

## Wpływ fazy laktacji i sezonu produkcji na stan dyspersji tłuszczu w mleku krów różnych ras

Anna Wolanciuk<sup>1#</sup>, Joanna Barłowska<sup>1</sup>, Aneta Brodziak<sup>2</sup>, Barbara Topyła<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin, #e-mail: anna.wolanciuk@up.lublin.pl

<sup>2</sup>Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Katedra Hodowli i Ochrony Zasobów Genetycznych Bydła, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

Celem pracy była ocena wpływu fazy laktacji i sezonu produkcji na stan dyspersji tłuszczu mleka krów różnych ras. Łącznie oceniono 738 próbek mleka, w tym 196 od krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej, 168 od krów rasy jersey, 185 od krów polskich czerwonych i 189 od białogrzbietych. Próbki mleka pobierano indywidualnie od każdej krowy w dwóch sezonach produkcyjnych, tj. wiosenno-letnim (maj – lipiec) i jesienno-zimowym (grudzień – marzec). Wyróżniono 3 fazy laktacji krów: do 120. dnia, od 121. do 200. dnia, powyżej 200. dnia. W pobranych próbkach mleka oznaczono procentową zawartość tłuszczu oraz jego stan dyspersji (wyrażony średnią powierzchnią kuleczek, ich obwodem i przeciętną średnicą). Wykazano, że faza laktacji oraz sezon produkcji (związany z sezonem żywienia) w znacznym stopniu różnicują zawartość i stan dyspersji tłuszczu mlekowego. Wraz z zaawansowaniem laktacji wzrastała zawartość tłuszczu w mleku oraz jego stan dyspersji. Istotnie ( $p \leq 0,01$ ) zmniejszała się przeciętna średnica i pole powierzchni kuleczek tłuszczowych mleka. Największymi rozmiarami charakteryzowały się kuleczki tłuszczu mleka pozyskiwanego w początkowej fazie laktacji (do 120. dnia – 2,90  $\mu\text{m}$ ). Mleko produkowane w sezonie jesienno-zimowym charakteryzowało się wyższą zawartością tłuszczu oraz istotnie ( $p \leq 0,01$ ) większymi przeciętnymi rozmiarami kuleczek tłuszczowych.

**SŁOWA KLUCZOWE:** tłuszcz mlekowy / dyspersja / laktacja / sezon produkcji / rasa krów

Tłuszcz jest głównym składnikiem decydującym o wartości energetycznej, odżywczej i przydatności technologicznej mleka. Jest najlepiej przyswajalnym tłuszczem pochodzenia zwierzęcego, gdyż jego strawność kształtuje się na poziomie 97-99%. Synteza tłuszczu odbywa się w komórkach mlekotwórczych gruczołu mlekowego. Występuje on w postaci kuleczek otoczonych trójwarstwową membraną fosfolipidową [12]. Prekursory kuleczek tłuszczowych są tworzone w retikulum endoplazmatycznym, a następnie transportowane poprzez cytozol jako małe kropelki tłuszczu pokryte polarną, dwuwarstwową błoną zbudowaną z fosfolipidów i białek. W czasie transportu do wierzchołkowej części komórek,

krople tłuszczu łączą się z innymi, powiększając tym samym swoje rozmiary. W procesie sekrecji są otaczane kolejną membraną i ostatecznie wydzielane do kanalików mlekowych [17]. Wysoki stopień dyspersji sprawia, że mogą one być wchłaniane bez uprzedniej hydrolizy w przewodzie pokarmowym [13].

Kuleczki tłuszczowe można zaklasyfikować pod względem wielkości do trzech grup: małe – o średnicy poniżej 1  $\mu\text{m}$  (ok. 80% całkowitej liczby kuleczek), średnie – o wielkości od 1 do 7  $\mu\text{m}$ , duże – o średnicy przekraczającej 8  $\mu\text{m}$  [17].

