

Znaczenie termografii w diagnozowaniu mastitis

Dorota Godyń

*Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy,
Dział Technologii, Ekologii i Ekonomiki Produkcji Zwierzęcej, 32-083 Balice k. Krakowa*

Mastitis jest schorzeniem diagnozowanym u samic różnych gatunków ssaków na całym świecie. Niemniej jednak, zapalenie wymienia rozpatrywane jest najczęściej w kontekście strat ekonomicznych dotyczących fermy bydła. Jak wynika z obliczeń, każdy przypadek mastitis powoduje straty na poziomie około 200 EUR/krowę (Mainau i in., 2014). Pomimo tego, że problem znany jest od wielu lat i zostały opracowane metody zwalczania tego schorzenia, nadal najważniejszą kwestią pozostaje wczesna diagnostyka. Pewne możliwości w tym aspekcie daje zastosowanie termografii. Obrazowanie emisji cieplnej tkanek zmienionych chorobowo może dawać wczesny sygnał do podjęcia leczenia. Ponadto, rozwój technologii do tego rodzaju badań umożliwia szybkie, bezinwazyjne i coraz dokładniejsze pomiary.

Celem tego artykułu jest przedstawienie najnowszej literatury dotyczącej możliwości użycia kamery termograficznej w diagnozowaniu mastitis u różnych gatunków zwierząt gospodarskich.

Przyczyny mastitis, diagnozowanie, sposoby zapobiegania

Zakażenia bakteryjne i grzybicze to główne przyczyny powstawania reakcji zapalnej w wymieniu. Innymi czynnikami, mającymi wpływ na wywołanie tego schorzenia, są urazy mechaniczne oraz niewłaściwe warunki zoohigieniczne (Malinowski i in., 2003). Wyizolowano ponad 150 gatunków drobnoustrojów wywołujących zapalenie wymienia (Watts, 1988; Kłossowska i Malinowski, 2001). Patogeny te można podzielić na zakaźne (wśród których najliczniejszą grupę stanowią paciorkowce i gronkowce) lub środowiskowe (Lassa i in., 2013;

Hashemi i in., 2011). Te ostatnie występują w otoczeniu zwierzęcia, nie przystosowują się do przetrwania w jego organizmie (Lassa i in., 2013). Do patogenów środowiskowych należą przede wszystkim bakterie *Escherichia coli*, *Streptococcus dysgalactiae*, *Streptococcus uberis*, *Enterococcus spp.* czy *Enterobacter*. Stan zapalny mogą wywoływać również obecne w ściółce czy glebie glony oraz grzyby (Quinn i in., 1994).

Bakterie, które są najczęściej izolowane z klinicznych postaci mastitis u krów to przede wszystkim *Streptococcus agalactiae* i *Staphylococcus aureus*. Liczną grupę stanowią także pałeczki *Escherichia coli*. Dość częstą przyczyną występowania mastitis jest również zakażenie *Arcanobacterium pyogenes* (Lassa i in., 2013).

Diagnozowanie stanu zapalnego gruczołu mlekowego przebiega głównie poprzez wnikliwą obserwację zwierząt, monitorowanie przebiegu udoju, rejestrację uszkodzeń skóry wymienia. Ponadto, zmiany związane z tym schorzeniem mogą być wychwycone poprzez fizykalne badanie ćwiartek. Można wyróżnić głównie dwie fazy przebiegu mastitis: kliniczną i podkliniczną. Ta ostatnia charakteryzuje się trudno zauważalnymi zmianami w wymieniu oraz mleku (Hashemi i in., 2011).

W diagnozowaniu zapalenia wymienia duże znaczenie ma analiza próbek mleka pochodzącego z wstępnego udoju. Wszelkiego rodzaju zmiany barwy, konsystencji, obecność strzępek, kłaczków jest sygnałem do podjęcia leczenia. Pomocne może być także zastosowanie testu TOK (terenowy odczyn komórkowy), będącego odpowiednikiem testu kalifornijskiego CMT (California Mastitis Test), umożliwiającego szybką identyfikację zwiększonej liczby komórek

