

BEATA PASZCZYK, MARIA CZERNIEWICZ, WALDEMAR BRANDT

SKŁAD KWASÓW TŁUSZCZOWYCH, ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM ZAWARTOŚCI KWASU *cis9trans11* C18:2 (CLA) ORAZ IZOMERÓW TRANS KWASU C18:1 I C18:2 W MLEKU ORAZ WYPRODUKOWANYCH Z NIEGO KEFIRACH I JOGURTACH

Streszczenie

Przedmiotem badań było porównanie składu kwasów tłuszczowych, ze szczególnym uwzględnieniem zawartości sprzężonego kwasu linolowego (*cis9trans11* C18:2) oraz izomerów *trans* kwasu C18:1 i C18:2, w mleku oraz wyprodukowanych z niego kefirach i jogurtach. Analizie poddano mleko surowe, mleko znormalizowane oraz wyprodukowane z niego kefir i jogurty. Oznaczenia przeprowadzono metodą GC w 100-metrowej kolumnie kapilarnej z fazą CP Sil 88.

Zastosowany w doświadczeniu proces technologiczny produkcji kefirów i jogurtów nie wpłynął na profil kwasów tłuszczowych ocenianych mlecznych napojów fermentowanych. Skład kwasów tłuszczowych tłuszczu kefiru i jogurtu był zbliżony do składu kwasów tłuszczowych tłuszczu mleka. Zawartość sprzężonego kwasu linolowego *cis9trans11* C18:2 (CLA) oraz izomerów *trans* kwasu C18:1 i C18:2 w badanych napojach fermentowanych zależała od ich koncentracji w surowcu, z którego zostały wytworzone.

Słowa kluczowe: jogurt, kefir, kwasy tłuszczowe, izomery trans-kwasów tłuszczowych, CLA

Wprowadzenie

Mleko oraz fermentowane produkty mleczarskie, głównie kefir i jogurty, a także sery, są ważnymi składnikami diety człowieka. Mleczne napoje fermentowane polecane są również osobom o słabej aktywności enzymatycznej układu trawiennego i osobom z zaburzeniami pracy narządów układu trawiennego [26]. Głównym składnikiem energetycznym mleka jest tłuszcz. Tłuszcz mlekowy należy do najbardziej skomplikowanych tłuszczów naturalnych [7]. Dzięki specyficznemu składowi kwasów tłuszczowych jest jednym z najlepiej przyswajalnych tłuszczów jadalnych [12]. Charaktery-

Dr inż. B. Paszczyk, Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności, Pl. Cieszyński 1, 10-726 Olsztyn, dr inż. M. Czerniewicz, mgr inż. W Brandt, Katedra Mleczarstwa i Zarządzania Jakością, ul. Oczapowskiego 7, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, 10-719 Olsztyn.
Kontakt: paszczyk@uwm.edu.pl

styczną cechą tłuszczu mlekowego jest bardzo duże zróżnicowanie składu kwasów tłuszczowych oraz wysoka zawartość krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych. Tłuszcz mlekowy jest bogaty w kwasy nasycone. W skład nienasyconych kwasów tłuszczowych tłuszczu mlekowego wchodzi kwas monoenoowy i polienoowy, które występują głównie w formie *cis*. W mniejszych ilościach spotykane są formy *trans* tych kwasów. W składzie kwasów tłuszczowych tłuszczu mlekowego występują kwasy, którym przypisuje się działanie biologicznie korzystne dla zdrowia człowieka, m.in. kwas masłowy, który charakteryzuje się właściwościami przeciwnowotworowymi, kwas oleinowy wykazujący właściwości przeciwmiażdżycowe, kwas wakcenyowy (*trans*11 C18:1) o właściwościach przeciwnowotworowych i przeciwmiażdżycowych czy kwas linolowy ze sprzężonym układem podwójnych wiązań (CLA) o wielokierunkowym działaniu prozdrowotnym [3, 22, 23, 26]. W grupie sprzężonych dienów tłuszczu mlekowego najbardziej aktywny biologicznie i dominujący jest kwas *cis*9*trans*11 C18:2 – stanowi on od 83 do 93 % wszystkich izomerów CLA [2, 9, 13]. Przypisuje mu się m.in. właściwości przeciwutleniające, antykancerogenne, antyaterogenne i antymutagenne [17, 18, 19, 20, 22].

Ilościowy skład kwasów tłuszczowych tłuszczu mlekowego ulega zmianom pod wpływem różnych czynników, do których należą m.in. sposób żywienia zwierząt, rasa krów i cechy osobnicze, okres laktacji, warunki klimatyczne chowu, stan zdrowia i wiek bydła. Z wymienionych czynników najistotniejszy wpływ wywiera sposób żywienia. W sezonie żywienia krów paszą zieloną tłuszcz mlekowy zawiera znacznie więcej kwasów z grupy C18, w tym głównie kwasu C18:1 oraz znacznie mniej kwasu palmitynowego (C16:0) i mirystynowego (C14:0) niż w sezonie żywienia oborowego [8, 27]. Według Żegarskiej i wsp. [30] sumaryczna zawartość izomerów *trans* kwasu C18:1 w mleku pochodzącym z sezonu letniego kształtowała się w przedziale od 3,57 do 5,37 % w ogólnym składzie kwasów tłuszczowych, w mleku pozyskiwanym zimą w przedziale od 1,26 do 1,84 %. Udział kwasu *cis*9*trans*11 C18:2 (CLA) w tłuszczu mlekowym z okresu letniego kształtował się na poziomie od 1,06 do 1,76 %, przy średniej 1,40 % ogólnego składu kwasów tłuszczowych, a w tłuszczu mlekowym z okresu zimowego od 0,29 do 0,61 % (średnia 0,40 %).

