ovino lechero" (RTA2011-00057-C02-01).

Referencias

Stocco, G.; Summer, A.; Cipolat-Gotet, C.; Malacarne, M.; Cecchinato, A.; Amalfitano, N.; Bittante, G. The Mineral Profile Affects the Coagulation Pattern and Cheese-Making Efficiency of Bovine Milk. *J. Dairy Sci.* 2021, 104, 8439–8453. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20233>.

Lucey, J.A. Formation and Physical Properties of Milk Protein Gels. *J. Dairy Sci.* 2002, 85, 281–294. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74078-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74078-2).

Pazzola, M.; Cipolat-Gotet, C.; Bittante, G.; Cecchinato, A.; Dettori, M.L.; Vacca, G.M. Phenotypic and Genetic Relationships between Indicators of the Mammary Gland Health Status and Milk Composition, Coagulation, and Curd Firming in Dairy Sheep. *J. Dairy Sci.* 2018, 101, 3164–3175. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13975>.

Lampe, H.W.; Hilgers, D. Trajectories of Efficiency Measurement: A Bibliometric Analysis of DEA and SFA. *Eur. J. Oper. Res.* 2015, 240, 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.04.041>.

Aigner, D.; Lovell, C.A.K.; Schmidt, P. Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models. *J. Econom.* 1977, 6, 21–37. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(77\)90052-5](https://doi.org/10.1016/0304-4076(77)90052-5).

Kumbhakar, S.C.; Lovell, C.A.K. *Stochastic Frontier Analysis*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2000.

Morand-Fehr, P.; Fedele, V.; Decandia, M.; Le Frileux, Y. Influence of Farming and Feeding Systems on Composition and Quality of Goat and Sheep Milk. *Small Rumin. Res.* 2007, 68, 20–34. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.019>.

Raynal-Ljutovac, K.; Lagriffoul, G.; Paccard, P.; Guillet, I.; Chilliard, Y. Composition of Goat and Sheep Milk Products: An Update. *Small Rumin. Res.* 2008, 79, 57–72. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.07.009>.

