



**UNIWERSYTET ROLNICZY  
IM. HUGONA KOLŁATAJA W KRAKOWIE  
WYDZIAŁ HODOWLI I BIOLOGII ZWIERZĄT**



---

**mgr inż. Marta Sabatowicz**

**Czynniki ryzyka oraz skutki subklinicznej ketozy  
u krów mlecznych w Polsce**

**Autoreferat rozprawy doktorskiej wykonanej  
w Katedrze Żywienia Zwierząt i Rybactwa**

Promotor: prof. dr hab. inż. Zygmunt M. Kowalski  
Obszar wiedzy: nauki rolnicze, leśne i weterynaryjne  
Dziedzina wiedzy: nauki rolnicze  
Dyscyplina: zootechnika

**Kraków, 2024**

## 1. Wstęp

W okresie wczesnej laktacji ujemny bilans energii (UBE) jest częstym stanem u krów mlecznych, u których wzrasta zapotrzebowanie na energię do produkcji mleka, przekraczając możliwości jej pobrania w dawce pokarmowej (Seymour i in., 2019). Istotnym „konsumentem” energii jest również w tym okresie układ opornościowy. W celu zmniejszenia UBE krowa mobilizuje rezerwy tłuszczowe, w wyniku czego uwalniane są do krwi duże ilości wolnych, niezestryfikowanych kwasów tłuszczowych (NEFA; Li i in., 2016). Nadmiar NEFA i mała ilość glukozy prowadzą do niepełnego utleniania NEFA w komórkach wątroby powstawania ciał ketonowych, tj. acetooctanu (AcAc),  $\beta$ -hydroksymasłanu (BHB) i acetonu (ACE; Bergman, 1971). Anormalnie za wysoka koncentracja ciał ketonowych we krwi (hiperketonemia), mleku (hiperketolaktia) oraz moczu (hiperketonuria) wskazują na stan ketozy, jednego z najczęściej występujących zaburzeń metabolicznych u krów mlecznych (Duffield i in., 2009). W zależności od stężenia ciał ketonowych we krwi, mleku czy moczu wyróżnia się dwie postacie ketozy, tj. kliniczną (CK) i subkliniczną (SCK). W diagnozie SCK i CK przyjmuje się zakres stężenia BHB w krwi odpowiednio od 1,2 (lub 1,4) do 2,9 mmol/L i powyżej 2,9 mmol/L (Oetzel, 2004).

W Polsce ketoza monitorowana jest w populacji krów objętych oceną wartości użytkowej bydła (OWUB) prowadzonej przez Polską Federację Hodowców Bydła i Producentów Mleka (PFHBiPM). Na podstawie wyników analizy zawartości w mleku kwasu  $\beta$ -hydroksymasłowego (mBHB) i acetonu (mACE), dokonywanej przy wykorzystaniu techniki spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR), typowane są krowy podejrzane o bycie w stanie SCK w dniu doju kontrolnego (Kowalski i in., 2015). Opracowany model służy do diagnozowania krów i monitoringu stad na SCK, którą ze względu na diagnozowanie ciał ketonowych w mleku definiuje się jako hiperketolaktię (HYKL). Ze względu na klasyfikowanie krów będących w stanie SCK na podstawie przekroczenia wartości progowych dla zawartości mBHB i mACE, każda krowa w stanie CK jest również krową pozytywną w monitoringu SCK.

## 2. Hipoteza i cel pracy

Hipoteza badawcza pracy doktorskiej zakładała, że na podstawie wyników uzyskanych w monitoringu SCK prowadzonego przez PFHBiPM, możliwe jest określenie charakterystyki HYKL u krów mlecznych w zależności od numeru i dnia laktacji laktacji,

a także zależności pomiędzy HYKL a wydajnością i składem chemicznym mleka, prevalencji oraz czynników ryzyka HYKL w Polsce.

Celem pracy było scharakteryzowanie HYKL w okresie od 6 do 60 dnia laktacji z uwzględnieniem numeru i dnia laktacji, poznanie i analiza zależności pomiędzy HYKL a wydajnością i składem mleka, oszacowanie i analiza częstotliwości występowania HYKL w Polsce oraz określenie czynników ryzyka występowania HYKL na podstawie danych uzyskanych od krów mlecznych objętych OWUB.

