

<https://doi.org/10.61308/QXSM5120>

Взаимовръзка между съотношението мазнини: протеин, млечната продуктивност и параметрите, характеризиращи коагулационната способност на млякото при крави от породата Черношарено говедо

Даниела Йорданова^{1*}, Теодора Ангелова¹, **Живко Кръстанов¹** и Иван Механджийски²

¹Селскостопанска академия, Земеделски институт – Стара Загора, 6000 Стара Загора, България

²Селскостопанска академия, НИЦЖЗ – Смолян, 4700 Смолян, България

*Кореспондиращ автор: dida.sz@abv.bg

Резюме: Целта на настоящото изследване е да установи взаимовръзка между съотношението мазнини:протеин (М/П), млечната продуктивност и параметрите, характеризиращи коагулационната способност на млякото при крави от породата Черношарено говедо. Стойностите на съотношението мазнини:протеин се повишават скоро след отелването и достигат връх до 120 дни от лактацията (1.27), след което бавно намаляват в средата и към края на лактацията. При най – оптималните стойности на съотношение мазнини: протеин – 1.27, е отчетена най – висока дневна млечност в периода от 61 до 120 дни от лактацията на животните – 30.74 кг. Върху всички изследвани признаци с висока степен на доказаност е влиянието на фактора ферма ($p < 0.001$). Установено е високо достоверно влияние ($p < 0.001$) на фактора лактационни дни и достоверно влияние ($p < 0.01$) на фактора възраст на първо отелване, при признаците млечност, съдържание на белтъчни вещества и времето за коагулиране на млякото. Данните са обработени със софтуерните продукти PEST (Groeneveld et al., 1990), Systat 13, а графичната обработка на данните е извършена с помощта на Excel.

Ключови думи: съотношение мазнини:протеин; млечна продуктивност; коагулационна способност на млякото

Relationship between fat-to-protein ratio, milk productivity and parameters characterizing the coagulation ability of milk in Black and White cattle

Daniela Yordanova^{1*}, Teodora Angelova¹, **Jivko Krastanov¹** and Ivan Mehandzhiyski²

¹Agricultural Academy, Agricultural Institute – Stara Zagora, 6000 Stara Zagora, Bulgaria

²Agricultural Academy, Scientific Center for Animal Husbandry and Agriculture – Smolyan, 4700, Smolyan, Bulgaria

*Corresponding author: dida.sz@abv.bg

Citation: Yordanova, D., Angelova, T., **Krastanov, J.** & Mehandzhiyski, I. (2026). Relationship between fat-to-protein ratio, milk productivity and parameters characterizing the coagulation ability of milk in Black and White cattle. *Bulgarian Journal of Animal Husbandry*, 63(1), 13-20 (Bg).

Abstract: The aim of the present study is to establish a relationship between the fat-to-protein ratio, milk productivity and parameters characterizing the coagulation ability of milk in cows of the Black-and-White breed. A control day model was used, in which each daily milk control was considered as a separate observation. The values of the fat-to-protein ratio increase soon after calving and reach a peak by 120 days of lactation (1.27), after which they slowly decrease in the middle and towards the end of lactation. At the most optimal values of the fat-to-protein ratio – 1.27, the highest daily milk yield was recorded in the period from 61 to 120 days of lactation

of the animals - 30.74 kg. On all the studied traits, the influence of the farm factor is highly evident ($p < 0.001$). A highly significant influence ($p < 0.001$) of the lactation days factor and a significant influence ($p < 0.01$) of the age at first calving factor were found on the traits milk yield, protein content and rennet coagulation time. The data were processed with the software products PEST (Groeneveld et al., 1990), Systat 13, and the graphical processing of the data was performed using Excel.