Mleko i jego przetwory są bogatym źródłem kwasu *cis*9*trans*11 C18:2 w diecie człowieka. Na poziom CLA w produktach mleczarskich, tj. serach czy napojach fermentowanych, poza dietą zwierzęcia, a więc koncentracją CLA w surowcu, mogą wpływać także warunki panujące podczas prowadzenia procesów technologicznych oraz aktywność dodawanych kultur bakterii fermentacji mlekowej [1, 4, 10, 11, 14, 15, 24, 25].

Celem pracy było porównanie składu kwasów tłuszczowych, ze szczególnym uwzględnieniem zawartości sprzężonego kwasu linolowego (*cis*9*trans*11 C18:2) oraz

izomerów *trans* kwasu C18:1 i C18:2 w mleku oraz wyprodukowanych z niego kefirach i jogurtach.

Material i metody badań

Material doświadczalny stanowiło surowe mleko zbiorcze, znormalizowane mleko spasteryzowane, przygotowane do produkcji napojów fermentowanych oraz produkty finalne – kefir i jogurt. Napoje fermentowane zostały wyprodukowane w skali półtechnicznej w Centrum Edukacyjno-Badawczym Wydziału Nauki o Żywności Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Surowcem do ich produkcji było mleko zbiorcze, pochodzące z rejonu Olsztyna, dostarczone cysterną do hali technologicznej w kwietniu 2012 roku. Kefiry i jogurty produkowano metodą termostatową. Do produkcji jogurtu stosowano kulturę starterową firmy Chr. Hansen YC-X11 Yo-flex, zawierającą termofilne bakterie *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* oraz *Streptococcus thermophilus*. Z kolei do produkcji kefiru wykorzystano kulturę starterową firmy Danisco Kefir D, zawierającą grzybki kefirowe, będące zoogleą bakterii fermentacji mlekowej i drożdży.

Proces produkcyjny mlecznych napojów fermentowanych przebiegał zgodnie z poniżej opisanymi czynnościami technologicznymi. Po przyjęciu mleka surowego, ochładzano je do temp. 6 °C i magazynowano przez 4 h, a następnie po ogrzaniu do temp. 45 °C poddawano wirowaniu i odgazowaniu (80·10³ Pa; 60 °C) oraz pasteryzacji HTST (72 °C/15 s), po czym chłodzono do temp. 6 °C i składowano w tych warunkach 24 h. Mleko do produkcji jogurtu normalizowano do zawartości tłuszczu około 2 % (dodatek śmietanki spasteryzowanej) oraz do 15 % suchej masy (dodatek odtłuszczonego mleka w proszku – blender, temp. 55 °C, 1 h). Mleko przeznaczone do produkcji kefiru normalizowano do zawartości tłuszczu ok. 2 % (dodatek śmietanki spasteryzowanej). Znormalizowane mleko poddawano homogenizacji dwustopniowej (18/5 MPa, temp. 65 °C) i długotrwałej pasteryzacji VHT (90 °C/5 min), a po ochłodzeniu do odpowiedniej temperatury (jogurt do 45 °C; kefir do 22 °C) – zaszczepiano. Po napełnieniu opakowań jednostkowych (kubeczki z PP o obj. 0,5 dm³ zamykane wieczkiem aluminiowym za pomocą półautomatycznej zgrzewarki) prowadzono dojrzewanie w termostatach – jogurt w temp. 43,5 °C przez około 4,5 h, kefir w temp. 21 °C przez około 12 h – do osiągnięcia przez produkt pH równego 4,65. Następnie napoje chłodzono i analizowano. Wyprodukowano dwie partie kefiru i jedną jogurtu, każda po 80 dm³. Z każdej partii produkcyjnej pobierano po dwie próbki do badań analitycznych. Wszystkie oznaczenia wykonywano w dwóch równoległych powtórzeniach.

Tłuszcz z mleka oraz badanych jogurtów i kefirów wydzielano za pomocą metody Röse-Gottlieba [21]. Estry metylowe kwasów tłuszczowych przygotowano według metody IDF, stosując metanolowy roztwór KOH [6]. Rozdzielanie estrów metylowych kwasów tłuszczowych wydzielonego tłuszczu prowadzono metodą chromatografii

gazowej (GC), przy użyciu chromatografu gazowego firmy HP 6890 z detektorem płomieniowo jonizacyjnym, kolumną kapilarną (producent Chrompack) dł. 100 m, $\varnothing = 0,25$ mm, grubość filmu 0,20 μm , faza stacjonarna CP Sil 88. Oznaczenia prowadzono w następujących warunkach: temp. kolumny 60 °C (1 min) – 180 °C, $\Delta t = 5$ °C/min, temp. detektora i dozownika odpowiednio 250 °C i 225 °C, gaz nośny: hel, przepływ 1,5 cm^3/min , split: 50 : 1.