somatycznych w mleku. LKS jest kluczowym wskaźnikiem mastitis w przypadku stad bydła. Zazwyczaj ocenę liczby komórek somatycznych w mleku zbiorczym wykonuje się raz na tydzień lub raz na miesiąc. Obecnie postuluje się stosowanie nawet codziennej oceny (Durel, 2013). Istnieje szereg metod pozwalających na cytologiczną analizę mleka. Jednym z najczęściej stosowanych urządzeń jest aparat Fossomatic (Foss Electric, Dania), w którym wykorzystuje się zjawisko fluorescencji utworzonych kompleksów DNA (elementów komórkowych) z bromkiem etydyny. Układ elektroniczny aparatu zlicza impulsy fotooptyczne pochodzące z tego kompleksu, a następnie wyświetla je w postaci wykresu na monitorze komputera. Ocena mikrobiologiczna mleka pod względem ogólnej liczby drobnoustrojów ma także istotne znaczenie. Według Dyrektywy Unii Europejskiej (92/46) i Polskiej Normy PN-A-86002 liczba komórek somatycznych ocenianych na aparacie Fossomatic nie powinna przekraczać 400 000 w 1 ml surowego mleka, a ogólna liczba drobnoustrojów oceniana metodą płytkową powinna wynosić do 100 000 w 1 ml (Miciński, 2015). Oceny ilości komórek bakteryjnych w surowcu można także dokonać przy pomocy specjalistycznych aparatów, takich jak Bentley IBC-M (Bentley Instruments Inc., USA). Nie tylko analiza mleka pod względem ilości drobnoustrojów ma duże znaczenie. Określenie rodzaju bakterii (lub innego patogenu) jest kluczowe dla podjęcia skutecznej terapii lekowej (Hendriksen i in., 2008). Ponadto, wiele drobnoustrojów wywołujących mastitis, obecnych w mleku może być przyczyną chorób u ludzi (Malinowski i Gajewski, 2009). Do chorobotwórczych drobnoustrojów, wywołujących zapalenie wymienia i równocześnie stanowiących zagrożenie dla ludzi, można zaliczyć między innymi takie bakterie, jak: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Streptococcus agalactiae*, *Campylobacter jejuni*, *Listeria monocytogenes* czy *Salmonella spp.* (Malinowski i Gajewski, 2009). Coraz bardziej rozwinięte roboty udojowe umożliwiają pomiar liczby leukocytów czy ocenę przewodności elektrycznej mleka, co może także przyczynić się do szybszej diagnostyki mastitis. Zapalenie wymienia było również diagnozowane poprzez badanie składników mleka (laktozy, białka, tłuszczu, minerałów), a także ocenę aktywności NAG-azy (enzym odpowie-

dzialny za niszczenie błon komórkowych bakterii) (Viguier i in., 2009; Pyörälä, 2003). Z innych biomarkerów, które były wykorzystywane przy diagnozowaniu tego zapalenia, można wymienić haptoglobinę, ceruloplazminę czy surowiczy amyloid A (Viguier i in., 2009).

Mastitis jest schorzeniem występującym przede wszystkim w stadach bydła, jednakże przypadki zapalenia gruczołu mlekowego zdarzają się również u małych przeżuwaczy. Według Mørk i in. (2007), wśród owiec najwięcej przypadków mastitis stwierdza się w okresie okołoporodowym oraz w 1. i 3. tygodniu po wykotach. Autorzy omawianej pracy analizowali próbki mleka pochodzące od 509 maciorek z klinicznym zapaleniem wymienia i stwierdzili, że większość przypadków wywołana była przez bakterie *Staphylococcus aureus*.

Kaba i in. (2004) donoszą, że w Polsce kliniczne przypadki występowania mastitis u kóz są diagnozowane w około 60% stad i dotyczą pojedynczych przypadków. W odróżnieniu od stad bydła, głównymi drobnoustrojami wywołującymi zapalenie wymienia u kóz nie są paciorkowce. Rzadko także izoluje się bakterie *Escherichia coli* z klinicznych postaci mastitis u tego gatunku zwierząt. W wywoływaniu omawianego schorzenia mogą mieć udział koagulazo-ujemne gronkowce (CNS), jednakże według Kaby i in. (2009) największe znaczenie kliniczne mają zakażenia *Staphylococcus aureus* oraz mykoplazmy. Stosunkowo często stwierdza się także mastitis wywołane przez wirusa zapalenia stawów i mózgu kóz (CAEV) (Kaba i in., 2009). W przypadku diagnozowania zapalenia gruczołu mlekowego u tego gatunku przeżuwaczy dyskusyjną kwestią pozostaje ocena liczby komórek somatycznych (Bagnicka i in., 2007). U kóz wysoka wartość LKS nie jest bezpośrednio powiązana ze stanem zdrowotnym gruczołu. Mleko kozie charakteryzuje się dużą liczbą leukocytów, fragmentów cytoplazmy i błon komórek wydzielniczych oraz złuszczonej komórki nabłonkowej, co skutkuje wyższą niż w przypadku mleka krowiego liczbą komórek somatycznych (Kaba i in., 2009). Poza ogólną oceną stanu zdrowia zwierzęcia oraz analizą mikrobiologiczną mleka, w diagnostyce zapalenia wymienia u kóz dobrym wskaźnikiem może być liczba leukocytów w surowcu, test na przewodnictwo elektryczne mleka wraz z analizą tempa jego