Keywords: fat-to-protein ratio; milk productivity; coagulation ability of milk

ВЪВЕДЕНИЕ

Непълноценното хранене на животните преди и след отелване увеличава появата на ацедоза и кетоза и риска от анеструс през първите 60 дни след отелването. Субклиничната ацидоза и кетоза са две от най-разпространените метаболитни заболявания при млечните крави влияещи върху репродуктивната способност (Timarán et al., 2020). И двете състояния могат да присъстват субклинично, което ги прави по-трудни за диагностициране, лечение и контрол, с последващи проблеми с плодовитостта на стадото (Chaidate et al., 2014; Shin et al., 2015).

Субклиничната кетоза при млечните говеда често се появява между две и седем седмици след отелването, тъй като производството на мляко през този период се увеличава (Esposito et al., 2014; Tatone et al., 2016).

Редица автори посочват, че ефекта от появата на кетоза води до намаляване на млечната продуктивност в началото на лактацията (Ospina et al., 2010; Rajala-Schultz et al., 1999) и може да причини големи икономически загуби (намаляната млечност, следродилни заболявания, бракуване на животните) (McArt et al., 2012; Suthar et al., 2013).

Съотношението М/П е много важен индикатор за здравето на животните Richardt (2004). Високите му стойности (над 1.5) при млечни крави означават 1.5 пъти по-висока вероятност от заболяемост от мастит, 7.5 пъти по-висока тенденция към куцота и 3.5 пъти по-висока честота на кетоза.

Glatz-Horpe et al. (2020) заключават, че съотношението М/П може да се използва за проверка на риска от кетоза и когато стой-

ностите му са над максималната стойност от 1.4, рискът от нарушения се увеличава.

Животните при които е установена кетоза имат по-високо съотношение М/П в първия ден от лактацията (Klein et al., 2019).

Negussie et al. (2013) и Čejna and Chládek (2005) установяват най-високите стойности на съотношението М/П в началото на лактацията.

Оптималното съотношението М/П варира от 1.2 до 1.4 (Buaban et al., 2016 and Čejna and Chládek, 2005). Други автори, като Paura et al. (2012) съобщават, че оптималното съотношението М/П е в границите от 1.1 до 1.5. По-ниските стойности вероятно ще доведат до субклинична ацидоза, а по-високите стойности до енергиен дефицит и субклинична кетоза.

Отрицателен ефект върху млечността при проявата на кетозата се посочва от Vlček et al. (2016). Авторите проучват влиянието на съотношението М/П върху добива на мляко при крави от породата Холщайн в началото на лактацията, като установяват, че средната стойност на съотношение М/П е 1.19. При риск от ацидоза са били 19.71% от всички животни включени в наблюдението и 8.92% са изложени на риск от кетоза. При отклонение от нормалното съотношение М/П, при 5 - 30 ден от лактацията, се установява намаляване на млечността с 6.31 kg/ден, докато това влияние е по-слабо през периода 61 - 90 ден от лактацията и води до понижаване на млечността с 3.74 kg/ден.

Vlček et al. (2016) установяват, че с най-голям риск от кетоза (19.08 %) са животните през първия месец след отелването, докато често-

тата на риска от ацидоза нараства постепенно от началото (10.53 %) до средата на лактация (26.60 %). Животните, обект на изследването са със средна дневна млечност 35.83 kg. Избраният ефект на стадото, съотношението, годината, сезона на отелване, лактационните дни и съотношението М/П обяснява 55.67 % от променливостта на млечния добив.

Целта на настоящото изследване е да установи ваймовръзка между съотношението мазнини:протеин (М/П), млечната продуктивност и параметрите, характеризиращи коагулационната способност на млякото при крави от породата Черношарено говедо.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Данни: За установяване на коагулационна способност и качествения състав на млякото бяха изследвани 940 индивидуални млечни проби от крави от породата Черношарено говедо, отглеждани в 10 ферми. Млечните проби се вземаха, посредством млекомери по време на сутрешно доене, без да се добавя консервант.