Identyfikację pików kwasów tłuszczowych i izomerów *trans* kwasów tłuszczowych prowadzono przez porównanie z czasem retencji wzorców estrów metylowych kwasów tłuszczowych firmy Sigma i Supelco oraz na podstawie danych literaturowych. Obliczenia statystyczne wykonano w programie Statistica PL, ver. 10.

Wyniki i dyskusja

Ogólny skład kwasów tłuszczowych tłuszczu wydzielonego z mleka surowego i znormalizowanego oraz wyprodukowanych z niego kefirów i jogurtów przedstawiono w tab. 1. Obok zawartości poszczególnych oznaczonych kwasów tłuszczowych przedstawiono sumaryczną zawartość wybranych grup kwasów tłuszczowych (lotnych od C4 do C10), wyższych nasyconych, monoenowych i polienowych).

W tłuszczu wydzielonym z mleka oraz z jogurtów i kefirów w największej ilości występowały nasycone kwasy tłuszczowe. W mleku surowym sumaryczna zawartość tych kwasów wynosiła 63,51 % ogólnego składu kwasów tłuszczowych. Zbliżone ilości nasyconych kwasów tłuszczowych stwierdzono w mleku znormalizowanym (63,19 %), przygotowanym do produkcji kefirów, w mleku znormalizowanym (63,86 %), przygotowanym do produkcji jogurtów oraz w tłuszczu wydzielonym z jogurtów (63,53 %) – w ogólnym składzie kwasów tłuszczowych. Tłuszcz wydzielony z kefirów charakteryzował się istotnie niższym ($p \leq 0,05$) udziałem kwasów nasyconych, wynoszącym 62,57 % ogólnego składu kwasów tłuszczowych (tab. 1). W tej grupie kwasów tłuszczowych zarówno w tłuszczu mleka, jak i w tłuszczu wydzielonym z objętych badaniami mlecznych napojów fermentowanych występowały: kwas palmitynowy (C16:0) i stearynowy (C18:0). Kwas palmitynowy w mleku oraz jogurtach stanowił ponad 34 % ogólnego składu kwasów tłuszczowych. Nieznacznie mniejszą zawartość tego kwasu stwierdzono w kefirach (33,80 %). Kwas stearynowy w mleku surowym występował w ilości 9,34 % ogólnego składu kwasów tłuszczowych. W mleku znormalizowanym oraz jogurtach i kefirach udział tego kwasu był niższy (tab. 1). Zawartość lotnych kwasów tłuszczowych w tłuszczu wydzielonym z mleka surowego była na poziomie 9,92 % ogólnego składu kwasów tłuszczowych. W mleku znormalizowanym przygotowanym do produkcji kefirów lotne kwasy tłuszczowe stanowiły 9,84 % ogólnego składu kwasów tłuszczowych, a w mleku znormalizowanym przygotowanym do produkcji jogurtów – 10,48 %. Istotnie większe ilości tych kwasów niż w mleku stwierdzono w kefirach i jogurtach. W tłuszczu wydzielonym z kefirów

łączna ilość lotnych kwasów tłuszczowych wynosiła 10,72 %, a w tłuszczu pozyskanym z jogurtów 10,76 % ogólnego składu kwasów tłuszczowych (tab. 1). Sumaryczna zawartość monoenowych oraz polienowych kwasów tłuszczowych w tłuszczu wydzielonym z mleka i z jogurtów czy kefirów była na zbliżonym poziomie. Monoenowe kwasy tłuszczowe w tłuszczu mleka oraz wyprodukowanych z niego jogurtów czy kefirów stanowiły ponad 23 % ogólnego składu kwasów tłuszczowych. Łączna zawartość polienowych kwasów tłuszczowych w tłuszczu mleka i tłuszczu wydzielonym z mlecznych napojów fermentowanych ulegała niewielkim wahaniom (tab. 1).

W badaniach szczególną uwagę zwrócono na zawartość sprzężonego kwasu linolowego oraz izomerów *trans* kwasu C18:1 i C18:2 w mleku oraz w kefirach i jogurtach. Udział kwasu *cis9trans11* C18:2 (CLA) oraz izomerów *trans* kwasu C18:1 i C18:2 w tłuszczu wydzielonym z mleka surowego, mleka znormalizowanego oraz wyprodukowanych z niego kefirów i jogurtów przedstawiono w tab. 2.

Zawartość sprzężonego kwasu linolowego (*cis9trans11*) C18:2 w tłuszczu wydzielonym z mleka surowego oraz mleka znormalizowanego wynosiła 0,28 % w ogólnym składzie kwasów tłuszczowych. Udział tego kwasu w tłuszczu wydzielonym z badanych kefirów i jogurtów był na tym samym poziomie (tab. 1 i 2). Według badań Żegarskiej i wsp. [29] zawartość sprzężonego kwasu linolowego w mleku pozyskiwanym zimą kształtowała się w przedziale od 0,22 do 0,44 % w ogólnym składzie kwasów tłuszczowych. Z badań opublikowanych przez Żegarską i wsp. [30] w 2006 roku wynika, że poziom CLA w mleku kształtował się w przedziale od 0,30 do 0,52 % w ogólnym składzie kwasów tłuszczowych. Z kolei Lipiński i wsp. [16] podają, że udział tego kwasu w tłuszczu mlekowym pochodzącym z kwietnia wynosił 0,38 % w ogólnym składzie kwasów tłuszczowych.