oddawania podczas udoju, a także badanie poziomu laktozy. Istotnym elementem diagnostyki mastitis u kóz może być również badanie aktywności NAG-azy w mleku (Bagnicka i in., 2007).

W leczeniu zapalenia wymienia najczęściej stosuje się terapię antybiotykową, niemniej jednak z nadużywaniem lub niewłaściwym stosowaniem tych farmaceutyków związane jest zjawisko oporności różnych szczepów bakterii oraz zwiększanie się liczby zachorowań na grzybicę wymienia (Malinowski i in., 2001). Obecnie temat nadużywania antybiotyków budzi duże zainteresowanie i jest przedmiotem działań zarówno WHO, jak i Światowej Organizacji Zdrowia Zwierząt (OIE). Na rynku są dostępne szczepionki przeciwko zakażeniom wymienia bakteriami *Escherichia coli* oraz *Staphylococcus aureus* (Plewik i Jażdż-Maszkowska, 2016). W zapobieganiu występowania mastitis i rozprzestrzeniania tej choroby kluczowe znaczenie mają warunki zoohigieniczne, zwłaszcza odpowiednia dezynfekcja aparatów udojowych i strzyków. Niezwykle ważna jest także właściwa technika doju. Wydłużanie czasu pozyskiwania mleka doprowadza często do pustodoju i uszkodzeń strzyków (Durel, 2013).

Do innych czynników niezakaźnych, mających wpływ na występowanie zaburzeń w funkcjonowaniu gruczołu mlekowego można zaliczyć: wysoką temperaturę powietrza, paszę złej jakości czy nagłą zmianę żywienia (Baumgartner, 2013). Litwińczuk i in. (2015) na podstawie przeglądu literatury dotyczącej tematyki mastitis wykazali, że niedostateczna ilość selenu oraz witamin A i E w dawce pokarmowej dla krów przyczynia się do wzrostu liczby zachorowań. Autorzy opisują także genetyczne różnice w podatności krów na mastitis. W tym aspekcie zastosowanie polimorfizmu genu laktoferyny i BoLA-DRB3 jako markera zapalenia gruczołu mlekowego mogłoby przyczynić do skuteczniejszej identyfikacji zwierząt o niższej podatności na to schorzenie.

Zasada działania kamery termograficznej i jej zastosowanie w badaniach zwierząt gospodarskich

Termografia jest bezdotykową metodą umożliwiającą graficzny zapis rozkładu temperatur na danym ciele. Podstawą badań z użyciem termografii jest fakt, że każde ciało, którego

temperatura przekracza zero bezwzględne, emituje promieniowanie. Jest ono jednoznaczną funkcją temperatury. Dlatego też, poprzez pomiar promieniowania cieplnego danego ciała mierzona jest w istocie jego powierzchniowa temperatura (Polakowski, 2000). Urządzeniem najczęściej stosowanym do badań emisji cieplnej jest kamera termograficzna. Jej najbardziej technologicznie zaawansowaną częścią jest detektor. Obecnie w tego typu kamerach stosuje się matryce FPA (ang. Focal Plane Arrays). Składają się one nawet z kilkudziesięciu tysięcy pojedynczych detektorów (pikseli). W zależności od zasady działania detektory mogą być fotonowe lub termiczne. Spośród tych ostatnich dość dużą popularnością cieszą się – detektory bolometryczne. W poszczególnych detektorach następuje odbiór promieniowania, jego przetworzenie na impulsy elektryczne, a w dalszych modułach ulegają one wzmocnieniu, konwersji na postać cyfrową i zamianie na wartości temperatur. Zostają im przyporządkowane odpowiednie barwy i w efekcie powstaje kolorowy termogram, będący graficznym odwzorowaniem powierzchniowego rozkładu temperatur badanych ciał (Polakowski, 2000; Nowakowski i Wróbel, 2000; Rok, 2010). Za pomocą odpowiedniego oprogramowania termogramy mogą być poddane dalszej obróbce i analizie.