За установяване на влиянието на лактационните дни върху изследваните от нас параметри и за по-добра апроксимация, периода на вземане на млечните проби се класифицира в зависимост от лактационни дни към съответния контролен ден от съответната лактация на животното: до 60 дни; от 61 до 120 дни; от 181 до 240 дни; от 181 до 240 дни; от 241 до 300 дни от лактацията.

Лабораторен анализ: Анализът на индивидуалната коагулационна способност на млякото бе извършен в лабораторията на Земеделски институт – Стара Загора, посредством Computerized Renneting Metter – Polo Trade, Italy. Изследването на коагулационната способност на млякото протича за 30 min. Пробите от мляко (10 ml) бяха предварително затоплени (35°C) преди добавянето на 200 µL химозин. Използваният химозин е Naturen Plus 215 /0.8L с активност на коагулация на мляко - 215 IMCU/ml. По време на изслед-

ването се проследи динамиката на следните показатели: дневна млечност (kg), мастни и белтъчни вещества (%), време за коагулиране на млякото (RCT, min), твърдост на коагулума (a_{30} , mm) и време за стягане на коагулума (k_{20} , min).

Статистически анализ

За анализ на факторите, влияещи върху оценявания признак – млечност, качествения състав на млякото и параметрите, характеризиращи коагулационната му способност, беше формулиран математичен модел основан на следната хипотеза: млечността за контролен ден зависи от условията на външната среда – ферма, поредна лактация, лактационни дни към съответния контролен ден от съответната лактация на животното, възраст на първо отелване, разплодник, ефект на генетичната стойност на индивида и случайни, не изследвани и описани в модела, фактори.

Използван бе модел на контролен ден, в който всяка дневна млечна контрола бе разглеждана като отделно наблюдение.

За установяване на влиянието на съотношението М/П върху млечната продуктивност, качествения състав на млякото и параметрите, характеризиращи коагулационната му способност беше използван следният смесен линейен модел:

$$Y_{ijklmnop} = \text{Farm}_i + \text{PL}_j + \text{Testdim}_k + \text{Sire}_l + \text{VPO}_m + \text{F/Pratio}_n + A_o + e_{ijklmnop}$$

където:

$Y_{ijklmnop}$ – p -тото съответно наблюдение на признак;

Farm_i – фиксиран ефект на i -тата ферма;

PL_j – фиксиран ефект на j -та поредна лактация;

Testdim_k – случаен регресионен ефект на k -тите лактационни дни към съответния контролен ден от съответната лактация на животното;

Sire_l – случаен ефект на бика;

VPO_m – ефект на m -тата възраст на първо отелване;

F/Pratio_n – съотношение мастни/белтъчни вещества

A_0 – о-тия случаен адитивен генетичен ефект на индивида

$e_{ijklmnop}$ – случаен ефект на ненаблюдавани фактори;

Данните бяха обработени със софтуерните продукти **PEST** (Groeneveld et al., 1990), **Systat 13**, а графичната обработка на данните се извърши посредством **Excel**.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

На таблица 1 са представени резултатите на статистическите параметри, характеризиращи качествения състав на млякото и коагулационната му способност.

Млякото, продуцирано от животните се характеризира с много добри средни стойности на показателите % мастни и белтъчни вещества – 4.12 и 3.33%, съответно. Получените от нас резултати за средна стойност на съотношението мазнини: протеин – 1.25, кореспондират с тези от Buaban et al., (2016), Šejna and Chládek (2005) и Pauga et al., (2012), които посочват, че оптималното съотношението М/П варира от 1.2 до 1.4. При признаците, характеризиращи коагулационната способност

на млякото установихме следните стойности: време за коагулиране (RCT) – 18.26 min. и твърдост на коагулума (a30) – 30.19 mm. Близка до получената от нас средна стойност, се посочва от изследване проведено от Kubarsepp et al., 2005, които установяват твърдост на коагулума – 28.98 mm.