Analiza składu kwasów tłuszczowych handlowych napojów fermentowanych przeprowadzona przez Żegarską i wsp. [28] wykazała, że zawartość sprzężonego kwasu linolowego w próbkach kefiru i jogurtu jest zróżnicowana i zależy od okresu roku, z jakiego one pochodzą. W kefirach i jogurtach zakupionych w styczniu i lutym zawartość CLA była mniejsza (kefiry zawierały od 0,39 % do 0,52 %, jogurty od 0,37 % do 0,49 % CLA w ogólnym składzie kwasów tłuszczowych). Fermentowane produkty mleczarskie badane przez wymienionych autorów w czerwcu i lipcu charakteryzowały się większą zawartością CLA (odpowiednio kefiru od 0,55 do 0,86 %, a jogurty od 0,66 do 0,80 %). Wyższy poziom sprzężonego kwasu linolowego w jogurtach stwierdzili Fritsche i Steinhart [5]. W badanych przez autorów jogurtach średnia zawartość CLA wynosiła 0,69 %, a w jogurtach probiotycznych 1,05 % w ogólnym składzie kwasów tłuszczowych. Autorzy badali produkty znajdujące się na rynku w okresie od kwietnia do grudnia i nie podali, z jakich miesięcy pochodziły jogurty.

Tabela 1. Skład kwasów tłuszczowych tłuszczu mleka oraz wyprodukowanych z niego kefirów i jogurtów [% sumy kwasów tłuszczowych].
 Table 1. Composition of fatty acids in fat of milk and kefirs and yoghurts produced from it [% of total fatty acids].

Lp.	Kwas tłuszczowy Fatty acid $\bar{x} \pm s / SD$	Mleko surowe Raw milk $\bar{x} \pm s / SD$	Mleko normalizowane do produkcji kefirów Normalized milk to produce kefirs $\bar{x} \pm s / SD$	Kefir Kefir $\bar{x} \pm s / SD$	Mleko normalizowane do produkcji jogurtów Normalized milk to produce yoghurts $\bar{x} \pm s / SD$	Jogurt Yoghurt $\bar{x} \pm s / SD$
1	C4:0	3,06 ± 0,39	3,01 ± 0,07	3,61 ± 0,17	3,39 ± 0,08	3,47 ± 0,27
2	C6:0	2,21 ± 0,16	2,20 ± 0,05	2,39 ± 0,28	2,32 ± 0,03	2,40 ± 0,18
3	C8:0	1,42 ± 0,06	1,40 ± 0,04	1,46 ± 0,77	1,45 ± 0,01	1,50 ± 0,11
4	C10:0	3,24 ± 0,11	3,23 ± 0,14	3,27 ± 1,04	3,32 ± 0,00	3,39 ± 0,23
5	C10:1	0,29 ± 0,02	0,30 ± 0,02	0,31 ± 0,09	0,32 ± 0,01	0,32 ± 0,22
6	C11:0	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,06 ± 1,41	0,06 ± 0,00	0,06 ± 0,01
7	C12:0	3,74 ± 0,13	3,73 ± 0,19	3,70 ± 1,31	3,86 ± 0,05	3,92 ± 0,23
8	C12:1	0,06 ± 0,03	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,02	0,10 ± 0,01	0,06 ± 0,03
9	C13:0 iso	0,14 ± 0,07	0,10 ± 0,01	0,09 ± 0,04	0,20 ± 0,01	0,15 ± 0,05
10	C13:0	0,13 ± 0,03	0,18 ± 0,01	0,18 ± 0,03	0,11 ± 0,01	0,16 ± 0,06
11	C14:0 iso	0,08 ± 0,03	0,11 ± 0,01	0,11 ± 0,02	0,06 ± 0,01	0,08 ± 0,03
12	C14:0	11,92 ± 0,20	11,90 ± 0,33	11,80 ± 0,46	12,16 ± 0,10	12,24 ± 0,37
13	C15:0 iso	0,23 ± 0,00	0,24 ± 0,01	0,23 ± 0,01	0,24 ± 0,01	0,24 ± 0,00
14	C15:0 aiso	0,44 ± 0,01	0,43 ± 0,01	0,43 ± 0,01	0,45 ± 0,01	0,44 ± 0,01
15	C14:1	0,91 ± 0,07	0,93 ± 0,05	0,94 ± 0,06	0,98 ± 0,01	0,99 ± 0,03
16	C15:0	1,03 ± 0,04	1,03 ± 0,04	1,02 ± 0,05	1,09 ± 0,01	1,08 ± 0,02
17	C16:0 iso	0,30 ± 0,00	0,29 ± 0,01	0,29 ± 0,01	0,29 ± 0,01	0,29 ± 0,02
18	C16:0	34,26 ± 0,44	34,11 ± 0,47	33,80 ± 0,55	34,65 ± 0,06	34,25 ± 0,35
19	C17:0 iso	0,52 ± 0,10	0,48 ± 0,01	0,36 ± 0,01	0,52 ± 0,02	0,48 ± 0,09
20	C17:0 aiso	0,39 ± 0,10	0,35 ± 0,14	0,37 ± 0,07	0,34 ± 0,00	0,29 ± 0,08
21	C16:1	1,76 ± 0,12	1,79 ± 0,08	1,81 ± 0,79	1,86 ± 0,01	1,93 ± 0,18
22	C17:0	0,67 ± 0,02	0,67 ± 0,02	0,66 ± 0,54	0,66 ± 0,00	0,66 ± 0,02
23	C17:1	0,25 ± 0,01	0,24 ± 0,02	0,24 ± 0,20	0,23 ± 0,00	0,23 ± 0,02
24	C18:0	9,34 ± 0,32	9,25 ± 0,36	9,19 ± 0,45	8,92 ± 0,00	8,92 ± 0,39

