

Wskaźniki hematologiczne i biochemiczne krwi cieląt i ich związek z jakością mięsa*

Mariusz Florek¹, Zygmunt Litwińczuk², Renata Klebaniuk³

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,

¹Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych,

²Katedra Hodowli Bydła,

³Instytut Żywienia Zwierząt,

ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin; mariusz.florek@up.lublin.pl

Celem pracy było poszukiwanie związku wskaźników hematologicznych i biochemicznych krwi z jakością fizykochemiczną i składem chemicznym mięsa cieląt. Badaniami objęto 42 losowo wybrane cielęta, w tym 22 ubito w sezonie letnim (czerwiec-sierpień), a 20 – w jesienym (październik-grudzień). We krwi cieląt oznaczono wskaźniki hematologiczne (HCT, HGB, RBC i WBC), i biochemiczne (GLU, TAG, TP, CHOL, HDL i LDL). W próbach mięśnia najdłuższego lędźwi i półścięgnistego uda oznaczono pH, przewodność elektryczną właściwą, barwę, siłę cięcia i wodochłonność oraz określono podstawowy skład chemiczny mięśni. Stwierdzono stosunkowo wysoką wartość współczynników korelacji pomiędzy parametrami hematologicznymi krwi (szczególnie HCT i HGB) a określonymi instrumentalnie wyróżnikami barwy mięsa (CIE L*a*b*) i podobnymi współzależnościami między wskaźnikami krwi a zawartością w mięsie barwników hematynowych (oznaczoną chemicznie). Uzyskane wyniki wskazują na przydatność wskaźników hematologicznych krwi (przede wszystkim HGB i HCT) do przewidywania barwy mięsa cielęcego. Wykazano również związek pomiędzy frakcjami lipoproteinowymi cholesterolu we krwi i ocenianymi wyróżnikami barwy mięsa.

SŁOWA KLUCZOWE: cielęta / krew / mięso / jakość

Tradycyjny system odchowu cieląt ras mlecznych polega na utrzymywaniu ich w indywidualnych kojcach oraz podawaniu do 3, a nawet 6 miesięcy życia płynnych preparatów mlekozastępczych z niską koncentracją żelaza. Izolacja i ograniczenie ruchu to główne przyczyny obniżenia dobrostanu i zakłócenia prawidłowego behawioru cieląt. Wyniki analiz morfologicznych i biochemicznych krwi zwierząt pozwalają na ocenę stanu homeostazy organizmu, będącego pod wpływem różnych czynników śro-

*Praca finansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (projekt badawczy własny nr 2 P06Z 044 30)

dowiska zewnętrznego, jak również sprawności poszczególnych narządów w przebiegu określonych przemian metabolicznych [14].

Do najważniejszych cech biochemicznych i fizycznych determinujących pożądaną jakość mięsa wołowego zalicza się pH, barwę, wodochłonność i kruchość [15]. Jasna barwa mięsa cielęcego spowodowana jest niską koncentracją barwników w tkance mięśniowej rosnących cieląt i ma związek z niską zawartością żelaza w podawanej paszy (mleku). Dla konsumentów na całym świecie barwa jest istotnym wskaźnikiem świeżości i kruchości mięsa cielęcego, stanowi główne kryterium oceny jego wartości handlowej. W praktyce przemysłowej w USA standardowo pobierane są próby krwi od cieląt w 4., 6. lub 8. tygodniu życia, w celu przyżyciowego określenia barwy ich tusz [17].

Celem pracy było poszukiwanie związku parametrów hematologicznych i biochemicznych krwi z jakością fizykochemiczną i składem chemicznym mięsa cieląt.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono w jednej z ubojni eksportowych z regionu Polski południowo-wschodniej. Objęto nimi 42 losowo wybrane cielęta, z których 22 ubito w sezonie letnim (czerwiec-sierpień), a 20 – w jesiennym (październik-grudzień). Udział buhajków i cieliczek w grupach był wyrównany. Średnia masa ciała cieląt ubitych latem wynosiła 74,4 kg ($\pm 18,5$ kg), a jesienią 73,2 kg ($\pm 23,2$ kg). Zwierzęta nie wykazywały klinicznych objawów chorobowych, a ich ogólna kondycja była dobra. Szczegółowe informacje dotyczące warunków uboju zwierząt podano we wcześniejszej pracy [11]. W pełnej krwi pobranej od cieląt tuż przed ubojem, przy wykorzystaniu aparatu hematologicznego Abacus Junior Vet, oznaczono: liczbę hematokrytową (HCT), zawartość hemoglobiny (HGB), liczbę krwinek czerwonych (RBC) i białych (WBC) oraz leukogram (liczba granulocytów, limfocytów i monocytów). W osoczu krwi oznaczono zawartość glukozy (GLU), triacylogliceroli (TAG), białka całkowitego (TP), cholesterolu całkowitego (CHOL), a także frakcję lipoproteinową cholesterolu o wysokiej gęstości (HDL), metodą kolorymetryczną na spektrofotometrze Helios Epsilon, przy wykorzystaniu monotestów firmy Cormay, zgodnie z załączoną do nich metodyką [3]. Frakcję lipoproteinową cholesterolu o niskiej gęstości (LDL) wyliczono ze wzoru Friedewalda [4].