Stan dyspersji tłuszczu mlekowego ma istotny wpływ na jego przyswajalność oraz przydatność technologiczną (szczególnie przy produkcji masła i serów). Michalski i wsp. [11] wykazali, że ser camembert wytwarzany z mleka o małych kuleczkach tłuszczowych (ok. 2  $\mu\text{m}$  średnicy) był bardziej wilgotny, mniej zwięzły, a tekstura była bardziej elastyczna w porównaniu do sera wytwarzanego z mleka o dużych kuleczkach (ok. 6  $\mu\text{m}$  średnicy). Z kolei przy produkcji niskotłuszczowego sera cheddar zaobserwowano, że wyprodukowany z mleka o dużych kuleczkach tłuszczowych charakteryzował się korzystniejszą teksturą, smakowitością i barwą w porównaniu z wytworzonym z surowca o małych lub średnich kuleczkach.

Wielkość kuleczek tłuszczowych wpływa również na profil kwasów tłuszczowych (mniejsze kuleczki zawierają więcej sprzężonych dienów kwasu linolowego). Mleko o wysokim udziale dużych kuleczek tłuszczowych jest bardziej podatne na lipolizę i koalescencję podczas przepompowywania surowca [6]. Stan dyspersji tłuszczu warunkują m.in. takie czynniki, jak: rasa, wydajność dzienna tłuszczu oraz częstotliwość doju [17]. Barłowska i Litwińczuk [2] oraz Michalski i wsp. [10] podają, że wielkość kuleczek tłuszczowych mleka uzależniona jest również od sezonu produkcji.

Celem pracy była ocena wpływu fazy laktacji i sezonu produkcji na stan dyspersji tłuszczu mleka krów różnych ras.

## Material i metody

Materiał do badań stanowiły próbki mleka pobrane od 213 krów 4 ras, w tym 2 w typie mlecznym: polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej (PHF HO) – 63 szt. i jersey (JE) – 50 szt. oraz 2 ras rodzimych: polskiej czerwonej (RP) – 50 szt. i białogrzbiętej (BG) – 50 szt. Krowy rasy jersey i polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej utrzymywano w oborach wolnostanowiskowych i żywiono w systemie TMR (Total Mixed Ration), a w skład dawki wchodziły: kiszonka z kukurydzy, sianokiszonka oraz słoma, a także śruty poekstrakcyjne (sojowa, rzepakowa) i zbożowe. Krowy rasy białogrzbiętej i polskiej czerwonej utrzymywane były w oborach uwięziowych, a ich żywienie opierało się na paszach własnych. W sezonie jesienno-zimowym podstawą żywienia była sianokiszonka i siano, a w wiosenno-letnim – zielonka pastwiskowa i siano. Uzupełnieniem dawki pokarmowej w obu sezonach była własna śruta zbożowa. Łącznie oceniono 738 próbek mleka, w tym 196 od krów rasy PHF HO, 168 od JE, 185 od RP i 189 od BG. Próbkę mleka o objętości ok. 250 ml pobierano indywidualnie od każdej krowy z całego doju, w czasie próbnych udojów (metoda AT4), w dwóch sezonach produkcyjnych – wiosenno-letnim (maj – lipiec) i jesienno-zimowym (grudzień – marzec), przez 2 lata. Wyróżniono 3 fazy laktacji krów: do 120. dnia, od 121. do 200. dnia, powyżej 200. dnia.

W pobranych próbkach mleka oznaczono procentową zawartość tłuszczu (aparatem Infrared Milk Analyzer firmy Bentley) oraz jego stan dyspersji (wyrażony średnią powierzchnią kuleczek, ich obwodem i przeciętną średnicą). Analizę przeprowadzono mikroskopowo w powiększeniu x1000, w preparatach wybarwianych Sudanem III (w trzech polach widzenia), z wykorzystaniem programu Motic Images Plus 2.0. Aby wyeliminować próbki pochodzące od krów z chorym gruczołem mlekowym (powyżej 400 tys. LKS w 1 ml) oznaczano liczbę komórek somatycznych (LKS), aparatem Somacount 150 firmy Bentley. Dane dotyczące wydajności dobowej krów w miesiącach pobierania próbek mleka pochodziły z dokumentacji hodowlanej (raporty RW-2) prowadzonej przez Polską Federację Hodowców Bydła i Producentów Mleka.