25	t6 - t9 C18:1	0,34 ± 0,09	0,30 ± 0,02	0,29 ± 0,02	0,27 ± 0,01	0,27 ± 0,02
26	t10 + t11 C18:1	0,81 ± 0,05	0,79 ± 0,04	0,78 ± 0,05	0,76 ± 0,01	0,75 ± 0,04
27	t12 C18:1	0,17 ± 0,01	0,17 ± 0,01	0,16 ± 0,02	0,16 ± 0,01	0,15 ± 0,01
28	c9 C18:1	17,93 ± 0,61	17,96 ± 0,67	17,80 ± 0,82	17,42 ± 0,02	17,36 ± 0,69
29	c11 C18:1	0,65 ± 0,03	0,66 ± 0,02	0,65 ± 0,03	0,65 ± 0,02	0,64 ± 0,03
30	c12 C18:1	0,18 ± 0,03	0,22 ± 0,02	0,20 ± 0,02	0,19 ± 0,01	0,19 ± 0,01
31	c13 C18:1	0,08 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,08 ± 0,02	0,07 ± 0,01	0,08 ± 0,01
32	t16 C18:1	0,23 ± 0,02	0,25 ± 0,01	0,23 ± 0,03	0,22 ± 0,01	0,21 ± 0,01
33	19:0	0,15 ± 0,01	0,15 ± 0,01	0,14 ± 0,01	0,13 ± 0,03	0,13 ± 0,01
34	c9 t13 C18:2	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,03	0,11 ± 0,02	0,10 ± 0,00	0,11 ± 0,02
36	c9 t12 C18:2	0,24 ± 0,01	0,22 ± 0,02	0,23 ± 0,01	0,22 ± 0,00	0,23 ± 0,00
37	t9 c12 C18:2	0,06 ± 0,08	0,07 ± 0,04	0,09 ± 0,03	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01
38	t11 c15 C18:2	0,03 ± 0,05	0,05 ± 0,02	0,04 ± 0,02	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,01
39	c9 c12 C18:2	1,35 ± 0,08	1,37 ± 0,03	1,39 ± 0,05	1,36 ± 0,01	1,39 ± 0,05
40	C20:0	0,15 ± 0,01	0,16 ± 0,01	0,14 ± 0,01	0,16 ± 0,01	0,15 ± 0,01
41	C20:1	0,10 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,12 ± 0,02
42	C18:3	0,35 ± 0,03	0,34 ± 0,01	0,34 ± 0,02	0,36 ± 0,01	0,36 ± 0,02
43	C18:2 (CLA)	0,28 ± 0,02	0,28 ± 0,00	0,28 ± 0,02	0,28 ± 0,00	0,28 ± 0,01
44	Σ lotne Σ volatile	9,92 ± 0,13^a	9,84 ± 0,06^a	10,72 ± 0,35^b	10,48 ± 0,12^{a,b}	10,76 ± 0,78^b
45	Σ nasycone Σ saturated	63,51 ± 0,45^{a,b}	63,19 ± 0,57^{a,b}	62,57 ± 0,39^c	63,86 ± 0,16^b	63,53 ± 0,03^{a,b}
46	Σ monoenoic Σ monoenoic	23,76 ± 0,11^a	23,81 ± 0,67^a	23,62 ± 0,60^a	23,28 ± 0,04^a	23,28 ± 0,43^a
47	Σ polienowe Σ polienoic	2,40 ± 0,03^a	2,43 ± 0,09^a	2,36 ± 0,11^a	2,41 ± 0,02^a	2,47 ± 0,10^a

Objaśnienia: / Explanatory notes:

$\bar{x} \pm s$ / SD – wartość średnia ± odchylenie standardowe / mean value ± standard deviation; wartości oznaczone w wierszach tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie ($p > 0,05$) / values in the rows and denoted by the same letter do not differ statistically significantly ($p > 0,05$).