W próbach mięśnia najdłuższego lędźwi (*musculus longissimus lumborum*) i półścięgnistego uda (*m. semitendinosus*), pobranych w trakcie rozbioru technologicznego po 24 godz. chłodzeniu tusz w temperaturze 2°C, wykonano pomiary i analizy fizykochemiczne. Za pomocą aparatu PQM I-KOMBI firmy INTEK GmbH, bezpośrednio w tkance mięśniowej oznaczano pH i przewodność elektryczną właściwą – EC (mS/cm). Pomiary wykonano po upływie 45 minut oraz 24 i 48 godzin od uboju (odpowiednio pH₁, pH₂ i pH₃ oraz EC₁, EC₂ i EC₃). Oceny barwy, siły cięcia i wodochłonności oraz oznaczenie podstawowego składu chemicznego wykonano po 48 godz. *post mortem*. Barwę świeżo przeciętej powierzchni mięśnia po 30-minutowej ekspozycji, oceniano za pomocą miernika nasycenia barwy Minolta CR-310. Wynik

dla próbki obliczano jako średnią arytmetyczną z dwóch pomiarów. Bezwzględne wyniki podano jako wartości CIE $L^*a^*b^*$ [2], gdzie: L^* – jasność metryczna; a^* – barwa czerwona-zielona; b^* – barwa żółta-niebieska. Pomiaru siły cięcia – SF (N) dokonano za pomocą jednokolumnowej maszyny wytrzymałościowej Zwick/Roell Proline B0.5, wykorzystując nóż szerometryczny Warner-Bratzlera (V-blade). Do oceny wodochłonności mięsa wykorzystano pomiar wycieku naturalnego – WN (określonego na podstawie różnicy masy próbki przed i po 24-godzinnym okresie przechowywania w warunkach chłodniczych) i wycieku termicznego – WT (na podstawie różnicy masy próbki przed i po 60 min obróbce termicznej w temp. 70°C).

Oznaczenie podstawowego składu chemicznego polegało na określeniu zawartości: wody – metodą suszenia (wg PN-ISO 1442:2000); popiołu – metodą spopielenia (wg PN-ISO 936:2000); białka ogólnego ($N \times 6,25$) – metodą Kjeldahla, przy użyciu aparatu Büchi B-324 (wg PN-75/A-04018); tłuszczu śródmięśniowego – metodą Soxhleta za pomocą aparatu Büchi B-811 (wg PN-ISO 1444:2000), przy użyciu n-heksanu jako rozpuszczalnika. Ogólną zawartość barwników hematynowych określono metodą Hornseya [6], wykorzystując spektrofotometr Varian Cary 300 Bio, przy długości fali 640 nm. Wyniki opracowano statystycznie wykorzystując program STATISTICA ver. 6 StatSoft Inc. [16], wyliczając współczynniki korelacji Pearsona pomiędzy wskaźnikami hematologicznymi i biochemicznymi krwi a cechami jakości fizykochemicznej mięsa cieląt.

Wyniki i dyskusja

Uzyskane w badaniach własnych wyniki, dotyczące wskaźników morfologicznych i biochemicznych krwi cieląt (tab. 1), w zdecydowanej większości mieściły się w granicach wartości referencyjnych podawanych w literaturze [1, 12]. Wyższa okazała się liczba czerwonych krwinek u badanych cieląt, w porównaniu do wartości referencyjnych podawanych dla bydła w literaturze [18]. Jednak można uznać to jako zjawisko fizjologiczne, gdyż u zwierząt młodych liczba krwinek czerwonych może być wyższa w porównaniu z osobnikami dorosłymi [9]. O liczbie erytrocytów w badaniu hematologicznym, oprócz krwinek dojrzałych decydują także krwinki młodociane, takie jak erytroblasty i retikulocyty, których zawartość wynika z aktywności szpiku kostnego i jest wyższa u zwierząt młodych [18]. Spośród badanych wskaźników biochemicznych w osoczu krwi jedynie średnia zawartość glukozy była wyższa od podawanej jako wartość referencyjna [18]. Zawartość glukozy we krwi jest mało stabilna i ulega wahaniom pod wpływem stresu. Poziom glukozy jest zmienny w ciągu dnia, wzrasta po karmieniu, zwłaszcza u zwierząt monogastrycznych i młodych przeżuwaczy. Generalnie uważa się jednak, że zawartość glukozy w osoczu krwi jest odzwierciedleniem jej aktualnego poziomu w organizmie [18]. Istotnym elementem, w ocenie przebiegu procesów metabolicznych w organizmie, są zmiany wartości wskaźników lipidowych krwi – cholesterolu całkowitego oraz jego cząsteczek lipoproteinowych o wysokiej gęstości (HDL), o niskiej gęstości (LDL) oraz triacylogliceroli [5]. Cholesterol uwolniony z lipoprotein endo- i egzogennych ulega estryfikacji w HDL, którego cząstka bierze udział

w transporcie powrotnym cholesterolu do wątroby. Stężenie cholesterolu HDL powinno stanowić powyżej 40% cholesterolu całkowitego. W związku z tym niekorzystny jest spadek stężenia tej frakcji. U zwierząt młodych fizjologicznie obserwuje się wyższy udział frakcji HDL w cholesterolu całkowitym [18]. Zasadniczym zaś nośnikiem cholesterolu jest frakcja LDL [7].