### **3. Charakterystyka hiperketolaktii u krów mlecznych w okresie wczesnej laktacji**

Oznaczanie stężenia BHB we krwi jest rutynowo stosowane w diagnozowaniu HYK u krów mlecznych (Oetzel, 2004). Niestety, ze względu na małą stabilność, stężenia AcAc i ACE nie mogą być mierzone we krwi w oznaczeniach „terenowych” (Fritzsche i in., 2001). ACE jest bardziej stabilny w mleku i można go, podobnie jak BHB, oznaczyć metodą FTIR (de Roos i in., 2007), którą wykorzystuje się w OWUB. Z tego powodu stężenia mBHB i mACE mogą być wykorzystane w populacyjnym monitorowaniu ketozy (van Knegsel i in., 2010; van der Drift i in., 2012; Kowalski i in., 2015), tak jak ma to miejsce w monitoringu ketozy w polskich stadach krów mlecznych, prowadzonym przez PFHBiPM. Monitoring ketozy w oparciu o stężenie mBHB i mACE jest więc monitoringiem HYKL, czyli podwyższonego poziomu ciał ketonowych w mleku (Emery i in., 1968; Pralle i White, 2020).

Celem badań było określenie zmian stężeń mACE i mBHB w próbkach mleka pobranego od krów w okresie od 6 do 60 dnia laktacji, z uwzględnieniem wpływu numeru laktacji. Dodatkowo scharakteryzowano status HYKL w populacji krów ocenianych w Polsce.

W przeprowadzanych badaniach przyjęto wartości progowe definiujące HYKL, tj.  $mACE \geq 0,15$  mmol/L i  $mBHB \geq 0,10$  mmol/L (za de Roos i in., 2007). W obrębie grupy HYKL wyodrębniono również trzy subpopulacje, tj. z podwyższonym stężeniem mACE ( $HYKL_{ACE}$ ,  $mACE \geq 0,15$  mmol/L i  $mBHB < 0,10$  mmol/L), mBHB ( $HYKL_{BHB}$ ,  $mACE < 0,15$  mmol/L i  $mBHB \geq 0,10$  mmol/L) oraz mACE i mBHB ( $HYKL_{ACEBHB}$ ,  $mACE \geq 0,15$  mmol/L i  $mBHB \geq 0,10$  mmol/L). Dodatkowo do pobranej próbki mleka od krowy ocenianej przyporządkowano informację o numerze i dniu laktacji.

Otrzymane wyniki pozwoliły na scharakteryzowanie stężeń mACE i mBHB w okresie wczesnej laktacji. Wykazano istotny ( $P < 0,001$ ) wpływ numeru laktacji, dnia laktacji, grupy i subpopulacji HYKL oraz ich interakcji na stężenia mACE i mBHB. Wśród wszystkich próbek

mleka należących do grupy HYKL, 50,8, 41,3 i 7,9% zostało sklasyfikowanych odpowiednio jako  $HYKL_{ACEBHB}$ ,  $HYKL_{BHB}$  i  $HYKL_{ACE}$ . Ze względu na brak możliwości „terenowego” oznaczania zawartości ACE we krwi, szczególną uwagę zwróciły próbki mleka pochodzące od krów należących do subpopulacji  $HYKL_{ACE}$ . Wśród krów będących w stanie HYKL, krów należących do tej subpopulacji było 8%, a wśród pierwiastek w okresie od 6 do 21 dnia laktacji nawet około 15%. Oznaczanie ACE w mleku, dzięki technologii FTIR może umożliwiać diagnozowanie krów w stanie „acetonowej” ketozy.

Wyniki tej części pracy przedstawiono i omówiono szczegółowo w publikacji Kowalski Z.M., **Sabatowicz M.**, Barć J., Jagusiak W., Młoczek W., Van Saun R.J., Dechow C.D., 2021. Characterization of ketolactia in dairy cows during early lactation. *Journal of Dairy Science*, 104:12800-12815.

#### **4. Związek między ketolaktią a wydajnością i składem chemicznym mleka u krów mlecznych w okresie wczesnej laktacji**

W literaturze naukowej często opisywana jest zależność pomiędzy HYK, a negatywnymi wynikami produkcyjnymi, w tym zmniejszoną wydajnością mleka, złymi wskaźnikami rozrodu, zwiększonym ryzykiem chorób metabolicznych i infekcyjnych, zwiększonym ryzykiem przemieszczenia trawieńca, a także zwiększonym wskaźnikiem brakowania krów (m. in. Raboisson i in., 2014; Abdelli i in., 2017; Rodriguez i in., 2022). Brakuje badań naukowych opisujących zależność pomiędzy wynikami produkcyjnymi krów i ich rozrodem a HYKL. Dotychczas nie analizowano zależności pomiędzy różnymi subpopulacjami HYKL a wydajnością i składem chemicznym mleka.