Периодът на вземане на млечните проби се класифицира в зависимост от лактационни дни към съответния контролен ден от съответната лактация на животното: до 60 дни; от 61 до 120 дни; от 181 до 240 дни; от 181 до 240 дни; от 241 до 300 дни от лактацията и са установени следните средни стойности на съотношението мазнини: протеин - 1,24; 1,27; 1,22; 1,21 и 1,24 (фигура 1). Стойности на съотношение мазнини: протеин се повишават скоро след отелването и достигат връх до 120 дни от лактацията (1.27), след което бавно намаляват в средата и края на лактацията.

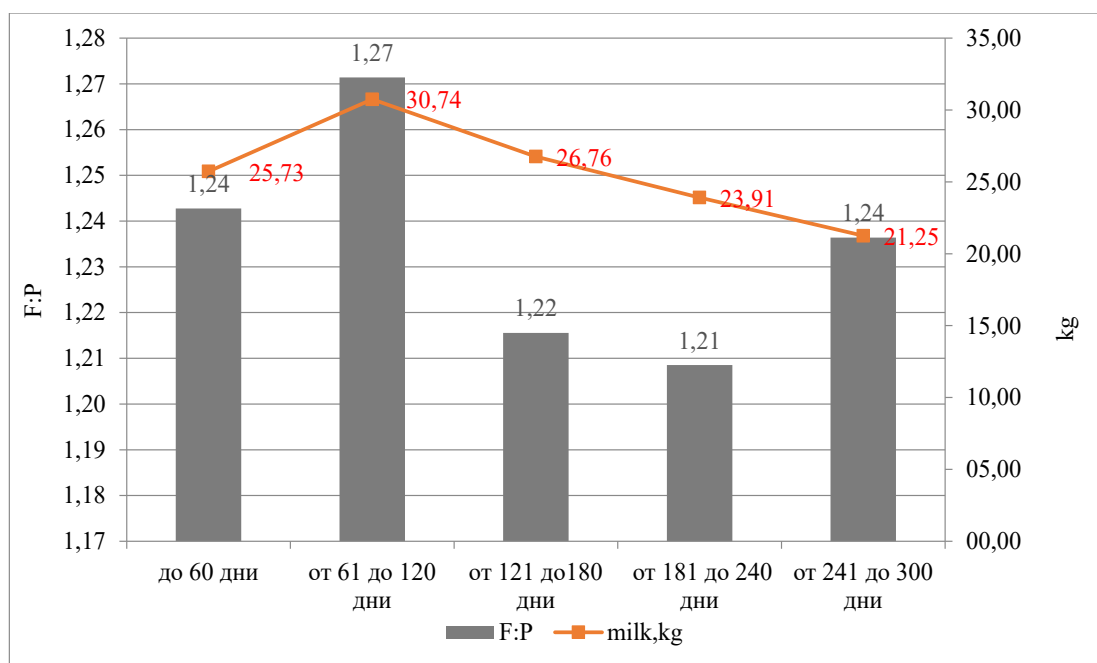
Най - висока дневна млечност установихме в периода от 61 до 120 дни от лактацията на животните – 30.74 кг. През този период са отчетени и най – високите стойности на показателите % мастни и белтъчни вещества в млякото – 4.10 и 3.22%, съответно (фигура 2). Šejna и Chládek (2005) също установяват по-ниско съдържание на млечна

Таблица 1. Статистически параметри, характеризиращи качествения състав на млякото и коагулационната способност на млякото

Table 1. Statistical parameters characterizing the qualitative composition of milk and the coagulation ability of milk

Показатели/ Traits	Брой N	Средно Mean	Мин. Min.	Макс. Max.	Коеф. на варианс. CV	Станд. откл. Std.Dev.
Млечност, kg / Milk, kg	940	24.43	4.00	69.00	118.21	10.87
Мастни вещества, % / Fat, %	940	4.12	1.49	9.04	1.06	1.03
Белтъчни вещества, % / Protein, %	940	3.33	1.92	4.32	0.06	0.24
Съотношение мазнини: протеин/ F/P ratio	940	1.25	0.44	4.58	0.14	0.37
Време за коагулиране, min / Rennet coagulation time, min	940	18.26	1.57	30.00	40.01	6.32
Твърдост на коагулума, mm / Curd firmness, mm	940	30.19	4.00	58.00	154.60	12.43