Tabela 2. Zawartość CLA oraz izomerów *trans* kwasu C18:1 i C18:2 w tłuszczu mlekowym i wyprodukowanych kefirach i jogurtach [% sumy kwasów tłuszczowych].Table 2. Content of CLA and *trans* C18:1 and C18:2 isomers in milk fat and in kefir and yogurts produced [% of total fatty acids].

Izomery <i>trans</i> <i>Trans</i> Isomers	Mleko surowe Raw milk $\bar{x} \pm s / SD$	Mleko normalizowane do produkcji kefirów Normalized milk to produce kefir $\bar{x} \pm s / SD$	Kefir Kefir $\bar{x} \pm s / SD$	Mleko normalizowane do produkcji jogurtów Normalized milk to produce yoghurt $\bar{x} \pm s / SD$	Jogurt Yoghurt $\bar{x} \pm s / SD$
<i>cis</i> ⁹ <i>trans</i> ¹¹ C18:2(CLA)	0,28 ± 0,02 ^a	0,28 ± 0,00 ^a	0,28 ± 0,02 ^a	0,28 ± 0,00 ^a	0,28 ± 0,01 ^a
<i>t</i> ₆ - <i>t</i> ₉	0,34 ± 0,09 ^b	0,30 ± 0,02 ^{a,b}	0,29 ± 0,02 ^{a,b}	0,27 ± 0,01 ^a	0,27 ± 0,02 ^a
<i>t</i> ₁₀ + <i>t</i> ₁₁	0,71 ± 0,02 ^b	0,79 ± 0,04 ^a	0,78 ± 0,05 ^a	0,76 ± 0,01 ^{a,b}	0,75 ± 0,04 ^{a,b}
<i>t</i> ₁₂ C18:1	0,17 ± 0,01 ^a	0,17 ± 0,01 ^a	0,16 ± 0,01 ^a	0,16 ± 0,01 ^a	0,15 ± 0,01 ^a
<i>t</i> ₁₆ C18:1	0,23 ± 0,02 ^a	0,25 ± 0,01 ^a	0,23 ± 0,03 ^a	0,22 ± 0,01 ^a	0,21 ± 0,01 ^a
Σ <i>trans</i> C18:1	1,45 ± 0,09 ^a	1,51 ± 0,06 ^a	1,46 ± 0,11 ^a	1,41 ± 0,01 ^a	1,38 ± 0,07 ^a
<i>c</i> ₉ <i>t</i> ₁₃	0,10 ± 0,01 ^a	0,10 ± 0,03 ^a	0,11 ± 0,02 ^a	0,10 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,02 ^a
<i>c</i> ₉ <i>t</i> ₁₂	0,24 ± 0,01 ^a	0,22 ± 0,02 ^a	0,23 ± 0,01 ^a	0,22 ± 0,00 ^a	0,23 ± 0,01 ^a
<i>t</i> ₉ <i>c</i> ₁₂	0,06 ± 0,03 ^a	0,07 ± 0,04 ^a	0,09 ± 0,03 ^a	0,06 ± 0,01 ^a	0,06 ± 0,01 ^a
<i>t</i> ₁₁ <i>c</i> ₁₅	0,03 ± 0,02 ^a	0,05 ± 0,02 ^a	0,04 ± 0,02 ^a	0,04 ± 0,01 ^a	0,04 ± 0,01 ^a
Σ <i>trans</i> C18:2	0,43 ± 0,04 ^a	0,44 ± 0,07 ^a	0,46 ± 0,07 ^a	0,42 ± 0,01 ^a	0,44 ± 0,03 ^a

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Sumaryczna zawartość izomerów *trans* kwasu C18:1 w mleku surowym wynosiła 1,45 % i nie różniła się istotnie od sumarycznej zawartości tych izomerów w mleku znormalizowanym oraz w objętych badaniem mlecznych napojach fermentowanych (tab. 2). W mleku znormalizowanym przygotowanym do produkcji kefirów udział izomerów *trans* kwasu C18:1 wynosił 1,51 %, a w mleku przygotowanym do produkcji jogurtów – 1,41 % ogólnego składu kwasów tłuszczowych. Zbliżony poziom tych izomerów w mleku pochodzącym z okresu zimowego stwierdzili Żegarska i wsp. [30]. Łączna zawartość izomerów *trans* kwasu C18:1 w tłuszczu mlekowym pochodzącym z okresu żywienia oborowego badanym przez tych autorów była w przedziale od 1,26 do 1,84 %, przy średniej 1,43 %.

W tłuszczu wydzielonym z kefirów i jogurtów sumaryczna zawartość izomerów *trans* kwasu C18:1 była nieznacznie mniejsza niż w mleku użytym do ich produkcji. W tłuszczu kefirów poziom tych izomerów wynosił 1,46 %, a w tłuszczu wydzielonym z jogurtów – 1,38 % ogólnego składu kwasów tłuszczowych (tab. 2).

W grupie izomerów *trans* kwasu C18 : 1 zarówno w mleku, jak i wyprodukowanych z niego kefirach i jogurtach, w największej ilości występowały izomery *trans* 10 + *trans* 11 C18 : 1. Udział sumy tych izomerów w ogólnym składzie kwasów tłuszczowych mleka surowego wynosił 0,71 %. Zawartość sumy tych izomerów w mleku znormalizowanym przygotowanym do produkcji jogurtów oraz w wyprodukowanych jogurtach była zbliżona do poziomu stwierdzonego w mleku surowym (tab. 1 i 2). Istotnie większą zawartość tych izomerów niż w mleku surowym stwierdzono w mleku znormalizowanym, przygotowanym do produkcji kefirów oraz w wyprodukowanych kefirach (tab. 2).