Do obliczeń statystycznych wykorzystano program StatSoft Inc. STATISTICA ver. 6. Analizy dokonano na podstawie Ogólnego Modelu Liniowego (GLM – General Linear Model) – procedura ANOVA dla układów czynnikowych z interakcją. Parametry frakcji tłuszczowej mleka oceniono przy użyciu dwóch modeli statystycznych, uwzględniając rasę bydła i sezon produkcji oraz rasę bydła i fazę laktacji. Z uwagi na brak istotnej interakcji między sezonem produkcji i fazą laktacji, zastosowano model skrócony. Istotność różnic między średnimi wyznaczono testem Tukey'a dla różnych liczebności, przy poziomie  $p \leq 0,05$  i  $p \leq 0,01$ .

### Wyniki i dyskusja

Dane zawarte w tabeli 1. wskazują, że faza laktacji miała wpływ na ilość produkowanego mleka, zawartość tłuszczu i jego stan dyspersji. Większy spadek produktywności wraz z upływem laktacji stwierdzono u krów ras rodzimych, a szczególnie u polskiej czerwonej – aż o 41%. U krów ras w typie mlecznym spadek ten wahał się w granicach od 24% u jersey do 27% u polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej. Wraz z upływem laktacji zwiększała się natomiast zawartość tłuszczu w produkowanym mleku, jednak wykazane różnice nie zostały potwierdzone statystycznie. Zaobserwowane tendencje znajdują potwierdzenie w pracach innych autorów [1, 3, 4, 16]. Litwińczuk i wsp. [5] wykazali, że krowy ras rodzimych, tj. polskiej czerwonej i biało-żółtej, wykazywały znacznie gorszy wskaźnik wytrzymałości laktacji, tzn. w trzeciej jej tercji produkowały tylko 55,8% mleka w porównaniu do pierwszej. Wyraźnie korzystniejszy wskaźnik wytrzymałości laktacji (66%) wykazywały krowy rasy simentalskiej, a najlepszy (73,4%) krowy z grupy odniesienia, tj. rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej, użytkowane w intensywnej technologii chowu.

Wykazano, że wraz z upływem laktacji istotnie ( $p \leq 0,01$ ) zmniejszała się przeciętna średnica i pole powierzchni kuleczek tłuszczowych mleka krów wszystkich analizowanych ras. Zaobserwowano również istotne ( $p \leq 0,01$ ) zmniejszenie średniego obwodu otoczek kuleczek tłuszczowych w polu widzenia wraz z trwaniem laktacji (z wyjątkiem mleka krów rasy biało-żółtej, gdzie wykazane różnice nie zostały potwierdzone statystycznie). Największymi rozmiarami charakteryzowały się kuleczki tłuszczu mleka pozyskiwanego w początkowej fazie laktacji (do 120. dnia – 2,90  $\mu\text{m}$ ). Uzyskane wyniki potwierdzają teorię Singha [14]. Zaobserwowane zmniejszenie przeciętnej średnicy kuleczek tłuszczowych wraz z zaawansowaniem laktacji uzasadnia on zmiennym poziomem substratów do produkcji kuleczek tłuszczowych w czasie jej trwania. W początkowej fazie laktacji (do ok. 180. dnia) zawartość 5 głównych klas fosfolipidów (tj. fosfatydyloetanalaminy, fosfatydylocholino, fosfatydylo-

**Tabela 1 – Table 1**  
 Stan dyspersji tłuszczu mlekowego krów ocenianych ras z uwzględnieniem fazy laktacji  
 Milk fat dispersion in cows of each breed by stage of lactation