Tabela 1 – Table 1
Wskaźniki hematologiczne i biochemiczne krwi cieląt
Haematological and biochemical parameters of calves' blood

Wyszczególnienie Specification	Wartość – Value			
	\bar{x}	Sd	min.	max.
Wskaźniki hematologiczne krwi Haematological parameters of blood				
Hemoglobina (g/l)	113,4	23,9	53,0	164,0
Haemoglobin (g/l)				
Hematokryt (%)	33,46	8,88	7,32	56,70
Haematocrit (%)				
Erytrocyty ($10^{12}/l$)	11,12	2,83	1,90	16,70
Red blood cells ($10^{12}/l$)				
Leukocyty ($10^9/l$)	9,78	6,46	2,08	35,00
White blood cells ($10^9/l$)				
Limfocyty (%)	48,34	20,43	14,80	77,90
Lymphocytes (%)				
Monocyty (%)	4,12	3,71	0,06	12,50
Monocytes (%)				
Granulocyty (%)	47,39	21,15	16,10	84,30
Granulocytes (%)				
Wskaźniki biochemiczne osocza krwi Biochemical parameters of blood plasma				
Glukoza (mmol/l)	5,17	1,01	3,62	7,63
Glucose (mmol/l)				
Białko całkowite (g/l)	62,96	8,12	45,96	80,85
Total protein (g/l)				
Triacyloglicerole (mmol/l)	0,18	0,12	0,01	0,40
Triacylglycerols (mmol/l)				
Cholesterol całkowity (mmol/l)	2,66	1,21	0,68	6,22
Total cholesterol (mmol/l)				
HDL (mmol/l)	1,92	1,05	0,46	4,57
HDL (%)	70,56	16,76	28,62	97,65
LDL (mmol/l)	0,65	0,26	0,85	1,93

Rozpatrując jakość ocenianych mięśni wykazano, że istotnie różniły się one właściwościami fizykochemicznymi, natomiast ich skład chemiczny był zbliżony (tab. 2). Mięsień najdłuższy lędźwi charakteryzował się istotnie wyższym pH₁ i pH₂, niższą przewodnością elektryczną po 24 godz., a także był ciemniejszy (niższe L*) i mniej kruchy w porównaniu z mięśniem półścięgnistym.

Tabela 2 – Table 2

Właściwości fizykochemiczne i skład chemiczny (%) ocenianych mięśni cieląt
Physicochemical traits and chemical composition (%) of calves' muscles

Wyszczególnienie Specification	Mięsień najdłuższy lędźwi <i>Musculus longissimus lumborum</i>				Mięsień półścięgnisty <i>Musculus semitendinosus</i>			
	<i>Musculus longissimus lumborum</i>		<i>Musculus semitendinosus</i>		<i>Musculus longissimus lumborum</i>		<i>Musculus semitendinosus</i>	
	\bar{x}	Sd	min.	max.	\bar{x}	Sd	min.	max.
pH ₁	6,84 ^b	0,27	6,35	7,25	6,70 ^a	0,25	6,22	7,22
pH ₂	5,75 ^B	0,15	5,51	6,18	5,57 ^A	0,12	5,36	5,83
pH ₃	5,57	0,09	5,48	5,82	5,59	0,11	5,40	5,82
EC ₁ (mS/cm)	3,07	0,86	1,30	4,60	3,20	0,66	1,50	4,40
EC ₂ (mS/cm)	1,68 ^A	0,45	1,00	2,90	2,13 ^B	0,80	1,00	4,80
EC ₃ (mS/cm)	6,86	4,09	2,20	17,60	7,29	3,85	2,20	17,40
L*	41,40 ^A	4,22	34,30	50,12	46,08 ^B	4,42	37,50	55,06
a*	18,56	1,90	14,72	21,42	18,76	2,65	10,07	22,07
b*	2,87 ^A	0,94	1,33	4,73	4,65 ^B	0,95	1,91	6,39
Wyciek naturalny (%) Drip loss (%)	1,01 ^B	0,51	0,14	2,62	0,65 ^A	0,45	0,16	1,97
Wyciek termiczny (%) Cooking loss (%)	28,66	2,99	23,14	34,69	28,10	2,62	22,52	31,82
Siła cięcia (N) Shear force (N)	82,93 ^B	31,65	28,90	146,00	58,27 ^A	19,21	34,50	116,00
Woda (%) Water (%)	75,98	0,70	74,30	77,64	76,11	0,76	74,58	77,37
Białko ogólne (%) Total protein (%)	21,92	1,72	17,03	26,13	22,10	1,76	18,27	25,83
Tłuszcz śródmięśniowy (%) Intramuscular fat (%)	0,93	0,52	0,30	2,09	1,05	0,46	0,41	2,10
Popiół (%) Ash (%)	0,93	0,29	0,24	1,31	0,99	0,33	0,20	1,61
Barwniki hematinowe (mg/kg) Haematin pigments (mg/kg)	97,04	19,19	64,40	132,10	95,95	18,88	67,70	149,00

Średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie: a, b – P≤0,05; A, B – P≤0,01
Means marked with different letters differ significantly: a, b – P≤0.05; A, B – P≤0.01

Analizując wartość współczynników korelacji Pearsona, pomiędzy profilem hematologicznym i biochemicznym krwi a wartościami pH i przewodności elektrycznej właściwej, wykazano zbliżone zależności dla obu mięśni tylko w kilku przypadkach (tab. 3). Poziom glukozy był ujemnie skorelowany ze wszystkimi pomiarami pH ocenianych mięśni. Najwyższe wartości stwierdzono dla pomiaru pH₂, odpowiednio: r=-0,591 dla mięśnia najdłuższego lędźwi i r=-0,601 dla półścięgnistego. Przewodność elektryczna właściwa mierzona po 24 i 48 godzinach była dodatnio skorelowana

Tabela 3 – Table 3

Współczynniki korelacji Pearsona pomiędzy parametrami hematologicznymi i biochemicznymi krwi cieląt a wartością pH_i i przewodności elektrycznej właściwej mięśni cieląt 48 godzin po uboju
 Pearson correlations between haematological and biochemical parameters of blood and pH_i electrical conductivity of calves' muscles at 48 h post mortem

Specification	Mięsień najdłuższy łądźwi – <i>Musculus longissimus lumborum</i>						Mięsień półścięgnisty – <i>Musculus semitendinosus</i>					
	pH ₁	pH ₂	pH ₃	EC ₁	EC ₂	EC ₃	pH ₁	pH ₂	pH ₃	EC ₁	EC ₂	EC ₃
HGB	-0,262	-0,259	0,044	-0,000	0,115	0,369 ^x	-0,326 ^x	-0,074	-0,344 ^x	-0,127	0,121	0,032
HCT	-0,037	-0,098	0,127	0,288	0,062	0,019	-0,154	0,111	-0,246	-0,133	-0,033	-0,040
RBC	-0,036	-0,135	0,108	0,265	0,072	0,063	-0,018	0,172	-0,170	-0,164	-0,002	0,041
WBC	0,024	-0,218	-0,084	-0,334 ^x	0,300	0,321	-0,143	-0,151	-0,189	-0,002	0,037	0,426 ^x
LIM	-0,041	-0,209	-0,114	-0,269	0,423 ^x	0,340 ^x	-0,106	-0,102	-0,108	-0,035	0,078	0,305
MON	-0,066	-0,283	-0,094	-0,151	-0,165	0,294	-0,150	-0,377 [*]	-0,196	-0,001	-0,159	-0,089
GRA	0,114	-0,164	-0,010	-0,309	0,121	0,205	-0,157	-0,151	-0,253	0,052	0,013	0,580 ^{xxx}
GLU	-0,265	-0,591 ^{xxx}	-0,202	-0,260	-0,182	0,384 ^x	-0,481 ^{xx}	-0,601 ^{xxx}	-0,340 ^x	-0,170	0,279	0,065
TP	0,465 ^{xx}	-0,055	0,481 ^{xx}	0,266	-0,046	-0,277	0,236	-0,205	-0,052	-0,027	-0,109	0,228
CHOL	0,216	0,150	0,003	-0,051	-0,275	-0,181	-0,080	-0,043	0,012	-0,080	-0,215	0,100
TAG	0,294	0,399 ^t	0,064	0,349 ^x	-0,175	-0,530 ^{xx}	0,234	0,453 ^x	0,187	0,174	-0,480 ^{xx}	-0,240
LDL	-0,149	-0,291	-0,430 ^x	-0,123	-0,014	0,150	-0,096	-0,386 ^x	-0,018	-0,005	0,199	-0,223
% HDL	0,321 ^x	0,318	0,482 ^{xx}	0,126	-0,150	-0,237	-0,029	0,371 ^x	0,007	-0,200	-0,279	0,306

HGB – hemoglobina – haemoglobin; HCT – hematokryt – haematocrit; RBC – erytrocyty – red blood cells; WBC – leukocyty – white blood cells; LIM – limfocyty – lymphocytes; MON – monocyty – monocytes; GRA – granulocyty – granulocytes; GLU – glukoza – glucose; TP – białko całkowite – total protein; CHOL – cholesterol całkowity – total cholesterol; TAG – triacyloglicerole – triacylglycerols
^x – P<0,05; ^{xx} – P<0,01; ^{xxx} – P<0,001

