

Kappa caseína, tiempo de coagulación y rendimiento quesero.

Vet. Arg. ? Vol. XXXVI ? N° 370 ? Febrero 2019.

Revisión bibliográfica.

Stazionati Micaela Fiorela¹.

Resumen

En el presente trabajo se exploran los diferentes tiempos de coagulación y rendimiento quesero en elaboración de quesos de ovejas. Teniendo en cuenta distintos factores, grasa, proteínas, pH. Con el objetivo de resumir todos los aspectos.

Palabras clave: leche de oveja, tiempo de coagulación, quesos

Kappa casein, coagulation time and cheese yield.

Summary

In the present work, the different coagulation times and cheese yield are explored in the elaboration of sheep cheeses. Taking into account different factors, fat, proteins, pH. In order to summarize all aspects.

Keyword: sheep's milk, clotting time, cheeses.

1stazionati.micaela@inta.gov.ar

La kappa caseína (CSN3), una fosfoproteína, es fundamental para la formación y estabilización de las micelas lipídicas de la leche. La digestión de esta proteína es necesaria para la formación del coagulo en la fabricación del queso, ya que la misma provoca la precipitación de las micelas. Al no ser sensible al calcio (Ca^{+2}), cuando se agrega quimosina actúa sobre ésta, fraccionándola en dos partes, la hidrófila y la hidrófoba. Esta última unida a la micela, al perderse su fracción hidrófila, ya no cumple la función de estabilización de las micelas, precipitando las demás caseínas (Thompson y col., 2009). CSN3 tiene una estructura y propiedades características que determinan sus interacciones y su funcionalidad: 1.- Interacciona con las caseínas sensibles al calcio Ca^{+2} para formar las micelas; 2.- Presenta estructura anfipática como se mencionó antes; 3.- Presenta una secuencia específica donde actúa la quimosina para la proteólisis limitada, lo que permite la eliminación selectiva del dominio polar, comenzando la coagulación de las micelas (Ferrandini y col., 2006). Lo que mejor se adapta a estos requisitos es una capa superficial de CSN3, lo que también satisface la observación de que el contenido de CSN3 es inversamente proporcional al tamaño de la micela (Horne, 2006; Dalgleish y col., 1989). Al ser una micela de tamaño pequeño, permite una disposición más compacta de las micelas sensibilizadas y por lo tanto más enlaces intermicelares cuando se forman en una red (Walsh y col., 1998; Horne, 2006; Walstra y col., 1986). El tamaño de las micelas en ovejas tiene un diámetro mediano, de 193 nm a 202 nm, comparado con las de otros rumiantes (Park y col., 2007; Brulé y coll., 2000). El diámetro de las micelas es una de las propiedades fisicoquímicas que afectan la elaboración de quesos, junto con el pH. Bencini (2002), demostró en ovejas que el tiempo de coagulación decrece de 17 a 7 minutos

cuando el pH desciende de 6,65 a 6,16. Este parámetro marca una diferencia en la velocidad del tiempo de coagulación, jugando un papel importante (Bittante y *col.*, 2012; Kübarsepp y *col.*, 2005). Pugliese y *col.* (2000) durante un año tuvo moderadas variaciones en el pH de leche de ovejas Massese, pero tuvo altas variaciones en todos los parámetros de la cuajada (CV 50%), él se lo atribuye al alimento, al clima, como así también a factores grupales o individuales (orden y etapa de lactancia), lactancias de primavera u otoño. Además, la proporción de calcio por caseína, dado que la presencia de iones de Ca^{+2} es indispensable para la floculación de las micelas de caseínas modificadas por la acción de la quimosina. La temperatura de tratamiento a la que se someta la leche es otro factor. Se observó que cuando la temperatura se acerca a 38°C (comparado con 30° y 34°C) se acorta el tiempo de coagulación y no es afectada la consistencia del cuajo. Esto es lógico esperar debido a que el cuajo tiene una actividad máxima cuando la temperatura se aproxima a la temperatura corporal de los corderos. Las distintas concentraciones de minerales en la leche causan diferencias en el tiempo de coagulación y rendimiento de la cuajada. La concentración del contenido de éstos, depende de la raza, la dieta, el individuo, el estado de lactación y su estado de salud (Park y *col.*, 2007). Por ejemplo, Sevi y *col.* (2004) demostró que el contenido de Ca^{+2} en leche permanece constante durante la lactancia en ovejas Comisana que tuvieron partos de otoño, pero aquellas que lo tuvieron en invierno, tuvieron una reducción significativa sobre todo en la lactancia tardía. Lo mismo ocurrió con el contenido de fósforo de la leche.