Rasa Breed	Faza laktacji (dni) Stage of lactation (days)	Liczba próbek mleka Number of milk samples	Wydajność Daily milk yield (kg)		Tłuszcz Fat (%)	Powierzchnia kuleczek w polu widzenia Surface area of fat globules in field of view ( $\mu\text{m}^2$ )		Obwód otoczek kuleczek tłuszczowych w polu widzenia Circumference of fat globules in field of view ( $\mu\text{m}$ )		Przebieg średnica kuleczek Mean diameter of fat globules ( $\mu\text{m}$ )		
			$\bar{x}$	SD		$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$
PHF HO	≤120	67	27,81	6,93	4,10	0,72	6,70 <sup>B</sup>	1,66	8,31 <sup>Bb</sup>	1,03	2,65 <sup>Bb</sup>	0,33
	121-200	56	26,00	6,44	4,29	0,55	5,39 <sup>A</sup>	1,14	7,56 <sup>Aa</sup>	0,89	2,41 <sup>Aa</sup>	0,28
	>200	73	20,30	5,41	4,75	0,71	4,71 <sup>A</sup>	1,62	6,98 <sup>A</sup>	1,11	2,22 <sup>A</sup>	0,35
JE	≤120	55	24,35	6,29	4,87	1,09	10,21 <sup>B</sup>	5,11	10,10 <sup>B</sup>	2,66	3,21 <sup>B</sup>	0,85
	121-200	55	21,55	3,96	5,07	0,71	7,84 <sup>A</sup>	3,36	8,85 <sup>A</sup>	1,95	2,82 <sup>A</sup>	0,62
	>200	58	18,34	2,96	5,45	0,74	6,84 <sup>A</sup>	2,55	8,36 <sup>A</sup>	1,58	2,66 <sup>A</sup>	0,50
RP	≤120	78	16,40	3,87	4,15	0,83	8,84 <sup>B</sup>	3,50	9,44 <sup>B</sup>	1,84	3,01 <sup>B</sup>	0,58
	121-200	38	12,85	2,86	4,60	0,56	8,45 <sup>Bb</sup>	3,60	9,29 <sup>Ab</sup>	1,84	2,96 <sup>Ab</sup>	0,61
	>200	69	9,56	4,35	4,55	0,71	7,20 <sup>Aa</sup>	2,20	8,69 <sup>A</sup>	1,40	2,77 <sup>A</sup>	0,44
BG	≤120	71	15,49	7,43	3,82	0,95	6,86 <sup>Bb</sup>	3,01	8,74	2,52	2,78 <sup>Bb</sup>	0,80
	121-200	44	12,32	7,03	4,05	0,57	5,61 <sup>Aa</sup>	3,03	7,92	2,45	2,52 <sup>Aa</sup>	0,78
	>200	74	10,91	5,37	4,46	0,71	4,75 <sup>A</sup>	2,85	7,23	2,07	2,32 <sup>A</sup>	0,65
Łącznie Total	≤120	271	20,87 <sup>B</sup>	8,08	4,21 <sup>A</sup>	0,98	8,09 <sup>C</sup>	3,88	9,11 <sup>C</sup>	2,20	2,90 <sup>C</sup>	0,69
	121-200	193	20,23 <sup>B</sup>	7,80	4,51 <sup>B</sup>	0,71	6,74 <sup>B</sup>	3,20	8,35 <sup>B</sup>	1,95	2,66 <sup>B</sup>	0,62
	>200	274	15,33 <sup>A</sup>	6,56	4,75 <sup>C</sup>	0,82	5,80 <sup>A</sup>	2,60	7,77 <sup>A</sup>	1,73	2,48 <sup>A</sup>	0,55
Wpływ czynnika Influence of the factor	rasa – breed		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	faza laktacji stage of lactation		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	rasa x faza laktacji breed x stage of lactation		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

PHF HO – polska holendersko-fryzyjska odmiana czarno-białej – Polish Black-and-White Holstein-Friesian; JE – jersey – Jersey; RP – polska czerwona – Polish Red; BG – biało-ogrzbieta – White-Backed

A, B, C – różnice istotne przy  $p \leq 0,01$ ; a, b – różnice istotne przy  $p \leq 0,05$ ; \* przy  $p \leq 0,05$ ; \*\* przy  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* przy  $p \leq 0,001$