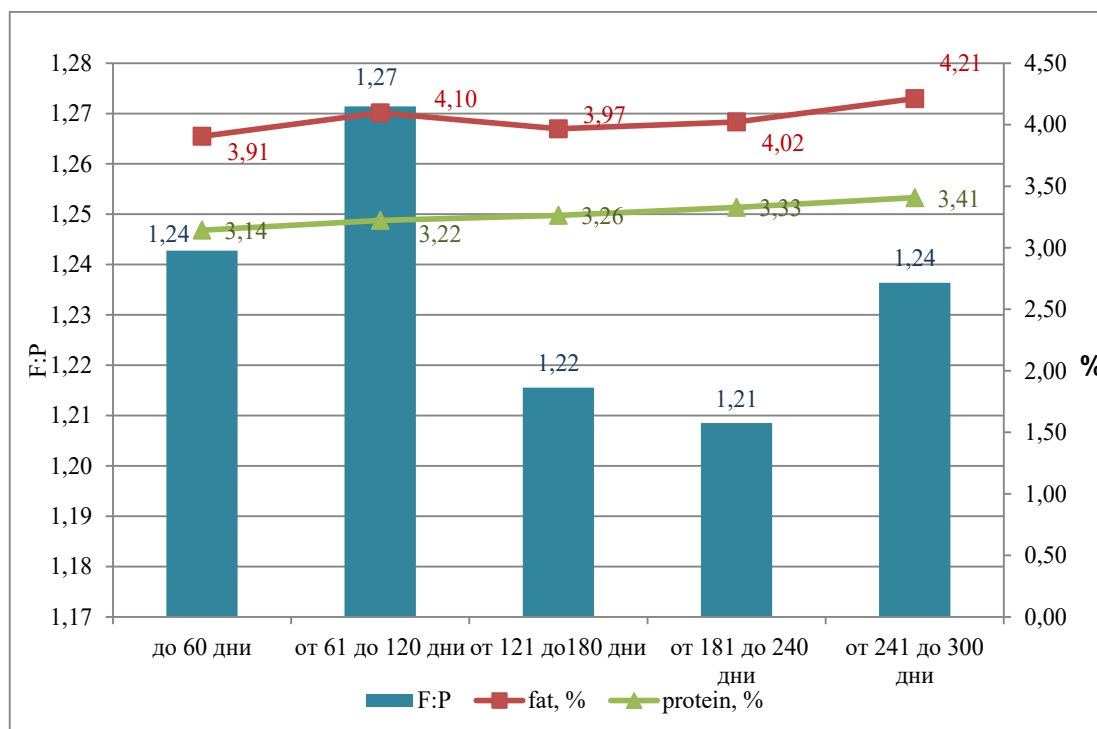
Източник: Собствена разработка на авторите
Source: Authors' own elaboration



Фигура 1. Съотношение М/П в зависимост от лактационните дни

Figure 1. M/P ratio depending on lactation days

Източник: Собствена разработка на авторите
Source: Authors' own elaboration



Фигура 2. Съотношение М/П в зависимост от % мастни и белтъчни вещества в млякото

Figure 2. M/P ratio depending on % fat and protein in milk

Източник: Собствена разработка на авторите
Source: Authors' own elaboration

мазнина през периода на лактация от 166^{-ти} до 253^{-ти} ден.