($0,34 \leq r \leq 0,58$) z układem białokrwińkowym (WBC, LIM i GRA), natomiast ujemne korelacje wykazano dla pomiaru wykonanego po 45 minutach od uboju w mięśniu najdłuższym łądźwi. Poziom hemoglobiny istotnie ujemnie był skorelowany z pH mięśnia półścięgnistego ($-0,326 \leq r \leq -0,344$) oraz mięśnia najdłuższego łądźwi, ale na niższym (nieistotnym) poziomie. Wykazano także dodatni i istotny ($P \leq 0,01$) związek pomiędzy zawartością białka całkowitego a pH mięśnia najdłuższego łądźwi ($0,465 \leq r \leq 0,481$). Poziom TAG skorelowany był dodatnio z pH₂ obu mięśni (odpowiednio: $r=0,399$ dla mięśnia najdłuższego łądźwi i $r=0,453$ dla półścięgnistego), ujemnie natomiast z EC₃ mięśnia najdłuższego łądźwi ($r=-0,53$) i EC₂ mięśnia półścięgnistego ($r=-0,48$). Dla mięśnia najdłuższego łądźwi obserwowano ujemne współzależności pomiędzy poziomem LDL i pomiarami ($-0,149 \leq r \leq -0,430$), dodatnie natomiast z udziałem HDL ($0,318 \leq r \leq 0,482$). Zależności takie stwierdzono dla mięśnia półścięgnistego, ale jedynie w odniesieniu do pomiaru pH₂.

Analizując korelacje, występujące pomiędzy parametrami hematologicznymi i biochemicznymi krwi cieląt a wskaźnikami barwy ocenianych mięśni szkieletowych (tab. 4), stwierdzono najsilniejszy ($P \leq 0,001$) dodatni związek pomiędzy zawartością barwników hematynowych a hematokrytem (odpowiednio: $r=0,73$ dla mięśnia najdłuższego łądźwi i $r=0,681$ dla półścięgnistego), zawartością hemoglobiny (odpowiednio: $r=0,610$ i $r=0,502$) i ilością erytrocytów (odpowiednio: $r=0,470$ i $r=0,488$). Wysoko skorelowany był również udział barwy czerwonej (a*) z HCT, HGB i RBC (odpowiednio: $r=0,712$; $r=0,691$ i $r=0,511$ dla mięśnia najdłuższego łądźwi oraz $r=0,581$; $r=0,534$ i $r=0,418$ dla mięśnia półścięgnistego). Ujemne związki stwierdzono natomiast dla tych parametrów i jasności L* mięśnia najdłuższego łądźwi (odpowiednio: $r=-0,737$; $r=-0,567$ i $r=-0,458$) oraz na nieco wyższym poziomie dla mięśnia półścięgnistego (odpowiednio: $r=-0,790$; $r=-0,617$ i $r=-0,581$). Ujemnie lecz na niższym poziomie był skorelowany udział barwy żółtej (b*) z parametrami układu czerwokrwińkowego, najwyżej z HCT (dla mięśnia najdłuższego łądźwi $r=-0,519$, a dla półścięgnistego $r=-0,506$).

Miltenburg i wsp. [13] w przypadku cieląt fryzyjskich, ubijanych w 29. tygodniu życia, odnotowali dla hemoglobiny i zawartości barwników hematynowych w mięśniu *longissimus thoracis* współczynniki korelacji na poziomie $r=0,56$, natomiast dla mięśnia *semimembranosus* $r=0,60$. Zawartość hemoglobiny była również wysoko skorelowana ($r=-0,62$) z jasnością L* mięśnia *rectus abdominus* [8]. Natomiast niższe współzależności pomiędzy jasnością L* mięśnia *longissimus* i zawartością hemoglobiny ($r=-0,314$) lub hematokrytem ($r=-0,237$) u cieląt holsztyńskich w 16. tygodniu życia stwierdzili Lagoda i wsp. [10].

Obserwowano również istotny związek frakcji lipoproteinowych cholesterolu z parametrami barwy mięsa (tab. 4). Poziom LDL był dodatnio skorelowany z jasnością L* i udziałem barwy żółtej b* ocenianych mięśni (odpowiednio: $r=0,488$ i $r=0,335$ dla mięśnia najdłuższego łądźwi oraz $r=0,603$ i $r=0,509$ dla półścięgnistego), ujemnie natomiast z udziałem barwy czerwonej a* i barwnikami hematynowymi (odpowiednio: $r=-0,504$ i $r=-0,564$ dla mięśnia najdłuższego łądźwi oraz $r=-0,547$ i $r=-0,469$ dla

półścięgnistego). Na zbliżonym poziomie, lecz przeciwne zależności wykazano dla udziału HDL, tzn. ujemne z L* i b*, dodatnie zaś z a* i barwnikami hematynowymi.