A, B, C – differences significant at  $p \leq 0,01$ ; a, b – differences significant at  $p \leq 0,05$ ; \* at  $p \leq 0,05$ ; \*\* at  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* at  $p \leq 0,001$

inozytolu, fosfatydyloseryny i sfingomielinu) jest względnie stała. Następnie obserwuje się stopniowe zmniejszenie ich zawartości w mleku, co jest najwyraźniej zaznaczone w dwóch ostatnich miesiącach trwania laktacji. Wtedy też odnotowuje się najmniejsze rozmiary kuleczek. Mesilati-Stahy i Argov-Argaman [9], chcąc ocenić wpływ fazy laktacji na stan dyspersji tłuszczu mlekowego, szacowali proporcję ilości lipidów budujących otoczkę kuleczek do ilości składników budujących jej rdzeń. Zaobserwowali, że w przypadku małych kuleczek, wzajemna proporcja składników budulcowych była najwyższa ok. 150. dnia laktacji. Z kolei w przypadku dużych kuleczek tłuszczowych największa proporcja analizowanych składników przypadała na ok. 100. dzień laktacji. Podobne zależności zaobserwowali również Wiking i wsp. [17]. Podali oni, że przeciętna średnica kuleczek tłuszczowych jest skorelowana z dzienną produkcją tłuszczu. W przypadku zwiększonej produkcji tłuszczu synteza materiału otoczkowego jest ograniczona, co skutkuje wydzielaniem tłuszczu w postaci dużych kuleczek tłuszczowych, jak ma to miejsce w początkowej fazie laktacji.

Wykazano jednoczesny wpływ rasy krów i fazy laktacji na ilość produkowanego mleka, zawartość tłuszczu oraz przeciętną średnicę, obwód i pole powierzchni kuleczek tłuszczowych ( $p \leq 0,05$ ).

Skład chemiczny oraz właściwości fizykochemiczne mleka warunkowane są zarówno czynnikami genetycznymi, jak i środowiskowymi. Najważniejszym czynnikiem pozagenetycznym wpływającym na skład chemiczny i wartość odżywczą mleka jest żywienie, które w warunkach tradycyjnego chowu w znacznej mierze związane jest z sezonem produkcji.

W tabeli 2. przedstawiono wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji uwzględniającej wpływ rasy oraz sezonu produkcji na analizowane parametry mleka. Stwierdzono, że u krów ras wysokowydajnych (PHF HO i JE), u których stosowany był przez cały rok pełnodawkowy, jednolity system żywienia (TMR), sezon produkcji nie miał istotnego wpływu na wydajność dobową. U krów rasy jersey zaobserwowano wyższą ( $p \leq 0,001$ ) zawartość tłuszczu w mleku w sezonie jesienno-zimowym. W przypadku krów ras rodzimych, u których stosowano tradycyjne (sezonowe) żywienie, wykazano natomiast wyższą wydajność dobową w sezonie wiosenno-letnim, kiedy zwierzęta korzystały z pastwiska. Stwierdzono, że surowiec pozyskiwany w sezonie jesienno-zimowym charakteryzował się wyższą zawartością tłuszczu, o istotnie ( $p \leq 0,01$ ) niższym stanie dyspersji. Kuleczki tłuszczowe w mleku pozyskiwanym w tym sezonie (niezależnie od rasy krów) miały istotnie większe rozmiary. Oceniając jednoczesny wpływ rasy krów i sezonu produkcji stwierdzono istotne interakcje dla wydajności dobowej ( $p \leq 0,05$ ), zawartości tłuszczu ( $p \leq 0,01$ ), przeciętnej średnicy kuleczek tłuszczowych, ich obwodu oraz pola powierzchni ( $p \leq 0,001$ ).

Uzyskane zależności korespondują z wynikami innych autorów. Barłowska i Litwińczuk [2] analizując wpływ sezonu produkcji na stan dyspersji tłuszczu mlekowego wykazali, że udział dużych kuleczek tłuszczowych (o średnicy powyżej 10  $\mu\text{m}$ ) był prawie dwukrotnie wyższy w mleku z sezonu zimowego niż letniego (11,93 vs 6,09%). Również Logan i wsp. [6], analizując parametry tłuszczu mlekowego w stadzie holsztyno-fryzów, wskazują na większe rozmiary kuleczek tłuszczowych w mleku pozyskiwanym w sezonie jesiennym.