Todas estas variables físico químicas están correlacionadas con las variables de coagulación, como así también, con su composición. Pellegrini y *col.* (1994) demostró un aumento en la firmeza de la cuajada durante la lactancia asociada con el aumento de proteínas y grasas, adjudicando esto a que durante la lactancia aumenta el contenido de grasa y proteína (Pugliese y *col.*, 2000), mientras que la tasa de endurecimiento del cuajo disminuye. Este incremento, se puede explicar, en parte, por la disminución en el rendimiento de leche que normalmente ocurre durante la curva de lactancia (Carta y *col.*, 1995). La evolución de la lactosa difiere del comportamiento de las grasas, las proteínas y las caseínas (Pellegrini y *col.*, 1994; Pugliese y *col.*, 2000), observándose una disminución de la lactosa en la leche con el avance de la lactancia. En tanto, Jaramillo y *col.* (2008) atribuyeron una mayor resistencia de la cuajada con un mayor contenido de proteína total en leche. Por otro lado, Kübarsepp y *col.* (2005) señalan una correlación positiva entre el aumento de la materia grasa y la disminución del tiempo de coagulación. Esto puede deberse a que el contenido de grasa afecta el pH (Duranti y *col.*, 2016), como se mencionó anteriormente, y a menor pH decrece el tiempo de coagulación. Con el avance de la lactancia, la aptitud de la leche para la elaboración del queso disminuye debido a cambios en su composición (Jaramillo y *col.*, 2008), a la actividad de las células somáticas y a una enzima proteasa llamada plasmina (Sevi y *col.*, 2004).

Según Dalglish y *col.* (1989) las micelas de diferentes tamaño tienen diferentes

contenidos de CSN3, por lo que se observan diferentes comportamientos de coagulación. El inicio de la coagulación es lento para micelas de tamaño grande y pequeño, pero es rápido para micelas de tamaño mediano. En tanto que Tornadijo y *col.* (1998) sostienen que la cuajada obtenida de leche con micelas grandes de caseínas otorgan un gel más firme y de rápido desuerado. El tiempo de coagulación es el tiempo que transcurre desde la aplicación de la quimosina hasta la aparición de los primeros "copos" que se unen formando un gel que de a poco va adquiriendo dureza (Tornadijo y *col.*, 1998). La evaluación de las propiedades de la coagulación de la leche es importante para la fabricación del queso. Se dice que una leche tiene buena aptitud para la coagulación cuando coagula rápidamente en presencia de la enzima, tiene un desuerado corto y forma una cuajada firme, dando lugar a un buen queso. La reactividad de la leche con el cuajo, tasa de formación de la cuajada y la resistencia de la cuajada, tienen un efecto positivo en todo el proceso de elaboración del queso y posterior maduración (Tornadijo y *col.*, 1998). La repetibilidad del tiempo de coagulación es alta, por lo tanto también lo podría ser su heredabilidad, con lo cual la mejora del tiempo de coagulación podría realizarse por selección (Bittante y *col.*, 2012). Puledda y *col.* (2016) encuentran una alta heredabilidad para el tiempo de coagulación en ovejas Sarda (0,23), donde concluye que se puede lograr un progreso genético breve en el tiempo.