Tabela 4 – Table 4

Współczynniki korelacji Pearsona pomiędzy parametrami hematologicznymi i biochemicznymi krwi a wyróżnikami barwy mięśni cieląt

Pearson correlations between haematological and biochemical parameters of blood and colour indices of calves' muscles

Wyszczególnienie Specification	Mięsień najdłuższy lędźwi <i>Musculus longissimus lumborum</i>				Mięsień półścięgnisty <i>Musculus semitendinosus</i>			
	L*	CIE		barwniki hematynowe haematin pigments	L*	CIE		barwniki hematynowe haematin pigments
		a*	b*			a*	b*	
HGB	-0,567 ^{xxx}	0,691 ^{xxx}	-0,292	0,610 ^{xxx}	-0,617 ^{xxx}	0,534 ^{xxx}	-0,327	0,502 ^{xx}
HCT	-0,737 ^{xxx}	0,712 ^{xxx}	-0,519 ^{xx}	0,736 ^{xxx}	-0,790 ^{xxx}	0,581 ^{xxx}	-0,506 ^{xx}	0,681 ^{xxx}
RBC	-0,468 ^{xx}	0,511 ^{xx}	-0,346	0,470 ^x	-0,581 ^{xxx}	0,418 ^x	-0,387 ^x	0,488 ^{xx}
WBC	-0,110	0,311	0,153	0,268	-0,007	0,074	0,113	-0,024
LIM	-0,160	0,315	0,094	0,256	0,002	0,053	0,079	-0,039
MON	0,040	0,101	0,057	0,030	-0,166	0,169	0,043	0,097
GRA	-0,034	0,256	0,214	0,256	0,013	0,065	0,143	-0,018
GLU	0,243	-0,119	0,161	-0,232	0,283	-0,157	0,472	-0,311
TP	0,044	0,003	-0,174	0,014	-0,062	-0,175	-0,145	0,151
CHOL	0,149	-0,108	0,032	-0,143	0,178	-0,130	0,093	-0,163
TAG	-0,154	-0,075	-0,131	0,061	-0,359 ^x	0,204	-0,345 ^x	0,374 ^x
LDL	0,488 ^{xx}	-0,504 ^{xx}	0,335	-0,564 ^{xxx}	0,603 ^{xxx}	-0,547 ^{xxx}	0,509 ^{xx}	-0,469 ^{xx}
% HDL	-0,436 ^x	0,495 ^{xx}	-0,401 ^x	0,470 ^{xx}	-0,507 ^{xx}	0,470 ^{xx}	-0,544 ^{xxx}	0,353 ^x

HGB – hemoglobina – haemoglobin; HCT – hematokryt – haematocrit; RBC – erytrocyty – red blood cells; WBC – leukocyty – white blood cells; LIM – limfocyty – lymphocytes; MON – monocyty – monocytes; GRA – granulocyty – granulocytes; GLU – glukoza – glucose; TP – białko całkowite – total protein; CHOL – cholesterol całkowity – total cholesterol; TAG – triacyloglicerole – triacylglycerols

^x – P≤0,05; ^{xx} – P≤0,01; ^{xxx} – P≤0,001

Rozpatrując związek wskaźników hematologicznych i biochemicznych krwi cieląt z wodochłonnością i kruchością ich mięsa (tab. 5), stwierdzono istotne korelacje pomiędzy wyciekaniem termicznym z obu mięśni a liczbą granulocytów (0,408≤r≤0,472), a dla mięśnia najdłuższego lędźwi również z liczbą krwinek białych (r=0,387). Dla mięśnia najdłuższego lędźwi wykazano duży związek siły cięcia i HCT (r=0,418) oraz RBC (r=0,445). Poziom białka całkowitego w osoczu krwi był ujemnie skorelowany z wyciekaniem naturalnym i termicznym z mięśnia najdłuższego lędźwi (odpowiednio: r=-0,379 i r=-0,391), dodatnio natomiast z wyciekaniem naturalnym z mięśnia półścięgnistego (r=0,385).

Najwięcej współzależności, występujących pomiędzy wskaźnikami hematologicznymi i biochemicznymi krwi cieląt a składnikami chemicznymi ocenianych mięśni, dotyczyło zawartości popiołu (tab. 6). Był on skorelowany najsilniej i ujemnie z układem białokrwinkowym, a zwłaszcza z WBC, tj. na poziomie r=-0,404 dla mięśnia najdłuższego lędźwi i r=-0,514 dla półścięgnistego. Ujemny związek obserwowano

Tabela 5 – Table 5

Współczynniki korelacji Pearsona pomiędzy parametrami hematologicznymi i biochemicznymi krwi a wyciekiem naturalnym i termicznym oraz siłą cięcia mięśni cieląt
 Pearson correlations between haematological and biochemical parameters of blood and drip loss, cooking loss and shear force of calves' muscles