Ménard i wsp. [8] podają, że rozmiar kuleczek zależy również od intensywności sekrecji tłuszczu, przy czym większe rozmiary kuleczek w mleku bawolim (przeciętna średnica 5  $\mu\text{m}$ ) w porównaniu do krowiego (3,5  $\mu\text{m}$ ) były związane m.in. z wyższą wydajnością tłuszczu (odpowiednio 65-80 vs 40 g/kg). Wielkość kuleczek tłuszczu mleka bezpośrednio związana jest z fizjologią samicy będącej w laktacji. Wydzielanie małych kuleczek tłuszczu

Tabela 2 – Table 2

Stan dyspersji tłuszczu mlekowego krów ocenianych ras z uwzględnieniem sezonu produkcji

Milk fat dispersion in cows of each breed by production season

Rasa Breed	Sezon produkcji Production season	Liczba próbek mleka Number of milk samples	Wydajność Daily milk yield (kg)			Tłuszcz Fat (%)			Powierzchnia kuleczek w polu widzenia Surface area of fat globules in field of view ( $\mu\text{m}^2$ )			Obwód otoczek kuleczek tłuszczowych w polu widzenia Circumference of fat globules in field of view ( $\mu\text{m}$ )			Przeciętna średnica kuleczek Mean diameter of fat globules ( $\mu\text{m}$ )		
			$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	
PHF HO	wiosenno-letni spring/summer	54	23,24	5,56	4,32	0,66	4,91 <sup>A</sup>	2,11	6,94 <sup>A</sup>	1,37	2,21 <sup>A</sup>	0,44					
	jesiennie-zimowy autumn/winter	142	24,43	7,47	4,42	0,74	5,85 <sup>B</sup>	1,49	7,87 <sup>B</sup>	0,96	2,50 <sup>B</sup>	0,31					
JE	wiosenno-letni spring/summer	78	22,07	5,54	4,82 <sup>A</sup>	0,84	6,16 <sup>A</sup>	2,87	7,77 <sup>A</sup>	1,69	2,47 <sup>A</sup>	0,54					
	jesiennie-zimowy autumn/winter	90	20,83	3,80	5,39 <sup>B</sup>	0,92	10,09 <sup>B</sup>	4,03	10,23 <sup>B</sup>	1,97	3,26 <sup>B</sup>	0,63					
RP	wiosenno-letni spring/summer	74	14,53 <sup>B</sup>	4,56	4,33	0,78	7,27 <sup>A</sup>	2,55	8,45 <sup>A</sup>	1,47	2,69 <sup>A</sup>	0,46					
	jesiennie-zimowy autumn/winter	111	10,95 <sup>A</sup>	4,80	4,45	0,59	8,71 <sup>B</sup>	3,42	9,57 <sup>B</sup>	1,74	3,05 <sup>B</sup>	0,55					
BG	wiosenno-letni spring/summer	133	13,78	7,43	4,00	0,64	5,08 <sup>A</sup>	2,61	7,37 <sup>A</sup>	2,50	2,35 <sup>A</sup>	0,79					
	jesiennie-zimowy autumn/winter	56	12,97	6,84	4,12	0,98	7,34 <sup>B</sup>	2,38	9,38 <sup>B</sup>	1,40	2,99 <sup>B</sup>	0,45					
Łącznie Total	wiosenno-letni spring/summer	339	17,38	7,20	4,39 <sup>A</sup>	0,88	5,78 <sup>A</sup>	3,09	7,62 <sup>A</sup>	1,93	2,43 <sup>A</sup>	0,64					
	jesiennie-zimowy autumn/winter	399	18,29	8,44	4,62 <sup>B</sup>	0,90	7,82 <sup>B</sup>	3,41	9,08 <sup>B</sup>	1,79	2,89 <sup>B</sup>	0,57					
Wpływ czynnika Influence of the factor	rasa – breed		***		***		***		***		***						
	sezon – season		**		**		***		***		***						
	rasa x sezon breed x season		*		**		***		***		***						