Las variantes genéticas (especialmente de CSN3), influyen fuertemente en el tiempo de coagulación y en el comportamiento tecnológico de la leche (Amigo y *col.*, 2000). Se han encontrado dos variantes del análisis de las proteínas para CSN3 (Alais and Jolles, 1967; Soulier y *col.*, 1974) y 3 variantes genéticas con digestión (RFLP) (Gregorio y *col.*, 1991). Más recientemente Ceriotti y *col.* (2004) encontró un polimorfismo de un sólo nucleótido (SNP) en la posición 237, y Feligini y *col.* (2005) localizó un SNP en la posición 443 del ARNm. Se ha demostrado que ciertas variantes de CSN3 tienen un efecto favorable sobre las propiedades de la cuajada. Caravaca y *col.* (2011) encuentran en cabras Murciano-Granadina que el genotipo de CSN3 se asocia exclusivamente con el tiempo de coagulación, teniendo un menor tiempo de coagulación aquellos animales que portaban el genotipo AB 11,22 min comparado con BB 13,43 min. Pazzola y *col.* (2014) demostró el mismo efecto del genotipo en cabras de raza Sarda, donde la CSN3 influyó en las variables de la coagulación. Animales con genotipo BB tuvieron un retardo en el tiempo de coagulación, siendo la leche de estos las más bajas en pH. Por otro lado, los homocigotas AA fueron los de mayor firmeza de cuajo. Por otro lado, Kübarsepp y *col.* (2005) encuentran en vacas que el genotipo BB fue significativamente mejor que AA para los parámetros de coagulación. De todas maneras debe observarse que el conjunto de mutaciones que caracterizan las variantes A y B en cabras y en vacas son completamente diferentes entre ellas, y diferentes de las variantes de CSN3 de ovejas. El gen CSN3 caprino comprende 5 exones con la región codificante para la proteína madura contenido en los exones 3 y 4. Según Yahyaoui y *col.* (2003), que realizó la tipificación del gen por amplificación del exón 3 (469bp) y 4 (645 bp), obtuvo los alelos A, B y C, y en el análisis de

secuencia del exón 3 encontró un SNP (A> G) en la posición 27. Por otra parte, para la genotipificación del gen de CSN3 en bovinos, se puede utilizar PCR-RFLP. Según Alexander y *col.* (1988), amplificando un fragmento de 530 bp se puede identificar las dos variantes mayoritarias (A y B) de este gen, en donde la variante A tiene Thr en la posición 136 y Asp en la posición 148 de la proteína madura, mientras que la variante B tiene residuos de Ile y Ala en las respectivas posiciones.

Bittante y *col.* (2012) clasificaron los factores genéticos que afectan el tiempo de coagulación. La raza se encuentra en primer lugar, y las condiciones ambientales generan gran variación, en particular el calor juega un rol importante (Peana y *col.*, 2007), ya que el estrés calórico hace que los animales reaccionen con una sucesión de respuestas fisiológicas y endocrinas que tienen efecto directo en el rendimiento y composición de la leche. A su vez, no hay ingesta de alimento, por lo que se reducen los nutrientes disponibles para la glándula mamaria. Esto conlleva a desmejorar las características de la cuajada y del queso. Peana y *col.* (2007) encontró caídas significativas en el rendimiento de la leche hasta un 15% (aproximadamente 0,30 kg/día/ cabeza) cuando las temperaturas máxima y media fueron superiores a 21-24°C y 15-21°C, respectivamente. Asimismo, la humedad relativa del aire, influye positivamente en el rendimiento, mostrando un aumento de hasta 10% (0,18M/día /cabeza) cuando esta era superior al 45-55%. Entre los factores, se encuentra la estructura de los genes que codifican las proteínas de la leche, y los efectos de sus variantes genéticas en el proceso de elaboración de queso. Los genes mayores de las proteínas de la leche, son otro factor muy importante. En este sentido, se han realizado muchos estudios para identificar rasgos genéticos asociados a producción de leche, para realizar selección asistida por marcadores (MAS) (Georges y *col.*, 1995). Se debe a su vez considerar el efecto poligénico aditivo.

El efecto del genotipo de CSN3 ha resultado significativo para el tiempo de coagulación (Pazzola y *col.*, 2014; Duranti y *col.*, 2016; Maioli y *col.*, 2007; Kübarsepp y *col.*, 2005). Muy pocos estudios se han llevado a cabo sobre las propiedades de coagulación en pequeños rumiantes, especialmente en ovinos (Puleda y *col.*, 2016). En general, los reportes sobre este tema están basados en el polimorfismo de CSN3, debido a que ésta juega un papel clave, es la responsable de la estructura primaria de la cuajada del queso, la coagulación afectaría la composición del queso, la textura y la reología (Selvaggi y *col.*, 2014).