Sumaryczna zawartość oznaczonych izomerów *trans* kwasu C18:2 w mleku surowym, w mleku znormalizowanym oraz w wyprodukowanych kefirach i jogurtach kształtowała się na zbliżonym poziomie (tab. 2). W tłuszczu wydzielonym z mleka surowego zawartość sumy tych izomerów wynosiła 0,43 %, w mleku znormalizowanym przygotowanym do produkcji kefirów – 0,44 %, a w mleku znormalizowanym do produkcji jogurtu – 0,42 % ogólnego składu kwasów tłuszczowych. W tłuszczu badanych kefirów izomery *trans* kwasu C18 : 2 stanowiły 0,46 %, a w tłuszczu jogurtów 0,44 % ogólnego składu kwasów tłuszczowych.

Żegarska i wsp. [30] po przebadaniu mleka z okresu zimowego stwierdzili zbliżone zawartości izomerów *trans* kwasu C18 : 2. Zawierało ono od 0,29 do 0,61 % sumy tych izomerów. Podobnie udział izomerów *trans* kwasu C18 : 2 w handlowych kefirach i jogurtach zakupionych zimą, badanych przez Żegarską i wsp. [28], był na zbliżonym poziomie. W tłuszczu wydzielonym z jogurtów poziom izomerów *trans* kwasu C18 : 2 kształtował się w przedziale od 0,38 do 0,51 % (średnia 0,47 %), a w tłuszczu wydzielonym z kefirów: od 0,39 do 0,52 % (średnio 0,47 %). Większe zawartości tych izomerów wymienieni autorzy oznaczyli w mlecznych napojach fermentowanych zakupionych w czerwcu i lipcu. W tłuszczu wydzielonym z kefirów izomery *trans* kwasu C18 : 2 stanowiły średnio 0,74 %, a w tłuszczu wydzielonym z jogurtów – 0,72 % w ogólnym składzie kwasów tłuszczowych.

Wnioski

1. Skład kwasów tłuszczowych tłuszczu kefiru i jogurtu był zbliżony do składu kwasów tłuszczowych w mleku stanowiącym surowiec do ich produkcji.
2. Zawartość sprzężonego kwasu linolowego *cis9trans11* C18:2 (CLA) oraz izomerów *trans* kwasu C18 : 1 i C18 : 2 w badanych kefirach i jogurtach zależała od zawartości tych izomerów w surowcu, z którego zostały one wytworzone.

Literatura

- [1] Bzducha-Wróbel A., Obiedziński M.: Zmiany zawartości CLA w składzie serów modelowych z dodatkiem *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* i *Lactobacillus acidophilus*. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2009, **XLII**, **3**, 241-246.
- [2] Chin S.F., Liu W., Storkson J.M., Ha Y.L., Pariza M.W.: Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *J. Food Compos. Anal.*, 1992, **5**, 185-197.
- [3] Cichosz G.: Prozdrowotne właściwości tłuszczu mlekowego. *Przegl. Mlecz.*, 2007, **5**, 4-8.
- [4] Domagała J., Sady M., Najgebauer-Lejko D., Czernicka M., Witeska I.: The content of conjugated linoleic acid (CLA) in cream fermented using different starter cultures. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 2009, **25** (5-6), 745-751.
- [5] Fritsche J., Steinhart H.: Amounts of conjugated linoleic acid (CLA) in German foods and evaluation of daily intake, *Z. Lebensm.Unters.Forsch. A.*, 1998, **206**, 77-82.
- [6] IDF standard 182:1999. Milkfat: Preparation of fatty acid methyl esters.
- [7] Jaworski J.: Skład tłuszczu mlekowego – uwarunkowania środowiskowe. *Konf. Nauk. „Tuszcz mlekowy w żywieniu człowieka”*. ART. Olsztyn. 22-23 września 1995, ss. 5-20.
- [8] Jaworski J.: Studia porównawcze składu kwasów tłuszczowych tłuszczu mlekowego. *Zesz. Nauk. ART. Olszt. Technol. Żyw.*, 1978, **13**, 135-141.
- [9] Jiang J., Björck L., Fondén R.: Conjugated linoleic acid in Swedish dairy products with special reference to the manufacture of hard cheeses. *Int. Dairy J.*, 1997, **7**, 863-867.
- [10] Jiang J., Björck L., Fondén R.: Production of conjugated linoleic acid by dairy starter cultures. *J. Appl. Microbiol.*, 1998, **85**, 98-102.
- [11] Kim Y.J., Liu R.H.: Increase of conjugated linoleic acid content in milk by fermentation with lactic acid bacteria. *J. Food Sci.*, 2002, **67**, **5**, 1731-1737.
- [12] Kozikowski W., Przybyłowicz K.: Wartość żywieniowa składników mleka krowiego. *Przegl. Mlecz.* 1994, **10**, 256-261.
- [13] Lin H., Boylston T.D., Chang M.J., Luedecke L.D., Shultz T.D.: Survey of the CLA contents of dairy products. *J. Dairy Sci.*, 1995, **78**, 2358-2365.
- [14] Lin H., Boylston T.D., Luedecke L.D., Shultz T.D.: Factors affecting the conjugated linoleic acid content of Cheddar cheese. *J. Agric. Food Chem.*, 1998, **46**, **3**, 801-807.
- [15] Lin T.Y.: Influence of lactic cultures, linoleic acid and fructo-oligosaccharides on conjugated linoleic acid concentration in non-fat set jogurt. *Aust. J. Dairy Technol.*, 2003, **58**, **1**, 11-14.
- [16] Lipiński K., Stasiewicz M., Rafałowski R., Kaliniewicz J., Purwin C.: Wpływ sezonu produkcji mleka na profil kwasów tłuszczowych tłuszczu mlekowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, **1** (80), 72-80.
- [17] Molkenin J.: Bioactive lipids naturally occurring in bovine milk. *Nahrung*, 1999, **43** (3), 185- 189.
- [18] Pariza M.W.: CLA, a new cancer inhibitor in dairy products. *Bull. IDF*, 1991, **257**, 29-30.
- [19] Parodi P.W.: Conjugated linoleic acid: an anticarcinogenic fatty acid present in milk fat. *Aust. J. Dairy Technol.*, 1994, **49**, 93-97.
- [20] Parodi P.W.: Cow's milk fat components as potential anticarcinogenic agents. *J. Nutr.*, 1997, 1055-1059.
- [21] PN-75/A-/86130 Mleko i przetwory mleczarskie. Napoje mleczne.
- [22] Przybojewska B., Rafalski H.: Kwasy tłuszczowe występujące w mleku a zdrowie człowieka. Sprzężony kwas linolowy (CLA). *Przegl. Mlecz.*, 2003, **5**, 173-175.
- [23] Przybojewska B., Rafalski H.: Kwasy tłuszczowe występujące w mleku a zdrowie człowieka (cz. 5). Skład izomerów pozycyjnych i geometrycznych nienasyconych kwasów tłuszczowych występujących w tłuszczu mlekowym. *Przegl. Mlecz.*, 2004, **1**, 30-34.