Jednym z kluczowych parametrów, który należy uwzględnić w celu uzyskania prawidłowego wyniku pomiaru jest emisyjność badanego obiektu. Współczynnik emisji mieści się w zakresie od 0 do 1. Dla tkanki biologicznej wartości tego współczynnika mieszczą się w zakresie od 0,97 do 0,98 (Rok, 2010). Stąd też między innymi, skóra jest bardzo dobrym absorbentem i emiterym promieniowania podczerwonego (Bauer i Dereń, 2014). Nie dziwi zatem fakt, że kamera termograficzna jest coraz częściej wykorzystywana w badaniach medycznych oraz weterynaryjnych (Mazur i Herbut, 2006). Zmiany temperatury powierzchni ciała są głównie związane z podskórnym przepływem krwi oraz z metabolizmem tkanek. Przewodnictwo cieplne tkanki mięśniowej i tłuszczowej również odgrywa istotną rolę. Niemal wszystkie procesy chorobowe powodują zmianę emisji ciepła danej tkanki, co wpływa na temperaturę zarówno jej samej, jak i tkanek otaczających, w tym powierzchni skóry. Termografia umożliwia okre-

ślenie tych zmian co do wartości i rozkładu przestrzennego. Bardzo często jako odniesienie przyjmuje się temperaturę tkanek otaczających badany obszar lub symetrycznego obszaru ciała (Żuber i Jung, 1997).

W badaniach dotyczących zwierząt fermowych termografia znalazła zastosowanie w wykrywaniu rui (Godyń i in., 2012), diagnozowaniu stanów chorobowych kończyn (Alsaad i Büscher, 2012) oraz innych schorzeń charakteryzujących się podwyższeniem temperatury skóry (Cook i Schaefer, 2013). Niezwykle istotne badania z zastosowaniem termografii dotyczą określania komfortu termicznego zwierząt (Zotti i in., 2011). Zmiany temperatury oka u bydła rejestrowane kamerą termograficzną stały się uznaną metodą oceny bólu i stresu odczuwanego przez zwierzę podczas inwazyjnych zabiegów (Stewart i in., 2005).

Zastosowanie termografii w diagnozowaniu mastitis

Berry i in. (2003) są autorami jednej z pierwszych prac poświęconych analizie termicznych obrazów gruczołu mlekowego u krów. Autorzy stosowali omawianą metodę w celu zbadania wpływu warunków mikroklimatycznych na temperaturę wymienia. Badacze stwierdzili, że istnieją rytmiczne wahania temperatury skóry w ciągu doby. Monitoring warunków mikroklimatycznych i rejestracja wahań temperatury na powierzchni wymienia, według tych autorów, może przysłużyć się lepszej diagnostyce mastitis.

W doświadczeniu przeprowadzonym przez Scott i in. (2000) poszczególne ćwiartki wymienia zostały eksperymentalnie zakażone endotoksyną *Escherichia coli*. Autorzy przy użyciu skanera podczerwieni (kamery starszego typu) rejestrowali przez kilka godzin od wnikięcia patogenu zmianę termiki skóry. Na podstawie porównania obrazu termicznie zdrowych ćwiartek i tych, które zostały zakażone badacze stwierdzili wzrost temperatury już po godzinie od wszczęcia endotoksyny.

Podobne doświadczenie, lecz z użyciem kamery termograficznej, charakteryzującej się lepszą rozdzielczością, przeprowadzili Hovinen i in. (2008). U każdej z 6 krów objętych tymi badaniami dokonano prowokacyjnego wszczęcia endotoksyny *Escherichia coli* do jednej

z ćwiartek wymienia. Poza pomiarem temperatury skóry przeprowadzona była także fizykalna ocena gruczołu oraz pomiar temperatury rektalnej. Mleko uzyskane z poszczególnych ćwiartek było poddawane analizie laboratoryjnej obejmującej liczbę komórek somatycznych, aktywność NAG-azy oraz przewodność elektryczną. Analizowanie termogramów wykazało wzrost temperatury wymienia (zarówno zainfekowanych, jak i zdrowych ćwiartek) około 4 godziny po zakażeniu endotoksyną, co było wysoko skorelowane ze wzrostem temperatury rektalnej. Wyniki badań laboratoryjnych wykazały wzrost liczby komórek somatycznych oraz wzrost przewodności elektrycznej mleka od 4. godziny po zakażeniu. Aktywność NAG-azy była wyższa po około 8 godzinach od zastosowanej procedury. Fizyczne zmiany w próbce mleka oraz obrzmienie wymienia były widoczne już po 2 godzinach od wnikięcia endotoksyny. Autorzy omawianej pracy potwierdzają skuteczność termografii w diagnozowaniu stanu zapalnego wymienia, niemniej jednak szybszą diagnozę w przypadku tych badań zapewniły obserwacje mleka oraz fizykalne badanie gruczołu.