El comportamiento coagulante de la leche está fuertemente influenciado por los factores climáticos y nutricionales, como ya se mencionara, además está relacionado con el tipo de lactación y la época de parición a las que está sujeto el animal. Pugliese y *col.* (2000) demostraron en ovejas Massese que lactancias cortas iniciadas en primavera tienen menor tiempo de coagulación (2,55 min) comparadas con lactancias cortas y largas iniciadas en otoño (3,83 min y 8,86 min, respectivamente). Según Sevi y *col.* (2004), los parámetros de la cuajada son afectados por la época de parto y la etapa de la lactancia, obteniendo

mejores resultados con las pariciones de otoño comparadas con las de invierno. A su vez, también influyen el número y el estado de lactancia (Pazzola y *col.*, 2014). La aptitud para la elaboración de queso mejora después de la cuarta lactancia (Pugliese y *col.*, 2000; Kuchtík y *col.*, 2008) a diferencia de lo demostrado por Novotna y *col.* (2009); Jaramillo y *col.* (2008); y Pellegrini y *col.* (1997) quienes reportaron que la mejor cuajada se encuentra en la segunda parición, y luego comienza a declinar pero sin causar efecto en las propiedades de coagulación. Teniendo en cuenta los días en lactancia, los tiempos más largo de coagulación fueron entre el día 33 y 67 en lactancia y los más cortos hacia la mitad de la lactación en Frisona del Este (*East Friesian*), en lactancias de 191 días (Kuchtík y *col.*, 2008). El motivo por el cual sería más extenso, es porque al comienzo de la lactancia el contenido de sólidos totales, proteína y grasa es bajo en comparación con la mitad y el fin de la misma (Pavi? y *col.*, 2002; Pugliese y *col.*, 2000).

Con respecto al tiempo de coagulación y rendimiento quesero, en ovejas raza Massese, Martini y *col.* (2008) obtuvo un tiempo de coagulación de 12,83 (5,03) minutos, mientras que el rendimiento fue de 20,11% (2,81). En razas Manchega y Lacaune (Abdelgawad y *col.*, 2016), donde se evaluó las propiedades de la coagulación para elaboración de quesos de leche proveniente de ovejas con MSC (Lacaune) y sin MSC (Manchega y Lacaune), los valores del tiempo de coagulación para las ovejas sin MSC fueron de 10,8 minutos y 9,90 minutos, respectivamente. Mientras que aquellas leches con MSC tuvieron un mayor tiempo de coagulación (25,2 minutos), debido a que la integridad de las micelas de caseínas se encuentra comprometida llevando a un gel deficiente. Abdelgawad y *col.* (2016) indicaron que la lactosa es un factor clave balanceando los cambios osmóticos entre la sangre y la leche de la ubre, ya que en animales infectados con MSC hay una disminución de la lactosa que equilibra el efecto osmótico del aumento del contenido mineral. Las leches provenientes de animales con MSC tienen una lenta coagulación, como consecuencia de una disminución de la concentración del Ca^{+2} , fósforo y potasio. Si incrementamos la concentración de Ca^{+2} inducimos a un tiempo de coagulación corto. Tanto el tiempo de coagulación de la leche, como el que tarda la cuajada en adquirir firmeza, aumentan de forma significativa con los RCS (Raynal-Ljutovac y *col.*, 2007). En general, es deseable minimizar el tiempo de coagulación, porque de esta manera se reduce el tiempo de procesamiento requerido para la elaboración de queso. En ovejas Sarda (Puleda y *col.*, 2016), el tiempo de coagulación hallado fue de 15,18 (4,29) minutos, y el rendimiento fue de 36,24% (9,33). Novotna y *col.* (2009) investigaron, según el estado de lactación y el parto, el rendimiento lechero, composición y propiedades de la leche de oveja en 10 cruces de ovejas criadas en granjas orgánicas, La media según el estado de lactación y parición fue de 3,36 (0,88) minutos de tiempo de coagulación.