Celem badań było określenie zależności różnych stanów HYKL, zdefiniowanych na podstawie zawartości  $mACE$  i  $mBHB$ , z wydajnością i składem chemicznym mleka w populacji krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej w okresie od 6 do 60 dnia laktacji. Badania miały na celu weryfikację trzech hipotez, tj. 1) HYKL występująca we wczesnej laktacji jest związana z upośledzoną wydajnością mleka i zmianą jego składu chemicznego, 2) związek HYKL ze wskaźnikami produkcyjnymi zależy od subpopulacji HYKL, 3) zależności te podlegają również wpływowi numeru i dnia laktacji.

Próbki mleka pobrane od 6 do 30 i od 31 do 60 dnia laktacji sklasyfikowano odpowiednio jako uzyskane w pierwszym i drugim doju kontrolnym krowy. Każdej próbce mleka przyporządkowano dane dotyczące numeru laktacji, dnia laktacji, wydajności mleka, zawartości tłuszczu w mleku, wydajności tłuszczu w mleku, zawartości białka w mleku,

wydajność białka w mleku, wydajności mleka skorygowanej na wartość energetyczną, zawartości laktozy w mleku oraz wydajności laktozy w mleku. W przeprowadzanych badaniach przyjęto wartości progowe definiujące HYKL w oparciu o stężenia  $mACE \geq 0,15$  mmol/L i  $mBHB \geq 0,10$  mmol/L (za de Roos i in., 2007). Podobnie jak powyżej, w obrębie grupy HYKL wyodrębniono również trzy subpopulacje, tj.  $HYKL_{ACE}$ ,  $HYKL_{BHB}$ , i  $HYKL_{ACEBHB}$

Otrzymane wyniki wykazały związek pomiędzy HYKL a wynikami produkcyjnymi krów mlecznych w pierwszych 6-60 dniach laktacji. Przynależność do grupy krów w stanie HYKL związana jest ze zmianami w wydajności mleka oraz w zawartości i wydajności składników w mleku (tłuszczu, białku i laktozy), w stosunku do krów zdrowych. Dodatkowo wykazano, że związek ten zależy od numeru i dnia laktacji, a także od subpopulacji HYKL, a najbardziej negatywne efekty produkcyjne dotyczyły krów należących do subpopulacji  $HYKL_{ACEBHB}$  i  $HYKL_{ACE}$ . Biorąc pod uwagę, że zarówno ACE, jak i BHB pochodzą w szlaku ketogenezy z AcAc, wydaje się, że te różne subpopulacje mogą reprezentować inne stany metaboliczne. Jest to pierwsze w świecie badanie prezentujące wyniki produkcyjne krów sklasyfikowanych na podstawie różnych typów HYKL, tj.  $HYKL_{ACEBHB}$ ,  $HYKL_{BHB}$  i  $HYKL_{ACE}$ .

Wyniki tej części pracy przedstawiono i omówiono szczegółowo w publikacji Kowalski Z.M., **Sabatowicz M.**, Van Saun R.J., Młócek W., Jagusiak W., Spanghero M., Dechow C.D., 2023. Association between hyperketolactia and production in early lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 106: 9532-9551.

## **5. Prewalencja subklinicznej ketozy (hiperketolaktii) u krów mlecznych w Polsce**

W literaturze naukowej większość badań dotyczy prewalencji HYK, którą utożsamia się z ketozą. Diagnoza HYK i na jej podstawie określanie prewalencji odnosi się do oznaczania stężenia BHB we krwi, uważanego za złoty standard diagnostyczny (Duffield i in., 2009). Oznaczenie zawartości  $mBHB$  oraz  $mACE$ , pozwala na oznaczanie prewalencji ketozy (w tym przypadku HYKL) w dużej populacji krów, a także na poszerzenie liczby krów „pozytywnych” o te, które mają podwyższoną zawartość  $mACE$ , a nie podwyższoną zawartość  $mBHB$  (Kowalski i in., 2021 i 2023). W tego typu analizach przyjmuje się założenie, że zawartość ciał ketonowych w mleku odzwierciedla zawartość ciał ketonowych we krwi (Enjalbert i in., 2001).