Podobne wnioski wypływają z pracy Pezeshki i in. (2011). Pomimo tego, że kamera termograficzna zarejestrowała wzrost temperatury wymienia o 2–3°C po eksperymentalnym zakażeniu ćwiartek endotoksynami, wcześniejszą diagnozę uzyskano badając temperaturę rektalną.

Istnieje wiele prac poświęconych badaniu współzależności pomiędzy poszczególnymi parametrami określającymi mastitis. Colak i in. (2008) analizowali termogramy oraz próbki mleka uzyskane z poszczególnych ćwiartek wymienia. Naukowcy stwierdzili wysoką korelację pomiędzy temperaturą skóry a ilością komórek somatycznych w mleku. Podobne badania wykonał Polat i in. (2010). Autorzy oceniali współczynnik korelacji pomiędzy wynikami uzyskanymi trzema metodami diagnozowania mastitis. Obejmowały one: zastosowanie termografii, użycie testu kalifornijskiego CMT oraz laboratoryjne badanie komórek somatycznych w mleku aparatem Bentley IBC-M (Bentley Instruments Inc., USA). Wyniki analizy statystycznej wykazały istnienie korelacji pomiędzy rezultatami badań uzyskanymi trzema omawianymi metodami. Ponadto autorzy uznali, że skuteczność w diagnozowaniu mastitis poprzez ana-

lizę termogramów jest porównywalna do wykrywania tego zapalenia na podstawie testu CMT.

Bortolami i in. (2015) dokonywali oceny bakteriologicznej mleka krów. Do badania wybrano 98 sztuk zwierząt, których mleko charakteryzowało się podwyższoną liczbą komórek somatycznych. Poza oceną gatunków drobnoustrojów oraz LKS w mleku przeprowadzono pomiary termograficzne wymienia. Rezultaty doświadczenia pokazały, że liczba komórek somatycznych była wskaźnikiem, który w większości przypadków umożliwiał identyfikację krów z zakażeniem bakteryjnym i tych, których wymię było wolne od chorobotwórczych drobnoustrojów. Temperatura skóry wymienia była skorelowana z liczbą komórek somatycznych w mleku, jednakże pomiary termograficzne nie pozwalały na identyfikację zwierząt z infekcją bakteryjną.

Termografia była stosowana także w diagnozowaniu mastitis u owiec. W doświadczeniu Martins i in. (2013) badano przy pomocy kamery na podczerwień 3 grupy macierek: zdrowe samice, owce z podklinicznym mastitis i samice, u których zdiagnozowano kliniczną postać choroby. Na podstawie analizy termogramów stwierdzono, że maciorki z podkliniczną postacią mastitis charakteryzowały się najwyższymi wartościami temperatury skóry wymienia w porównaniu do samic z pozostałych grup. Autorzy sugerują, że w początkowej fazie rozwoju choroby dochodzi do rozszerzenia naczyń krwionośnych w gruczole, natomiast obrzęk charakterystyczny dla przewlekłego stadium mastitis zmniejsza przepływ krwi w wymieniu, powodując tym samym spadek temperatury skóry.

W doświadczeniu Castro-Costa i in. (2014) badano, między innymi, temperaturę wymienia macierek w odpowiedzi na eksperymentalne wprowadzenie endotoksyny *Escherichia coli*. W zależności od grupy zwierząt patogen był wszczepiany do obu połówek wymienia lub tylko do jednej (2 grupy doświadczalne). Grupę kontrolną stanowiły samice zdrowe, wolne od zakażenia. W doświadczeniu analizowano także temperaturę waginalną oraz monitorowano

wskaźniki mikroklimatyczne. Temperatura wewnętrzna wzrastała u samic z grup doświadczalnych, uzyskując najwyższe wartości od 4 do 6 godzin po wszczepieniu endotoksyny. Ponadto, w doświadczeniu tym stwierdzono korelację pomiędzy wartościami temperatury waginalnej mierzonej u zdrowych samic a wartościami temperatury powietrza. W przypadku macierek z grupy kontrolnej korelacja była stwierdzona także pomiędzy temperaturą skóry a temperaturą wewnętrzną oraz pomiędzy temperaturą skóry a temperaturą powietrza. Niemniej jednak, autorzy omawianej pracy stwierdzili brak różnic pomiędzy temperaturą wymienia u zdrowych i zainfekowanych macierek.