Wyszczególnienie Specification	Mięsień najdłuższy lędźwi <i>Musculus longissimus lumborum</i>			Mięsień półścięgnisty <i>Musculus semitendinosus</i>		
	wyciek naturalny drip loss	wyciek termiczny cooking loss	siła cięcia shear force	wyciek naturalny drip loss	wyciek termiczny cooking loss	siła cięcia shear force
	HGB	0,198	0,215	0,235	-0,042	0,188
HCT	-0,101	0,155	0,418*	-0,185	-0,177	-0,144
RBC	0,253	0,168	0,445*	0,293	0,255	-0,317
WBC	0,115	0,387*	0,060	0,011	0,284	0,052
LIM	0,195	0,275	-0,104	0,082	0,168	0,043
MON	-0,223	0,154	0,110	-0,076	0,096	-0,054
GRA	-0,113	0,472**	0,213	0,038	0,408*	0,108
GLU	-0,354*	0,223	0,086	-0,054	0,287	0,062
TP	-0,379*	-0,391*	0,212	0,385*	-0,125	0,046
CHOL	-0,334	-0,078	0,187	-0,048	-0,022	0,037
TAG	-0,165	-0,314	0,102	0,036	-0,284	-0,044
LDL	0,098	-0,073	-0,293	-0,320	-0,215	0,162
% HDL	-0,321	0,055	0,433*	0,305	0,133	-0,107

HGB – hemoglobina – haemoglobin; HCT – hematokryt – haematocrit; RBC – erytrocyty – red blood cells; WBC – leukocyty – white blood cells; LIM – limfocyty – lymphocytes; MON – monocyty – monocytes; GRA – granulocyty – granulocytes; GLU – glukoza – glucose; TP – białko całkowite – total protein; CHOL – cholesterol całkowity – total cholesterol; TAG – triacyloglicerole – triacylglycerols
 * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$

Tabela 6 – Table 6

Współczynniki korelacji Pearsona pomiędzy wskaźnikami hematologicznymi i biochemicznymi krwi a składnikami chemicznymi mięśni cieląt
 Pearson correlations between haematological and biochemical parameters of blood and chemical components of calves' muscles

Wyszczególnienie Specification	Mięsień najdłuższy lędźwi <i>Musculus longissimus lumborum</i>				Mięsień półścięgnisty <i>Musculus semitendinosus</i>			
	woda water	białko protein	tłuszcz fat	popiół ash	woda water	białko protein	tłuszcz fat	popiół ash
	HGB	-0,129	0,055	0,192	-0,588***	-0,243	-0,010	0,286
HCT	-0,322	-0,011	0,419*	-0,320	-0,433**	-0,068	0,257	0,073
RBC	-0,246	-0,054	0,353	-0,371*	-0,379*	-0,088	0,176	0,056
WBC	0,150	-0,037	-0,119	-0,404*	0,247	-0,123	0,087	-0,514**
LIM	0,211	0,034	-0,170	-0,379	0,296	-0,048	0,087	-0,456**
MON	0,113	-0,136	-0,028	-0,198	0,114	-0,175	0,035	-0,308
GRA	0,022	-0,114	-0,024	-0,366	0,126	-0,193	0,073	-0,489**
GLU	-0,093	0,116	-0,171	-0,445*	0,045	0,184	-0,039	-0,497**
TP	-0,259	-0,202	0,272	0,329	-0,206	0,079	-0,321	0,289
CHOL	0,250	-0,151	-0,025	0,092	-0,169	-0,009	0,183	-0,048
TAG	-0,057	-0,143	0,236	0,463**	-0,335	-0,201	0,295	0,513**
LDL	0,406*	-0,014	-0,405*	-0,081	0,219	0,229	0,014	-0,312
% HDL	-0,207	-0,293	0,422*	0,070	-0,308	-0,223	0,155	0,285

Objaśnienia jak w tabeli 5; * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$

również pomiędzy zawartością popiołu w mięśni najdłuższym łądźwi i ilością HGB ($r=-0,588$) oraz liczbą RBC ($r=-0,371$). Ponadto udział popiołu w obu mięśniach był skorelowany ujemnie z poziomem glukozy we krwi ($r=-0,445$ dla mięśnia najdłuższego łądźwi i $r=-0,497$ dla półścięgnistego), dodatnio natomiast z poziomem TAG we krwi (odpowiednio: $r=0,463$ i $r=0,513$).

Udział wody generalnie był ujemnie skorelowany z układem czerwonekrwinkowym, przy czym na wyższym i istotnym poziomie w mięśni półścięgnistym. Wykazano również dla mięśnia najdłuższego łądźwi ujemny związek pomiędzy zawartością tłuszczu śródmięśniowego i poziomem LDL ($r=-0,405$), dodatni zaś z udziałem HDL ($r=0,422$). Natomiast frakcja LDL była dodatnio skorelowana z udziałem wody ($r=0,406$).

Podsumowując uzyskane wyniki badań należy zwrócić uwagę na stosunkowo wysoką wartość współczynników korelacji pomiędzy wskaźnikami hematologicznymi krwi (szczególnie HCT i HGB) a określonymi instrumentalnie wyróżnikami barwy mięsa (CIE $L^*a^*b^*$) oraz podobnymi współzależnościami między wskaźnikami krwi a zawartością w mięsie barwników hematynowych (oznaczoną chemicznie). Wskaźniki hematologiczne krwi (przede wszystkim HGB i HCT) mogą zatem służyć do przewidywania barwy mięsa cielęcego. Interesujący wydaje się również związek występujący pomiędzy frakcjami lipoproteinowymi cholesterolu we krwi i ocenianymi wyróżnikami barwy mięsa.