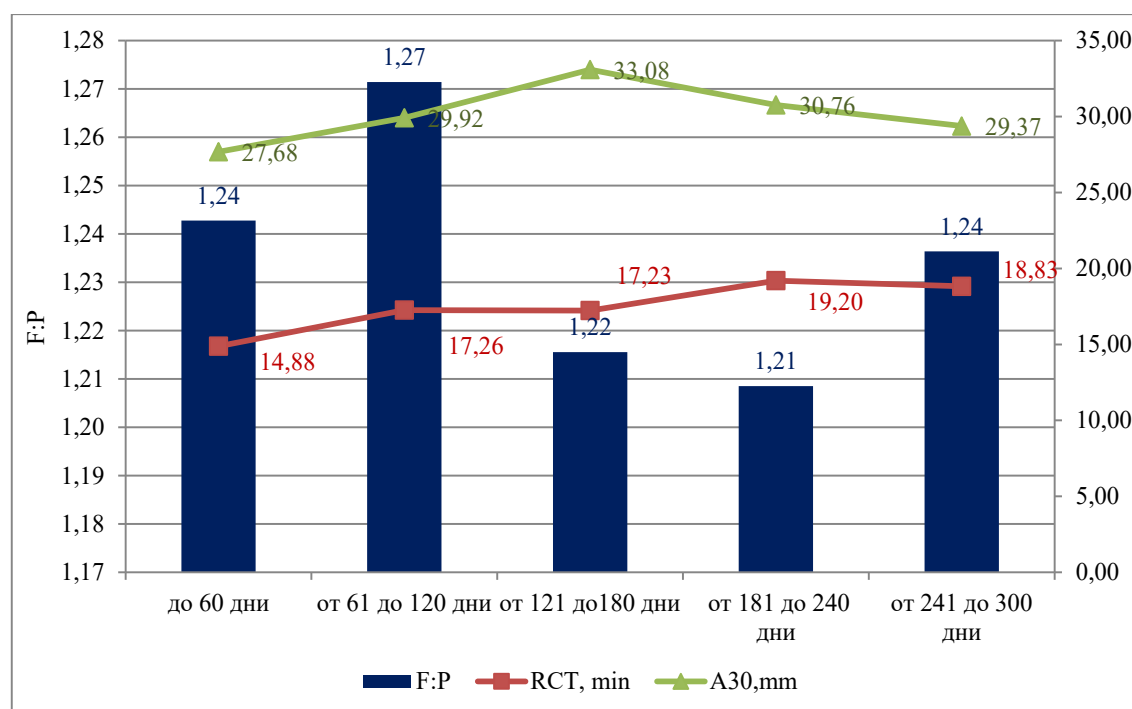
Стойности на двата изследвани показателя (време за коагулиране и твърдост на коагулума) се повишават скоро след отелването и достигат връх от 121 до 180 дни от лактацията (фигура 3). През този период са отчетени най – добрите стойности на време за коагулиране – 17.23 мин и твърдост на коагулума – 33.09 mm. По-висок добив на сирене и по-добро качество се получава от мляко което коагулира за кратко време и има по - твърд коагулум (Pretto et al. 2013).

Върху всички изследвани признаците с висока степен на доказаност е влиянието на фактора ферма ($p<0.001$) (Таблица 2). Нашите резултати кореспондират с тези посочени от Tekerli et. al. (2000), при които също е установено високо достоверно влияние ($p<0.001$) на фактора ферма за всички показатели, харак-

теризиращи млечната продуктивност. Установено е високо достоверно влияние ($p<0.001$) на фактора лактационни дни и достоверно влияние ($p<0.01$) на фактора възраст на първо отелване, при признаците млечност и белтъчни вещества в млякото. При тези два признака с тенденция на доказаност е фактора поредна лактация ($p<0.05$). Посоченият фактор влияе достоверно върху времето за коагулиране на млякото ($p<0.01$) и е със степен на доказаност върху твърдостта на коагулума ($p<0.05$).

ИЗВОДИ

1. Стойностите на съотношението мазнини: протеин се повишават скоро след отелването и достигат връх до 120 дни от лактацията (1.27), след което бавно намаляват в средата и към края на лактацията.