Celem badań tej części pracy była analiza prevalencji SCK (w tym przypadku HYKL) w stadach krów mlecznych objętych OWUB w Polsce. W prevalencji uwzględniono takie czynniki jak numer laktacji, dzień laktacji, wielkość oraz średnią dzienną wydajność mleka w stadzie, a także sezon wycieleń. Ponadto, określono prevalencję różnych subpopulacji HYKL.

W przeprowadzanych badaniach przyjęto wartości progowe definiujące HYKL w oparciu o stężenia  $mACE \geq 0,15$  mmol/L i  $mBHB \geq 0,10$  mmol/L (za de Roos i in., 2007), a także w obrębie grupy HYKL wyodrębniono jak powyżej trzy subpopulacje,  $HYKL_{ACE}$ ,  $HYKL_{BHB}$  i  $HYKL_{ACEBHB}$ . Każdej próbce mleka przyporządkowano dane dotyczące daty pobrania, numeru i dnia laktacji, wielkości stada, średniej dziennej wydajności mleka w stadzie oraz sezonu wycieleń. Prewalencję HYKL obliczono dzieląc liczbę próbek mleka z pozytywnym wynikiem testu przez całkowitą liczbę próbek pobranych. Prewalencję poszczególnych subpopulacji wyrażano w %, w odniesieniu do próbek zdefiniowanych jako należących do krów HYKL.

Przeprowadzona analiza wykazała, że 31,1% krów w populacji krów ocenianych było w stanie HYKL. Najwyższą prevalencję HYKL odnotowano w gospodarstwach utrzymujących  $\leq 20$  krów (46,7%), a wraz ze wzrostem liczebności krów w gospodarstwie malał udział krów w stanie HYKL. Udział krów  $HYKL_{ACEBHB}$  w populacji HYKL malał wraz ze wzrostem wielkości stada, natomiast udział krów  $HYKL_{BHB}$  był dość stały. Szczególną uwagę zwrócił udział krów  $HYKL_{ACE}$ , który wzrastał wraz z wielkością stada. Prewalencja HYKL była najniższa w stadach o wysokiej wydajności mlecznej ( $\geq 36,1$  kg/dzień) i najwyższa w stadach o niskiej wydajności ( $\leq 16$  kg/dzień). Udział krów  $HYKL_{ACEBHB}$  w populacji HYKL malał wraz ze wzrastającą dzienną wydajnością mleka w stadzie, natomiast udział krów  $HYKL_{BHB}$  był zbliżony w każdym przedziałach wydajnościowych, podobnie jak w zależności od wielkości stada. Największy udział krów z subpopulacji  $HYKL_{ACE}$  wykazano w stadach o wydajności równej lub powyżej 36,1 kg/dzień. Krowy w 2 laktacji i pierwiastki miały najniższą prevalencję HYKL. Największy udział krów  $HYKL_{ACEBHB}$  w populacji HYKL odnotowano u pierwiastek, natomiast najniższy u krów w drugiej laktacji. W kolejnych laktacjach udział krów  $HYKL_{ACEBHB}$  ulegał nieznaczonej zmianie. W przypadku subpopulacji  $HYKL_{BHB}$  odnotowano odwrotną sytuację, bo najniższy ich udział odnotowano u pierwiastek, a najwyższy u krów w drugiej laktacji. Największy udział krów subpopulacji  $HYKL_{ACE}$  odnotowano w pierwszej laktacji. Prewalencja HYKL była najwyższa u krów będących w 6 dniu laktacji (48,3%) i malała wraz z kolejnym dniem laktacji. Udział krów należących do subpopulacji  $HYKL_{ACEBHB}$  w populacji HYKL również malał wraz z kolejnymi dniami laktacji.

Podobną zależność obserwowano również w subpopulacji krów HYKL<sub>ACE</sub>, choć od 32 dnia udział krów HYKL<sub>ACE</sub> nieznacznie wzrastał. Udział krów HYKL<sub>BHB</sub> w populacji HYKL charakteryzował się odmienną tendencją i od 6 dnia laktacji udział krów HYKL<sub>BHB</sub> wzrastał. Najniższą prevalencję HYKL stwierdzono w miesiącach jesiennych.