PIŚMIENNICTWO

1. BAUMGARTNER W., 2005 – *Klinische Propädeutic der inneren Krankheiten und Nantkrankheiten der Haus und Heintiere*. Parley, Berlin.
2. CIE, 1976 – *Colorimetry*. 2nd ed. Commission International de l'Eclairage. Vienna.
3. CORMAY, 2007 – *Metodyka badań*. Przedsiębiorstwo Zagraniczne „CORMAY”, 20-150 Lublin, ul. Rapackiego 19.
4. FRIEDEWALD W.T., LEVY R.I., FREDRICKSON D.S., 1972 – Estimation of the plasma low-density lipoprotein cholesterol, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clinical Chemistry* 18, 499-502.
5. GANONG W., 2005 – *Review of Medical Physiology*. Wyd. McGraw-Hill.
6. HORNSEY H.C., 1956 – The colour of cooked cured pork I. Estimation of the nitroxidehaem pigments. *Journal Science of Food and Agriculture* 7, 534-540.
7. KIM I.H., SUH G.H., 2003 – Effect of the amount of body condition loss from the dry to near calving periods on the subsequent body condition change, occurrence of postpartum diseases, metabolic parameters and reproductive performance in Holstein dairy cows. *Theriogenology* 60, 1445-1456.
8. KLONT R.E., BARNIER V.M.H., SMULDERS F.J.M., VAN DIJK A., HOVING-BOLINK A.H., EIKELENBOOM G., 1999 – Post-mortem variation in pH, temperature, and colour profiles of veal carcasses in relation to breed, blood haemoglobin content, and carcass characteristics. *Meat Science* 53, 195-202.
9. KULETA Z., 1993 – *Wartości wskaźników hematologicznych i biochemicznych zwierząt w stanach zdrowia i choroby*. Wyd. ART Olsztyn.

10. LAGODA H.L., WILSON L.L., HENNING W.R., FLOWERS S.L., MILLS E.W., 2002 – Subjective and objective evaluation of veal lean color. *Journal of Animal Science* 80-1911-1916.
11. LITWIŃCZUK Z., FLOREK M., KĘDZIERSKA-MATYSEK M., SKAŁECKI P., 2009 – Blood haematological profile and meat colour of calves slaughtered in summer and autumn season. *Polish Journal of Veterinary Sciences* 12, 3.
12. LUMSDEN J.H., MULLEN K., ROWE R., 1980 – Hematology and biochemistry reference values for female Holstein cattle. *Canadian Journal of Comparative Medicine* 44, 24-31.
13. MILTENBURG G.A.J., WENSING T.H., SMULDERS F.J.M., BRENKINK H.J., 1992 – Relationship between blood hemoglobin, plasma and tissue iron, muscle heme pigment, and carcass color of veal. *Journal of Animal Science* 70, 2766-2772.
14. MORDAK R., 2008 – Podstawowe parametry biochemiczne i hematologiczne w monitorowaniu zdrowia bydła. *Życie Weterynaryjne* 83 (7), 572-576.
15. MUCHENJE V., DZAMA K., CHIMONYO M., STRYDOM P.E., HUGO A., RAATS J.G., 2009 – Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. *Food Chemistry* 112, 279-289.
16. STATSOFT INC., 2003 – STATISTICA, data analysis software system, version 6, www.statsoft.com.
17. VERMEIRE D.A., HENNING W.R., 2002 – Relationship of blood chemistry to meat color of milk-fed veal calves. *Journal of Animal Science*, vol. 80, Suppl. 1, 129.
18. WINNICKA A., 2004 – Wartości referencyjne podstawowych badań laboratoryjnych w weterynarii. Wyd. SGGW Warszawa.

Mariusz Florek, Zygmunt Litwińczuk, Renata Klebaniuk

Haematological and biochemical parameters of calves' blood and their relationship with meat quality

S u m m a r y

The purpose of study was to assess a possible connection of haematological and biochemical profile with physicochemical quality and chemical composition of calves' meat. The material covered 42 calves chosen randomly i.e. 22 animals slaughtered in summer (June-August) and 20 in autumn season (October-December). Haematological analyses included haematocrit (HCT), haemoglobin level (HGB), red blood cells (RBC), and white blood cells (WBC). Biochemical analyses included glucose (GLU), triacylglycerols (TAG), total protein (TP), cholesterol (CHOL) and its lipoprotein fractions i.e. LDL and HDL. In samples of *musculus longissimus lumborum* and *musculus semitendinosus* the meat pH, electrical conductivity, colour, shear force, water holding capacity and chemical composition was determined. The relative high correlations between haematological parameters of blood (especially HCT and HGB) and indices of meat colour evaluated instrumentally (CIE L*a*b*) were stated. Additionally, similar correlations with haematin pigments content determined chemically were found out too. The results obtained in this study concerning haematological parameters of blood showed to be useful for veal colour prediction. The relationship between lipoprotein fractions of blood cholesterol and parameters of meat colour was stated.