Termograficzna ocena wymienia w kontekście mastitis została przeprowadzona także na samicach wielbłąda użytkowanych mlecznie (Samara i in., 2014). Jak podkreślają autorzy, również u tego gatunku wzrost wartości temperatury wymienia, ustalony dzięki pomiarom termograficznym, był skorelowany ze zwiększoną liczbą komórek somatycznych w mleku.

Podsumowanie

Jak wynika z przedstawionych badań termografia może skutecznie diagnozować zmiany rozkładu temperatury związane ze stanem zapalnym wymienia. Jednakże, istnieją rozbieżności w opiniach autorów co do traktowania tej metody jako wskaźnika umożliwiającego wczesną i wiarygodną detekcję stanów podklinicznych. Podstawową kwestią może być jakość i technologiczne zaawansowanie sprzętu użytego do badań, a także doświadczenie w prowadzeniu pomiarów na zwierzętach. Obecnie rozwój technologii umożliwia coraz bardziej dokładne zapisy rozkładu temperatur na badanym obiekcie. Trudno jest porównywać wyniki uzyskane 10 czy 15 lat temu z tymi, które zostały osiągnięte dziś przy pomocy bardziej czułych kamer. Pomimo ciągłego rozwoju technologii polepszających dokładność pomiaru ważną kwestią pozostaje standaryzacja metod termograficznych w badaniach zwierząt. Normy i standardy, dotyczące metodologii badań termograficznych, zostały już wprowadzone w zakresie badań medycznych (Bauer i Dereń, 2014).