En la raza Pampinta, se trató de estimar la asociación entre el genotipo del gen de CSN3 y el tiempo de coagulación y rendimiento quesero. La probabilidad de encontrar ovejas de los tres genotipos fue muy baja. La prueba se realizó dos años consecutivos, pero no se

obtuvo un número suficiente de animales de dos de los genotipos como para realizar las comparaciones. El genotipo más frecuente para CSN3 en Pampinta fue el CC (el SNP C>T posición 443, acceso GenBank: X51822; (Feligini y *col.*, 2005), mediante pirosecuenciación; y el SNP T>C posición 237, GenBank X51822 (Ceriotti y *col.*, 2004)); encontrando en muy baja frecuencia el TC. No hubo diferencias entre los genotipos con respecto al tiempo de coagulación, pero si se encontraron diferencias en el rendimiento quesero a nivel teórico, obteniendo mejores rendimientos el genotipo TC. Trabajando con un bajo número de animales, los valores obtenidos, sin embargo, estuvieron dentro de los reportados para otras razas de ovejas lecheras. Los valores estuvieron cercanos a los mínimos de los rangos reportados en otras razas, posiblemente por las diferencias de manejo que existen. Es difícil comparar resultados en cuanto a las propiedades de coagulación de la leche, ya que las condiciones de operación (temperatura, cantidad y calidad del cuajo, equipamiento) no son necesariamente idénticas.

Algunas investigaciones han contribuido a la comprensión de las propiedades de cuajo de razas de ovejas lechera, especialmente en países mediterráneos. Sin embargo las propiedades tecnológicas de muchas razas no se han estudiado. Teniendo en cuenta que la mayoría de los programas de mejoramiento se basan únicamente en los caracteres cuantitativos (litros de leche) y cualitativos (contenido de grasa y proteínas) de la leche (Ugarte y *col.*, 2001) y no en su desempeño en la elaboración de quesos. Como la leche de oveja se destina casi en su totalidad a la elaboración de quesos, la estimación de los rasgos de coagulación pueden permitir un marco futuro de selección para tales rasgos (Puleda y *col.*, 2016).

Bibliografía

ABDELGAWAD, A.R., ROVAI, M., CAJA, G., LEITNER, G., CASTILLO, M. Evaluating coagulation properties of milk from dairy sheep with subclinical intramammary infection using near infrared light scatter. A preliminary study. *J. Food Eng.* 2016, 168: 180-190.

ALAIS, C., AND JOLLÈS, P. Isolation, Purification, and Analysis of Two κ -Casein-like Fractions from Sheep Casein 1, 2. *J. Dairy Sci.* 1967, 50: 1555-1561.

ALEXANDER, L. J., STEWART, A. F., MACKINLAY, A. G., KAPELINSKAYA, T. V., TKACH, T. M., GORODETSKY, S. I. Isolation and characterization of the bovine κ -casein gene. *Eur. J. Biochem.* 1988, 178: 395-401.

AMIGO, L., RECIO, I., RAMOS, M. Genetic polymorphism of ovine milk proteins: its influence on technological properties of milk? a review. *Int. Dairy J.* 2000, 10: 135-149.

BENCINI, R. Factors affecting the clotting properties of sheep milk. *J. Sci. Food Agric.* 2002, 82: 705-719.

BITTANTE, G., PENASA, M., CECCHINATO, A. Invited review: Genetics and modeling of milk coagulation properties. *J. Dairy Sci.*, 2012, 95: 6843-6870.

BRULE, G., LENOIR, J., REMEUF, F. The casein micelle and milk coagulation. In *Cheesemaking: From Science to Quality Assurance*, Eck A & Gillis J, eds., 2nd Edition, Lavoisier Publishing, Paris, 2000, 7-40.

CERIOTTI G, CHESSA S, BOLLA P, BUDELLI E, BIANCHI L, DURANTI E, CAROLI A. Single nucleotide polymorphisms in the ovine casein genes detected by polymerase chain reaction-single strand conformation polymorphism. *J Dairy Sci.* 2004, 87:2606-2613.

CARAVACA, F., ARES, J.L., CARRIZOSA, J., URRUTIA, B., BAENA, F., JORDANA, J., BADAOU, B., ANGIOLILLOS, A., AMILL, M., SERRADILLA J.M. Effects of κ 1-casein (CSN1S1) and λ -casein (CSN3) genotypes on milk coagulation properties in Murciano-Granadina goats. *J.Dairy Res.* 2011, 78:32-37.