PHF HO – polska holsztyńska odmiana czarno-białej – Polish Black-and-White Holstein-Friesian; JE – jersey – Jersey; RP – polska czerwona – Polish Red; BG – biało-kręta – White-Backed

A, B – różnice istotne przy  $p \leq 0,01$ ; wpływ czynnika: \* przy  $p \leq 0,05$ ; \*\* przy  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* przy  $p \leq 0,001$ A, B – differences significant at  $p \leq 0,01$ ; influence of the factor: \* at  $p \leq 0,05$ ; \*\* at  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* at  $p \leq 0,001$

czu jest procesem biologicznym, wymagającym produkcji dużej ilości materiału do budowy membrany okrywającej powierzchnię kuleczek tłuszczowych, a tym samym pożądana jest wysoka aktywność syntezy komórek mlekotwórczych. Samice wydzielające tłuszcz w postaci dużych kuleczek charakteryzują się zatem potencjalnie niższą aktywnością metaboliczną komórek mlekotwórczych, w porównaniu do samic wydzielających tłuszcz w postaci kuleczek małych [7].

Podsumowując należy stwierdzić, że faza laktacji w znacznym stopniu różnicuje zawartość i stan dyspersji tłuszczu mlekowego. Wraz z upływem laktacji wzrastała bowiem zawartość tłuszczu i sukcesywnie ( $p \leq 0,01$ ) zmniejszały się przeciętne rozmiary kuleczek tłuszczowych. Sezon produkcji miał istotny wpływ głównie na stan dyspersji tłuszczu. Niezależnie od rasy krów i systemu żywienia był on istotnie mniejszy ( $p \leq 0,01$ ) w sezonie jesienno-zimowym. Można zatem stwierdzić, że mleko pozyskiwane w początkowym okresie laktacji i w sezonie wiosenno-letnim jest produktem spożywczym charakteryzującym się większą strawnością, natomiast pochodzące z końcowego okresu jej trwania i sezonu jesienno-zimowego jest lepszym surowcem do produkcji masła i serów twardych.

## PIŚMIENNICTWO

1. ANTKOWIAK I., PYTLEWSKI J., KUCERA J., 2003 – Effect of some selected factors on somatic cell concentration in milk of Jersey cows. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica* 2, 2, 9-18.
2. BARŁOWSKA J., LITWIŃCZUK Z., 2006 – Technological usefulness of milk from two local breeds maintained in the regions with great grassland share. *Archiv Tierzucht Dummerstorf* 49, special issue, 207-213.
3. BOHDANOWICZ-ZAZULA M., NOWOPOLSKA-SZCZYGLEWSKA A., SYNOWIEC M., PAWELSKA M., 2003 – Zmienność składu i parametrów technologicznych mleka krów żywionych w systemie TMR w zależności od pory roku, okresu laktacji i poziomu wydajności. *Zeszyty Naukowe Przeglądu Hodowlanego* 69, 197-204.
4. GARDZINA-MYTAR E., WĘGLARZ A., FELEŃCZAK A., ORMIAN M., MAKULSKA J., 2007 – Wydajność i skład mleka krów rasy polskiej czerwonej utrzymywanych w stadzie zachowawczym i doskonałym. *Roczniki Naukowe Zootechniki* 34, 2, 3-10.
5. LITWIŃCZUK Z., BARŁOWSKA J., MATWIJCZUK A., SŁOMIANY J., 2016 – Changes in milk yield and quality during lactation in Polish Red and White-Backed cows included in the genetic resources conservation programme in comparison with the Simmental breed. *Annals of Animal Science* 16 (3), 871-887.
6. LOGAN A., AULDIST M., GREENWOOD J., DAY L., 2014 – Natural variation of bovine milk fat globule size within a herd. *Journal of Dairy Science* 97, 4072-4082.
7. LOPEZ CH., 2011 – Milk fat globules enveloped by their biological membrane: Unique colloidal assemblies with a specific composition and structure. *Current Opinion in Colloid & Interface Science* 16, 391-404.
8. MÉNARD O., AHMAD S., ROUSSEAU F., BRIARD-BION V., GAUCHERON F., LOPEZ C., 2010 – Buffalo vs cow milk fat globules: size distribution, zeta-potential, compositions in total fatty acids and in polar lipids from the milk fat globule membrane. *Food Chemistry* 120, 544-551.