Literatura

- Alsaad M., Büscher W. (2012). Detection of hoof lesions using digital infrared thermography in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 95: 735–742.
- Bagnicka E., Strzałkowska N., Józwiak A., Kaba J., Krzyżewski J. (2007). Czy liczba komórek somatycznych w leku kóz jest wiarygodnym wskaźnikiem stanu zdrowotnego wymienia? *Wiad. Zoot.*, XLV, 1–2: 35–41.
- Bauer J., Dereń E. (2014). Standaryzacja badań termograficznych w medycynie i fizykoterapii. *Inż. Biomed.*, 20 (1): 11–20.
- Baumgartner W. (2013). Nowe aspekty mastitis u owiec i kóz. Zaburzenia w rozrodzie i produktywności bydła. *Mat. XVI Międz. Sesji Nauk., Polanica-Zdrój, 20–22.06.2013*, ss. 59–62.
- Berry R.J., Kennedy A.D., Scott S.L., Kyle B.L., Schaefer A.L. (2003). Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection. *Can. J. Anim. Sci.*, 83: 687–693.
- Bortolami A., Fiore E., Giancesella M., Corró M., Catania S., Morgante M. (2015). Evaluation of the udder health status in subclinical mastitis affected dairy cows through bacteriological culture, somatic cell count and thermographic imaging. *Pol. J. Vet. Sci.*, 18 (4): 799–805.
- Castro-Costa A., Caja G., Salama A.A.K., Rovai M., Flores C., Aguiló J. (2014). Thermographic variation of the udder of dairy ewes in early lactation and following an *Escherichia coli* endotoxin intramammary challenge in late lactation. *J. Dairy Sci.*, 97 (3): 1377–1387.
- Colak A., Polat B., Okumus Z., Kaya M., Yanmaz L.E., Hayirli A. (2008). Short communication: early detection of mastitis using infrared thermography in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 91 (11): 4244–4248.
- Cook N.J., Schaefer A.L. (2013). Infrared thermography and disease surveillance. In: Luzi F., Mitchell M., Costa L.N., Redaelli V. (eds), *Current status and advances in livestock animals and in veterinary medicine*, Brescia, Italy; Fondazione Iniziative Zooprofilattiche e Zootecniche, pp. 79–92.
- Durel L. (2013). Ocena statusu zdrowotnego wymienia dla lekarzy weterynarii zajmujących się bydłem mlecznym. Zaburzenia w rozrodzie i produktywności bydła. *Mat. XVI Międz. Sesji Nauk., Polanica-Zdrój, 20–22.06.2013*, ss. 29–36.
- Godyń D., Walczak J., Herbut E. (2012). Wpływ temperatury otoczenia na poziom tyroksyny w surowicy krwi i obraz termograficzny zewnętrznych narządów rodnych loch w okresie okołorodowym. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 39 (1): 129–138.
- Hashemi M., Kafi M., Safdarian M. (2011). The prevalence of clinical and subclinical mastitis in dairy cows in the central region of Fars province, south of Iran. *Iranian J. Vet. Res.*, 12: 236–241.
- Hendriksen R.S., Mevius D.J., Schroeter A., Teale C., Meunier D., Butaye P., Franco A., Utinane A., Amado A., Moreno M., Greko C., Staerk K., Berghold C., Myllyniemi A.-L., Wasyl D., Sunde M., Aarestrup F.M. (2008). Prevalence of antimicrobial resistance among bacterial pathogens isolated from cattle in different European countries: 2002–2004. *Acta Vet. Scand.*, 50: 28.
- Hovinen M., Silvonen J., Taponen S., Hänninen L., Pastell M., Aisla A.M., Pyörälä S. (2008). Detection of clinical mastitis with the help of a thermal camera. *J. Dairy Sci.*, 91: 4592–4598.
- Kaba J., Nowicki M., Witkowski L., Papierska D., Sobczak-Filipiak M., Osińska B., Rzewuska M., Klockiewicz M. (2004). Aktualne problemy w stadach kóz w Polsce. *Weterynaria w praktyce. Monografia Przeżuwacze, Supl.*, ss. 24–27.
- Kaba J., Bagnicka E., Nowicki M., Rzewuska M., Nowicka D., Witkowski L., Sobczak-Filipiak M., Osińska B., Sendek H., Czopowicz M., Szaluś-Jordanow O. (2009). Zapalenie wymienia u kóz – najczęstsze przyczyny i rozpoznawanie. *Życie Wet.*, 84 (8): 637–643.
- Kłossowska A., Malinowski E. (2001). Drobnoustroje patogenne dla człowieka w mleku zbiorczym. *Med. Veter.*, 57: 28–33.
- Lassa H., Kubiak J., Małkińska-Horodyska M. (2013). Bakterie najczęściej izolowane z klinicznych postaci mastitis u krów oraz ich wrażliwość na antybiotyki. *Życie Wet.*, 88 (8): 651–653.
- Litwińczuk Z., Krol J., Brodziak A. (2015). Factors determining the susceptibility of cows to mastitis and losses incurred by producers due to the disease – a review. *Ann. Anim. Sci.*, 15: 819–831.
- Mainau E., Temple D., Manteca X. (2014). Welfare issues related to mastitis in dairy cows. *FAWEC*; http://www.fawec.org/media/com_lazypdf/pdf/fs10-en.pdf.
- Malinowski E., Gajewski Z. (2009). Charakterystyka zapaleń gruczołu mlekowego u krów wywołanych przez odżywnościowe patogeny człowieka. *Życie Wet.*, 84, 8: 290–294.
- Malinowski E., Lassa H., Kłossowska A. (2001). Aktywność enzymatyczna i wrażliwość na mikostatyki drożdżaków wyizolowanych z wydzieliny zapalnej gruczołu mlekowego krów. *Mat. XXXVI Konf. Nauk. Sekcji Fizjologii i Patologii oraz Sztucznego Unasienniania Zwierząt PTNW. Wenecja, 19–20.10*, s. 116.