CARTA, A., SANNA, S.R., CASU, S. Estimating lactation curves and seasonal effects for milk, fat and protein in Sarda dairy sheep with a test day model. *Livest. Prod. Sci.* 1995, 44, 37-44.

CLARK, J.T. Processing of frozen sheep milk ? current procedures and difficulties encountered. 2004.

DALGLEISH, D. G., HORNE, D. S., LAW, A. J. R. Size-related differences in bovine casein micelles. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1989, 991: 383-387.

DURANTI, E., BOLLA, P., CAROLI, A., CHIOFALO, L., DI STASIO, L., FORTINA, R., MARTINI, M., PICCOLO, V., ZULLO, A. Problem concerning ovine milk clotting aptitude. *Ital. J. Anim. Sci.* 2016, 2:1, 89-95.

FELIGINI, M., VLACO, S., CUBRICURIK, V., PARMA, P., GREPPI, G. F., ENNE, G. A single nucleotide polymorphism in the sheep κ -casein coding region. *J. Dairy Res.* 2005, 72: 317-321.

FERRANDINI, E., CASTILLO, M., LÓPEZ, M.B., LAENCINA, J. Modelos estructurales de la micela de caseína. *An. Vet. (Murcia)* 2006, 22: 5-18.

GEORGES, M., NIELSEN, D., MACKINNON, M., MISHRA, A., OKIMOTO, R., PASQUINO, A. T., SARGEANT, L.S., SORENSEN, A., STEELE, M.R., ZHAO, X., WOMACK, J.E., HOESCHELE, I. Mapping quantitative trait loci controlling milk production in dairy cattle by

exploiting progeny testing. *Genet.* 1995, 139: 907-920.

GREGORIO, P., RANDO, A., PIERAGOSTINI, E., MASINA, P. DNA polymorphism at the casein loci in sheep. *Anim. Genet.* 1991, 22: 21-30.

HORNE, D. S. Casein micelle structure: models and muddles. *Curr. Opin. Colloid & Interface Sci.*, 2006, 11: 148-153.

JARAMILLO, D.P., ZAMORA, A., GUAMIS, B., RODRIGUEZ, M., TRUJILLO, A.J. Cheesemaking aptitude of two Spanish dairy ewe breeds: Changes during lactation and relationship between physico-chemical and technological properties. *Small Rumin. Res.* 2008, 78: 48-55.

KÜBARSEPP, I., HENNO, M., VIINALASS, H., SABRE, D. Effect of κ -casein and β -lactoglobulin genotypes on the milk rennet coagulation properties. *Agr. Res.* 2005, 1: 55-64.

KUCHTIK, J., SUSTOVA, K., URBAN, T., ZAPLETAL, D. Effect of the stage of lactation on milk composition, its properties and the quality of rennet curdling in East Friesian ewes. *Czech J. Anim. Sci.*, 2008, 53: 55-63.

MOIOLI, B., D'ANDREA, M., PILLA, F. Candidate genes affecting sheep and goat milk quality. *Small Rumin. Res.* 2007, 68: 179-192.

MARTINI, M., SCOLOZZI, C., CECCHI, F., MELE, M., SALARI, F. Relationship between morphometric characteristics of milk fat globules and the cheese making aptitude of sheep's milk. *Small Rumin. Res.* 2008, 74: 194-201.

MERCANTI, D.J., BUSETTI, M.R., MEINARDI, C.A., ZALAZAR, C.A. Studies on a fast method for determining the yield in the production of Argentinean sheep cheeses. *Food Chem.* 2008, 107, 1717-1723.

NOVOTNÁ, L., KUCHTIK, J., SUSTOVÁ, K., ZAPLETAL, D., FILIPCIK, R. Effects of Lactation Stage and Parity on Milk Yield, Composition and Properties of Organic Sheep Milk. *J. Appl. Anim. Res.* 2009, 36: 71-76.

PARK, Y.W., JUAREZ, M., RAMOS, M., HAENLEIN, G.F.W. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.* 2007, 68: 88-113.

PAVIŠ, V., ANTUNAC, N., MIOŠ, B., IVANKOVIČ, A., HAVRANEK, J. L. Influence of stage of lactation on the chemical composition and physical properties of sheep milk. *Czech J.*

Anim. Sci., 2002, 47: 80-84.