Przeprowadzone badania są pierwszymi, w których określono prevalencję SCK (HYKL) w populacji krów mlecznych w Polsce. W ich świetle SCK nie jest zaburzeniem krów wysoko wydajnych, utrzymywanych w dużych stadach. Na szczególną uwagę zasługuje subpopulacja HYKL<sub>ACE</sub>, gdyż ten typ ketozy najczęściej występuje u pierwiastek w pierwszych kilkunastu dniach laktacji. Wskazuje to na konieczność uwzględniania obecności zawartości ACE we krwi czy w mleku w modelach diagnostycznych.

## **6. Czynniki ryzyka subklinicznej ketozy (hiperketolaktii) u krów mlecznych w Polsce**

W literaturze naukowej zdefiniowano kilka najważniejszych czynników ryzyka ketozy. Należą do nich przede wszystkim nadmierna kondycja i za małe pobranie suchej masy w okresie przejściowym, definiowanym jako okres od 3 tygodnia przed porodem do 3-4 tygodnia po porodzie (Hayirli i in., 2002; Goldhawk i in., 2009). Numer laktacji, długość okresu zasuszenia, pora roku oraz stosowany system żywienia również były związane ze zwiększonym ryzykiem ketozy (m. in. McArt i in., 2013; Garro i in., 2014; Vanholder i in., 2015). Dodatkowo wykazano zależność między ryzykiem wystąpienia SCK a wielkością stada (Aziz i in., 2022). W wielu badaniach obserwowano związek między wydajnością mleka a zachorowalnością na ketozę (Duffield i in., 2009; Bach i in., 2019; Klein i in., 2020). W części tych badań (m. in. Bach i in., 2019; Klein i in., 2020) nie potwierdzono, że ketoza jest chorobą związaną z wysoką wydajnością mleka. Wymienione czynniki ryzyka zachorowania na ketozę chociaż uniwersalne dla krów mlecznych na całym świecie, mogą nie w pełni tłumaczyć przyczyny ketozy w naszym kraju. Specyfika bazy paszowej, zasady żywienia krów, wyposażenie techniczne, a także struktura gospodarstw w Polsce mogą również istotnie wpływać na prevalencję ketozy. W literaturze naukowej brak jest opracowań dotyczących czynników ryzyka ketozy w naszym kraju. Celem tej części pracy było określenie czynników ryzyka występowania ketozy u krów mlecznych w Polsce, w stadach objętych OWUB.

Analizę przeprowadzono na podstawie danych uzyskanych od krów utrzymywanych w gospodarstwach objętych OWUB. Każdej próbce mleka pochodzącej z doju próbnego (od 6 do 60 dnia laktacji) przyporządkowano dane dotyczące numeru laktacji krowy, dnia laktacji

oraz stężeń mACE i mBHB, dzięki którym klasyfikowano krowy jako zdrowe ( $mACE < 0,15$  mmol/L i  $mBHB < 0,10$  mmol/L) lub w stanie HYKL ( $mACE \geq 0,15$  mmol/L lub  $mBHB \geq 0,10$  mmol/L; de Roos i in. 2007). Dodatkowo do danych odnoszących się do poszczególnych krów przyporządkowano informacje dotyczące stada, z którego pochodziła krowa, jego wielkości oraz średniej dziennej wydajności mleka. Ponadto, każdej krowie przyporządkowano odpowiedzi uzyskane w badaniach ankietowych, w których respondentami byli hodowcy, tj. właściciele stad lub osoby prowadzące stado. Pytania zawarte w kwestionariuszu dotyczyły wybranych aspektów chowu krów, w tym żywienia, oceny kondycji, organizacji stada, a także przygotowania zawodowego hodowców. Badania wykonano niezależnie w 2014 i 2018 roku. Dane z 2014 roku obejmowały 213 502 rekordów krów oraz 15 859 odpowiedzi ankietowych, natomiast dane z 2018 roku, odpowiednio 216 879 oraz 14 005.