9. MESILATI-STAHY R., ARGOV-ARGAMAN N., 2014 – The relationship between size and lipid composition of the bovine milk fat globule is modulated by lactation stage. *Food Chemistry* 145, 562-570.
10. MICHALSKI M.C., CAMIER B., BRIARD V., LECONTE N., GASSI J.Y., GOUDE-DRANCHE H., MICHEL F., FAUQUANT J., 2004 – The size of native milk fat globules affects physic-chemical and functional properties of Emmental cheese. *Le lait* 84, 342-358.
11. MICHALSKI M.C., GASSI J.Y., FAMELARD M.H., LECONTE N., CAMIER B., MICHEL F., BRIARD V., 2003 – The size of native milk fat globules affects physic-chemical and sensory properties of Camembert cheese. *Le lait* 83, 131-143.
12. PISANU S., MAROGNA G., PAGNOZZIA D., PICCININI M., LEO G., TANCAA., ROGGIO A.M., ROGGIO T., UZZAU S., ADDIS M.F., 2013 – Characterization of size and composition of milk fat globules from Sarda and Saanen dairy goats. *Small Ruminant Research* 109, 141-151.
13. REKLEWSKA B., BERNATOWICZ E., 2002 – Bioaktywne składniki frakcji tłuszczowej mleka. *Przeгляд Hodowlany* 11, 1-5.
14. SINGH H., 2006 – The milk fat globule membrane – A biophysical system for food applications. *Current Opinion in Colloid & Interface Science* 11, 154-163.
15. STATSOFT INC., 2003 – STATISTICA (data analysis software system), ver. 6. www.statsoft.com.
16. SUMMER A., FORMAGGIONI P., MALACARNE M., SANDRI S., MARIANI P., 2003 – Composition, Acidity and Rennet-coagulation Properties of Early- and Late-lactation Milks from Italian Friesian Cows. *Veterinary Research Communications* 27, Suppl. 1, 269-272.
17. WIKING L., STAGSTED J., BJORCK L., NIELSEN J.H., 2004 – Milk fat globule size is affected by fat production in dairy cows. *International Dairy Journal* 14, 909-913.

Anna Wolanciuk, Joanna Barłowska, Aneta Brodziak, Barbara Topyła

### Effect of stage of lactation and production season on fat dispersion in the milk of cows of different breeds

#### Summary

The aim of the study was to evaluate the effect of the stage of lactation and production season on fat dispersion in the milk of cows of different breeds. A total of 738 milk samples were analysed, including 196 from Polish Black-and-White Holstein-Friesian cows, 168 from Jersey cows, 185 from Polish Red cows, and 189 from White-Backed cows. Milk samples were collected individually from each cow in two production seasons, i.e. spring/summer (May-July) and autumn/winter (December-March). Three stages of lactation were distinguished:  $\leq 120$  days, 121 to 200 days, and  $> 200$  days. The percentage content of fat and its dispersion (expressed as the mean surface area, circumference and mean diameter of fat globules) were determined. The stage of lactation and the production season (linked to the feeding season) were found to strongly influence the content and dispersion of milk fat. As lactation progressed, the fat content of the milk and its dispersion increased. A significant ( $p \leq 0.01$ ) decrease was noted in the mean diameter and surface area of the fat globules. The fat globules obtained in the initial stage of lactation were the largest ( $\leq 120$  days –  $2.90 \mu\text{m}$ ). The milk produced in the autumn/winter season had higher fat content and the mean size of the fat globules was significantly ( $p \leq 0.01$ ) greater.

**KEY WORDS:** milk fat / dispersion / lactation / production season / cow breed