Фигура 3. Съотношение М/П в зависимост от показателите характеризиращи коагулационната способност на млякото – време за коагулиране и твърдост на коагулума

Figure 3. F/P ratio depending on the traits characterizing the coagulation ability of milk –rennet coagulation time, min, Curd firmness, mm

Източник: Собствена разработка на авторите
Source: Authors' own elaboration

Таблица 2. F – стойности и нива на достоверност за влияние на различни фактори върху изследваните признаците**Table 2.** F – Values and confidence levels for the influence of various factors on the studied traits

Признаци Traits	Млечност, kg/ Milk, kg	Масни в-ва, %/ Fat, %	Белт. в-ва, %/ Protein%	Съот. мазнини: протеин/ F/P ratio	Време за коагулиране, min/ Rennet coagulation time, min	Твърдост на коагулума, Mm/ Curd firmness, mm
Ферма/ Farm	130.125***	55.033***	51.586***	36.729***	7.173***	4.038**
Разплодник/ Sire	0.953	0.999	0.871	0.985	1.261*	1.100
Поредна лактация/ Parity	1.963*	0.465	1.835*	0.670	2.885**	2.404*
Възраст на първо отелване/ Age at first calving	11.987**	2.757	14.738**	3.270	0.394	0.017
Лактационни дни/ DIM	1.7427***	1.061	1.383***	1.120	1.204*	0.989

Източник: Собствена разработка на авторите
Source: Authors' own elaboration

2. При най - оптималните стойности на съотношение мазнини: протеин - 1.27, е отчетена на най - висока дневна млечност в периода от 61 до 120 дни от лактацията на животните – 30.74 кг.

3. Върху всички изследвани признаци с висока степен на доказаност е влиянието на фактора ферма ($p < 0.001$).

4. Установено е високо достоверно влияние ($p < 0.001$) на фактора лактационни дни и достоверно влияние ($p < 0.01$) на фактора възраст на първо отелване, при признаците млечност, съдържание на белтъчни вещества и времето за коагулиране на млякото.

ЛИТЕРАТУРА

- Buaban, S., Duangjinda, M., Suzuki, M., Masuda, Y., Sanpote, J. & Kuchida, K. (2016). Genetic relationships of fertility traits with test-day milk yield and fat-to-protein ratio in tropical smallholder dairy farms. *Anim. Sci. J.*, 87, 627 – 637. <https://doi.org/10.1111/asj.12472>.
- Čejna, V. & Chládek, G. (2005). The importance of monitoring changes in milk fat to milk protein in Holstein cows during lactation. *Journal of Central European Agriculture*, 6(4), 539 - 546.
- Chaidate, I., Somchai, C., Jos, N. & Henk, H., (2014). A cow-level association of ruminal pH on body condition score, serum beta-hydroxybutyrate and postpartum disorders in Thai dairy cattle. *Anim. Sci. J.*, 85, 861 – 867. doi: 10.5513/JCEA01/17.4.1830.
- Esposito, G., Irons, P. C., Webb, E. C. & Chapwanya, A. (2014). Interactions between negative energy balance, metabolic diseases, uterine health and immune response in transition dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.*, 144, 60 - 97.
- Glatz-Hoppe, J., Boldt, A., Spiekers, H., Mohr, E. & Losand, B. (2020). Relationship between milk constituents from milk testing and health, feeding, and metabolic data of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 103, 10175 - 10194. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17981>.
- Groeneveld, E., Kovac, M. & Wang, T. (1990). PEST, a general purpose BLUP package for multivariate prediction and estimation. In: *Proceedings of the 4th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, Edinburgh, 13, 488 - 491.
- Klein, S-L., Scheper, C., Brügemann, K., Swalve, H. & König, S. (2019). Phenotypic relationships, genetic parameters, genome-wide associations, and identification of potential candidate genes for ketosis and fat-to-protein ratio in German Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 102, 6276 - 6287.
- Kubarsepp, I., Henno, M., Viinalass, H. & Sabre, D. (2005). Effects of k-casein and β – lactoglobulin genotypes on the milk rennet coagulation properties. *Agronomy Research*, 3(1), 55 - 64.