Badania przeprowadzone w niniejszej pracy wykazały, że istnieje kilka kluczowych czynników ryzyka związanych z występowaniem HYKL u krów mlecznych utrzymywanych w polskich gospodarstwach. Bez względu na termin analizy (2014 lub 2018 rok) należą do nich numer laktacji, dzień laktacji, wielkość stada, średnia dzienna wydajność mleka w stadzie, stosowanie wypasu pastwiskowego, system zadawania paszy, grupowanie krów w laktacji i krów zasuszonych, wykształcenie hodowcy oraz termin przeprowadzania modernizacji gospodarstw.

## 7. Podsumowanie

Uzyskane wyniki badań potwierdziły przyjęte hipotezy i pozwoliły na sformułowanie poniższych wniosków.

1. O zawartości ACE i BHB w mleku decydują numer laktacji, dzień laktacji oraz ich interakcja, przynależność krowy do grupy krów zdrowych lub w stanie hiperketolaktii, a także do subpopulacji  $HYKL_{ACE}$ ,  $HYKL_{BHB}$  lub  $HYKL_{ACEBHB}$ .
2. Możliwość oznaczania zawartości ACE w mleku pozwala na identyfikację krów znajdujących się w stanie „acetonowej” hiperketolaktii.
3. Hiperketolaktia występująca w okresie pierwszych 60 dni laktacji związana jest z wynikami produkcyjnymi (wydajność i skład mleka). Wielkość i kierunek tych zmian zależą od numeru laktacji, dnia laktacji oraz ich interakcji, a także przynależności do subpopulacji  $HYKL_{ACE}$ ,  $HYKL_{BHB}$  lub  $HYKL_{ACEBHB}$ .
4. Najbardziej negatywne efekty produkcyjne wykazują krowy należące do subpopulacji  $HYKL_{ACEBHB}$  i  $HYKL_{ACE}$ .



5. Największą prevalencją subklinicznej ketozy (hiperketolaktii) charakteryzowały się krowy utrzymywane w małych stadach ( $\leq 20$  krów), o niskiej dziennej wydajności mleka ( $\leq 20$  kg/dzień).
6. Wśród krów będących w stanie subklinicznej ketozy (hiperketolaktii) dominowały krowy z podwyższonym stężeniem mACE i mBHB (subpopulacja  $HYKL_{ACEBHB}$ ).
7. Subpopulacja krów  $HYKL_{ACE}$  występowała częściej u pierwiastek, zwłaszcza pierwszych kilkunastu dniach laktacji, szczególnie utrzymywanych w większych stadach, charakteryzujących się wyższą dzienną wydajnością mleka.
8. Udział krów o podwyższonym stężeniu tylko mBHB (subpopulacja  $HYKL_{BHB}$ ), zwiększał się wraz z kolejnymi dniami laktacji.
9. Analiza czynników ryzyka subklinicznej ketozy (hiperketolaktii) w polskich gospodarstwach objętych oceną wartości użytkowej bydła w okresie od 2013 do 2018 wskazuje, że do najważniejszych z nich należały numer laktacji, dzień laktacji, wielkość stada, średnia dzienna wydajność mleka w stadzie, stosowanie żywienia pastwiskowego, system zadawania paszy, grupowanie krów w laktacji i krów zasuszonych, wykształcenie hodowcy oraz termin modernizacji gospodarstwa.

Niniejsza rozprawa doktorska jest pierwszą pracą badawczą charakteryzującą subkliniczną ketozę (hiperketolaktię) w polskich gospodarstwach objętych OWUB. Jest również pierwszą w świecie, w której do analiz wykorzystano populacyjną bazę danych obejmującą kilka milionów próbek mleka. Po raz pierwszy zdefiniowano subpopulacje hiperketolaktii. Na szczególną uwagę zasługują hiperketolaktia acetonowa ( $HYKL_{ACE}$ ) i acetonowo- $\beta$ -hydroksymaślanowa ( $HYKL_{ACEBHB}$ ), bo związane są one ze szczególnie znaczącym obniżeniem wydajności mleka oraz zmianami w składzie mleka. Konieczne są dalsze badania nad poznaniem przyczyn przynależności krów do różnych subpopulacji hiperketolaktii, a także jej związku ze zdrowiem oraz rozrodem. Z punktu widzenia usprawnienia modelu monitoringu subklinicznej ketozy (hiperketolaktii) uzasadnione byłoby jego zbudowanie w oparciu o stężenie acetonu i  $\beta$ -hydroksymaślanu we krwi jako zmiennych klasyfikujących, a nie tylko, jak dotychczas o stężenie  $\beta$ -hydroksymaślanu.