- [24] Shantha N.C., Decker E.A., Ustunol Z.: Conjugated linoleic acid concentration in processed cheese. J. Am. Oil Chem. Soc., 1992, **69**, **5**, 425-428.
- [25] Sieber R., Collomb M., Aeschlimann A., Jelen P., Eyer H.: Impact of microbial cultures on conjugated linoleic acid in dairy products – a review. Int. Dairy J., 2004, **14**, 1-15.
- [26] Żebrowska A., Bonczar G., Molik E.: Właściwości prozdrowotne tłuszczu mlekowego. Wiad. Zootech., R. XLVII, 2009, **2**, 19-23.
- [27] Żegarska Z.: Badania zależności między składem chemicznym a właściwościami fizycznymi tłuszczu mlekowego. Acta Acad. Agricult. Techn. Olszt. Technol. Aliment., 1988, 22 Sup. D: 1-46.
- [28] Żegarska Z., Paszczyk B., Borejszo Z.: Conjugated linoleic acid (CLA) and *trans* C18:1 and C18:2 isomers in fat of some commercial dairy products. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2008, **23** (**1**), 248-256.
- [29] Żegarska Z., Paszczyk B., Borejszo Z.: *Trans* fatty acids in milk fat. Pol. J. Food Nutr. Sci., 1996, **3**, 89-97.
- [30] Żegarska Z., Paszczyk B., Rafałowski R., Borejszo Z.: Annual changes in the content of unsaturated fatty acids with 18 carbon atoms, including *cis9trans11* C18:2 (CLA) acid, in milk fat. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2006, **15/56** (**4**), 41-46.

FATTY ACID COMPOSITION, WITH PARTICULAR FOCUS ON CONTENT OF *cis9trans11* C18:2 ACID (CLA) AND *TRANS* ISOMERS OF C18:1 I C18:2 ACID, IN MILK AND KEFIRS & YOGHURTS PRODUCED FROM IT

S u m m a r y

The objective of the research study was to compare the composition of fatty acids, with particular focus on the content of conjugated linoleic acid (*cis9trans11* C18: 2) acid and *trans* C18:1 and C18:2, in milk as well as in kefir and yoghurts produced from it. The analysis performed comprised raw milk, normalized milk as well as kefir and yoghurts produced from it. A fatty acid profile was determined by a GC method using a 100-m capillary column with a CP Sil 88 phase.

The technological process of producing kefir and yogurt as applied to this experiment did not affect the profile of fatty acids in the fermented milk drinks under analysis. The composition of fatty acids in kefir and yoghurt was similar to the composition of fatty acids in milk fat. In the fermented drinks examined, the content of conjugated linoleic acid *cis9trans11* C18:2 (CLA) and *trans* isomers of C18:1 and C18:2 depended on their concentration in the raw material they were made of.

Key words: yoghurt, kefir, fatty acids, trans isomers – fatty acids, CLA ☒