- Malinowski E., Kłossowska A., Kaczmarski M., Kuźma K. (2003). Prevalance of intramammary infections in pregnant heifers. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, 47: 165–170.
- Martins R.F.S., Paim T.P., Cardoso C.A., Dallago B.S.L., Melo C.B., Louvandini H., McManus C. (2013). Mastitis detection in sheep by infrared thermography. *Res. Vet. Sci.*, 94: 722–724.
- Mazur D., Herbut E. (2006). Termowizja jako metoda diagnostyczna. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 33 (2): 171–181.
- Miciński J. (2015). Mastitis – „choroba zawodowa” wysoko wydajnych krów;
<http://rolniczeabc.pl/292411,Mastitis-choroba-zawodowa-wysokowydajnych-krów.html#axzz4KK2PfNiA>
- Mørk T., Waage S., Tollersrud T., Kvitle B., Sviland S. (2007). Clinical mastitis in ewes; bacteriology, epidemiology and clinical features. *Acta Vet. Scan.*, 49: 23.
- Nowakowski A., Wróbel Z. (2000). Termografia podczerwieni w diagnostyce medycznej. W: *Obrazowanie biomedyczne. Tom 8 monografii: Biocybernetyka i inżynieria biomedyczna*, L. Chmielewski, J.L. Kulikowski, A. Nowakowski (red.), Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, ss. 475–614.
- Pezeshki A., Stordeur P., Wallemacq H., Schynts F., Stevens M., Boutet P., Peelman L.J., De Spiegeleer B., Duchateau L., Bureau F., Burvenich C. (2011). Variation of inflammatory dynamics and mediators in primiparous cows after intramammary challenge with *Escherichia coli*. *Vet. Res.*, 42: 15.
- Plewik M., Jażdż-Maszkowska M. (2016). Nowoczesne podejście do zwalczania mastitis – doniesienia terenowe nt. wdrożenia kompleksowego programu kontroli jakości mleka na fermie bydła mlecznego zakażonej gronkowcem złocistym. *Wet. w Terenie*, 1: 50–55.
- Polakowski H. (2000). Zastosowanie termografii w badaniach nieniszczących, metoda fali cieplnej, termografia impulsowa. *Mat. IV Konf. Krajowej: Termografia i termometria w podczerwieni*, Łódź.
- Polat B., Colak A., Cengiz M., Yanmaz L.E., Oral H., Bastan A., Kaya S., Hayirly A. (2010). Sensitivity and specificity of infrared thermography in detection of subclinical mastitis in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 93: 3525–3532.
- Pyörälä S. (2003). Indicators of inflammation in the diagnosis of mastitis. *Vet. Res.*, 34: 565–578.
- Quinn P.J., Markey B., Carter G.R. (1994). *Clinical Veterinary Microbiology*. Wolfe, Baltimore, pp. 327–344.
- Rok T. (2010). Wykorzystanie termografii w diagnostyce i terapii. *Rozpr. dokt. Jagiellońska Biblioteka Cyfrowa*; <http://www.fais.uj.edu.pl/documents/41628/6d25c5e5-ed9d-40ad-8e20-b9acda7d2598>
- Samara E.M., Ayadi M., Aljumaah R.S. (2014). Feasibility of utilising an infrared-thermographic technique for early detection of subclinical mastitis in dairy camels (*Camelus dromedarius*). *J. Dairy Res.*, 81: 38–45.
- Scott S.L., Schaefer A.L., Tong A.K.W., Lacasse P. (2000). Use of infrared thermography for early detection of mastitis in dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.*, 80: 764–765.
- Stewart M., Webster J.R., Schaefer A.L., Cook N.J., Scott S.L. (2005). Infrared thermography as a noninvasive tool to study animal welfare. *Anim. Welf.*, 14: 319–325.
- Viguier C., Arora S., Gilmartin N., Welbeck K., O’Kennedy R. (2009). Mastitis detection: Current trends and future perspectives. *Trends Biotechnol.*, 27: 486–493.
- Watts L.J. (1988). Etiological agents of bovine mastitis. *Vet. Microbiol.*, 16: 41–66.
- Zotti C., Toledo L.M. de, Oltramari C., Miranda M.S. de, Ambrosio L.A., Silva I.J.O. da, Arcaro I. Jr. (2011). Infrared thermography as an alternative measurement of thermal comfort in dairy heifers. *Animal hygiene and sustainable livestock production. Proc. XVth Int. Congr. of the International Society for Animal Hygiene*, Vienna, Austria, 3–7.07.2011, 2: 747–749.
- Żuber J., Jung A. (1997). *Metody termograficzne w diagnostyce medycznej*. Wyd. Bamar, Warszawa.

THE IMPORTANCE OF THERMOGRAPHY IN DIAGNOSING MASTITIS

Summary

Mastitis is an inflammation of the mammary gland which is diagnosed in females of different mammal species in the world. The udder inflammation causes huge economic losses in the dairy industry. One of the most important factors in preventing the disease is an early diagnosis. Thanks to the development of new technologies, infrared cameras are characterized by better sensitivity and resolution. These devices are used in both medical and veterinary research. The purpose of this article is to review the latest literature on the application of infrared thermography in diagnosis of mastitis in females of different livestock species.