- McArt, J. A., Nydam, D. V. & Oetzel, G. R.** (2012). Epidemiology of subclinical ketosis in early lactation dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 95(9), 5056 - 5066. doi: 10.3168/jds.2012-5443.
- Negussie, E., Strandén, I. & Mäntysaari, E. A.** (2013). Genetic associations of test-day fat:protein ratio with milk yield, fertility, and udder health traits in Nordic Red cattle. *Journal of Dairy Science*, 96(2), 1237 - 1250. doi: 10.3168/jds.2012-5720.
- Ospina, P. A., Nydam, D. V., Stokol, T. & Overton, T. R.** (2010). Associations of elevated nonesterified fatty acids and beta-hydroxybutyrate concentrations with early lactation reproductive performance and milk production in transition dairy cattle in the northeastern United States. *Journal of Dairy Science*, 93(4), 1596 - 1603. DOI:10.3168/jds.2009-2852.
- Paura, L., Jonkus, D. & Ruska, D.** (2012). Evaluation of the milk fat to protein ratio and fertility traits in Latvian brown and Holstein dairy cows. *Acta argiculturae Slovenica*, 3, 155 - 159.
- Pretto, D., De Marchi, M., Penasa, M. & Cassandro, M.** (2013). Effect of milk composition and coagulation traits on Grana Padano cheese yield under field conditions. *Journal of Dairy Research*, 80, 1 - 5.
- Rajala-Schultz, P. J., Gröhn, I. T. & Mc Culloch, C. E.** (1999). Effects of milk fever, ketosis and lameness on milk yield in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 82, 288 - 294.
- Richardt, W.** (2004). Milk composition as an indicator of nutrition and health. *The Breeding*, 11, 26 - 27 (Cz).
- Shin, E-K., Jeong, J-K., Choi, I-S., Kang, H.-G., Hur, T-Y., Jung, Y.-H. & Kim, I.-H.** (2015). Relationships among ketosis, serum metabolites, body condition, and reproductive outcomes in dairy cows. *Theriogenology*, 84, 252 - 260.
- Suthar, V. S., Canelas-Raposo, J., Deniz, A. & Heuwi-
eser, W.** (2013). Prevalence of subclinical ketosis and relationships with postpartum diseases in European dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96(5), 2925 - 2938. doi: 10.3168/jds.2012-6035.
- Tatone, E. H., Gordon, J. L., Hubbs, J., Leblanc, S. J., Devries, T. J. & Duffield, T. F.** (2016). A systematic review and meta-analysis of the diagnostic accuracy of point-of-care tests for the detection of hyperketonemia in dairy cows. *Prev. Vet. Med.*, 130, 18 - 32.
- Tekerli, M., Akinci, Z., Dogan, I. & Akcan, A.** (2000). Factors Affecting the Shape of Lactation Curves of Holstein Cows from the Balikesir Province of Turkey. *Journal of Dairy Science*, 83(6), 1382 - 1385.
- Vallejo-Timarán, D., Reyes-Vélez, J., VanLeeuwen, J., Maldonado-Estrada, J. & Astaiza-Martínez, J.** (2020). Incidence and effects of subacute ruminal acidosis and subclinical ketosis with respect to postpartum anestrus in grazing dairy cows. *Heliyon*, 6(4), e03712.
- Vlček, M., Žitný, J. & Kasarda, R.** (2016). Changes of fat-to-protein ratio from start to the mid-lactation and the impact on milk yield. *Journal of Central European Agriculture*, 17(4), 1194 - 1203.
- Vlček, M., Žitný, J. & Kasarda, R.** (2016). Fat-to-protein ratio: evaluation of metabolic disorders and milk yield. *Acta argiculturae Slovenica*, Supplement 5, 76 - 79.

Received: November 05, 2025; Approved: December 08, 2025; Published: February, 2026