PAZZOLA, M., DETTORI, M.L., CIPOLAT-GOTET, C., CECCHINATO, A., BITTANTE, G., VACCA, G.M. Phenotypic factors affecting coagulation properties of milk from Sarda ewes. J. Dairy Sci. 2014, 97: 7247-7257.

PEANA, I., FOIS, G., CANNAS, A. Effects of heat stress and diet on milk production and feed and energy intake of Sarda ewes. Ital. J. Anim. 2007, Sci, 6(sup1), 577-579.

PELLEGRINI, O., REMEUF, F., RIVEMALE, M. Evolution des caracteristiques physico-chimiques et des parametres de coagulation du lait de brebis collecte dans la region de Roquefort. Lait 1994, 74: 425-442.

PUGLIESE, C., ACCIAIOLI, A., RAPACCINI, S., PARISI, G., FRANCI, O. Evolution of chemical composition, somatic cell count and renneting properties of the milk of Massese ewes. Small Rumin. Res. 2000, 35: 71-80.

PULEDDA, A., GASPA, G., MANCA, M.G., SERDINO, J., URGEGHE, P.P., DIMAURO, C., NEGRINI, R., MACCIOTTA, N.P.P. Estimates of heritability and genetic correlations for milk coagulation properties and individual laboratory cheese yield in Sarda ewes. Anim. 2016, 1 ? 9.

RAYNAL-LJUTOVAC, K., PIRISI, A., DE CREMOUX, R., GONZALO, C. Somatic cells of goat and sheep milk: analytical, sanitary, productive and technological aspects. Small Rumin. Res. 2007, 68: 126-144.

SELVAGGI, M., LAUDADIO, V., DARIO, C., TUFARELLI, V. Investigating the genetic polymorphism of sheep milk proteins: a useful tool for dairy production. (wileyonlinelibrary.com) DOI 10.1002/jsfa.6750. 2014.

SEVI, A., ALBENZIO, M., MARINO, R., SANTILLO, A., MUSCIO, A. Effects of lambing season and stage of lactation on ewe milk quality. Small Rumin. Res. 2004, 51: 251-259.

SOULIER, S., RIBARDEAU-DUMAS, B., DENAMUR, R. Purification of k-casein from sheep. Europ. J. Bioch. 1974, 50: 445-452.

THOMPSON, A., BOLAND M., SINGH H. Milk Protein: From Expression to Food. Academic Press. 2009, 153-140.

TORNADIJO, M. E., MARRA, A. I., FONTÁN, M. G., PRIETO, B., CARBALLO, J. La calidad de la leche destinada a la fabricación de queso: calidad química milk quality for cheese

production: chemical quality a calidade da leite destinada á fabricaci3n de queixo: calidade qu3mica. J. Food, 1998, 2: 79-91.

UGARTE, E., RUIZ, R., GABIÑA, D., BELTRÁN DE HEREDIA, I. Impact of high-yielding foreign breeds on the Spanish dairy sheep industry. Livest. Prod. Sci. 2001, 71: 3?10.

WALSH, C. D., GUINEE, T. P., REVILLE, W. D., HARRINGTON, D., MURPHY, J. J., T O'KENNEDY, B., FITZGERALD, R. J. Influence of ?-casein genetic variant on rennet gel microstructure, cheddar cheesemaking properties and casein micelle size. Int. Dairy J., 1998, 8: 707-714.

WALSTRA, P., VAN VLIET, T. The physical chemistry of curd making. Neth. Milk Dairy J. 1986, 40: 241-259.

WENDORFF, W.L., DUFEK, M.A., JAEGGI, J. J., PENG, Y., BERGER, Y. M., LUCEY, J.A. Impact of handling and thawing on cheesemaking properties of frozen sheep milk. In Proc. of 14 th Great Lakes Dairy Sheep Symposium. 2008, 35-44.

YAHYAOU, M.H., ANGIOLILLO, A., PILLA, F., SANCHEZ, A., FOLCH, J.M. Characterization and genotyping of the caprine kappa casein variants. J. Dairy Sci. 2003, 86: 2715?2720
