

ROMUALDA DANKÓW<sup>1</sup>, JOANNA TEICHERT<sup>1</sup>, JAN PIKUL<sup>1</sup>, NATALIA OSTEN-SACKEN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katedra Technologii Mleczarstwa

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

<sup>2</sup>Narodowe Muzeum Historii Naturalnej w Luksemburgu

## WPLYW WARUNKÓW PRZECHOWYWANIA NA ZAWARTOŚĆ KWASÓW TŁUSZCZOWYCH W LIOFILIZATACH MLEKA KLACZY\*

EFFECT OF STORAGE CONDITIONS ON FATTY ACIDS CONTENTS  
OF MARE MILK LYOPHILISATES

**Streszczenie.** Mleko klaczy różni się od mleka krowiego trzykrotnie mniejszą zawartością tłuszczu, ale jest bardzo dobrym źródłem nienasyconych kwasów tłuszczowych. Celem pracy była charakterystyka wybranych właściwości fizyczno-chemicznych i organoleptycznych oraz zawartości kwasów tłuszczowych i wolnych kwasów tłuszczowych w liofilizatach mleka klaczy przechowywanych w temperaturze pokojowej i chłodniczej przez okres 6 miesięcy. Wyniki badań pokazują, że proces liofilizacji wpływa na zwiększenie udziału procentowego polienowych i monoenowych kwasów tłuszczowych oraz WKT, a także powoduje zmniejszenie udziału nasyconych kwasów tłuszczowych. Przechowywanie liofilizatów w temperaturze chłodniczej opóźnia niekorzystne zmiany organoleptyczne oraz w zakresie profilu kwasów tłuszczowych i wzrostu WKT o ponad 2 miesiące. Przechowywanie liofilizatów w temperaturze chłodniczej nie powinno być dłuższe niż 6 miesięcy.

**Słowa kluczowe:** mleko klaczy, liofilizacja, liofilizowane mleko klaczy, kwasy tłuszczowe

### Wstęp

W ostatnich latach w krajach Europy Zachodniej oraz w Polsce obserwuje się wzrost zainteresowania mlekiem klaczy ze względu na możliwość jego wykorzystania w żywieniu ludzi dorosłych oraz niemowląt i dzieci z alergią (Businco i in., 2000; Curadi

---

\*Praca została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki w latach 2009-2013 jako projekt badawczy nr N N312 3106 37.

i in., 2000; Danków i in., 2012, 2013a, 2013b; Drogoul i in., 1992; Orlandi i in., 2003; Wszółek i in., 2007). Mleko jest bezpośrednio po doju schładzane i rozlewane do opakowań jednostkowych, szklanych lub plastikowych, i w tej postaci sprzedawane. Nadmiar mleka jest zamrażany, a także liofilizowany. Często dodawane są do niego kolagen oraz wapń. Liofilizat zapakowany w saszetki lub kapsułki jest sprzedawany w aptekach lub bezpośrednio u producenta. Przeznaczony jest albo do bezpośredniej konsumpcji, albo do rozpuszczania w niewielkiej ilości wody, albo do stosowania jako dodatek do mlecznych napojów fermentowanych.

Mleko klaczy wykazuje pozytywne działanie u pacjentów z chorobami serca i układu krążenia, takimi jak miażdżycy, choroby oskrzeli, płuc, astma oskrzelowa o podłożu alergicznym (Chifalo i in., 2006; Doreau i Martuzzi, 2006; Ellinger i in., 2002). Wspomaga leczenie osteoporozy, ułatwiając i zwiększając przyswajanie wapnia. W chorobach skóry stymuluje wzrost ziarniny, przyspiesza proces gojenia się ran. Poprawia wygląd i stan skóry w łuszczycy oraz atopowym zapaleniu skóry (Chifalo i in., 2006). U chorych na cukrzycę pozwala zmniejszyć dawkę insuliny i poprawia wskaźnik glikemiczny. Pomaga w leczeniu wrzodów żołądka, zapalenia woreczka żółciowego i trzustki. U osób z migreną wydłuża okres między atakami oraz łagodzi ataki. Mleko klaczy jest również pomocne w rekonwalescencji po chemioterapii i radioterapii, głównie ze względu na dużą zawartość lizozymu, który wywołuje martwicę pewnych komórek nowotworowych (Höffken, 2002; Werner i Derler-Toechterle, 2002). Duża zawartość polienowych kwasów tłuszczowych w formie łatwo przyswajalnej (linolenowego i linolowego) korzystnie wpływa na rozwój mózgu i komórek nerwowych (Koletzko i Rodriguez-Palmero, 1999).

Mleko klaczy różni się od mleka krowiego trzykrotnie mniejszą zawartością tłuszczu (1,21%), która w mleku krowim (3,61%) jest porównywalna do mleka kobiecego (3,64%). Średnia zawartość białka ogólnego (2,14%) jest znacznie mniejsza niż w mleku krowim (3,25%), ale prawie o połowę większa niż w mleku ludzkim (1,42%). Poziom laktozy (6,37%) jest porównywalny z mlekiem kobiecym (6,71%), ale znacznie wyższy niż w mleku krowim (4,80%). Zawartość składników mineralnych (0,42%) jest prawie dwukrotnie mniejsza niż w mleku krowim (0,76%), ale prawie dwukrotnie większa niż w mleku ludzkim (0,22%). Kaloryczność mleka ludzkiego i krowiego jest porównywalna (680 kcal/kg), a od mleka kobyłego mniej więcej o 200 kcal/kg większa (Csapó-Kiss i in., 1995; Danków i in., 2006a, 2006b; Höffken, 2002).

W mleku klaczy zawartość kazeiny wynosi poniżej 50% białka ogólnego, przez co uznaje się je za mleko typu albuminowego, mleko krowie jest natomiast mlekiem typu kazeinowego (Pieszka, 2008).

Białka serwatkowe stanowią 40% białek w mleku kobyliczym, ponad 50% w mleku kobiecym oraz poniżej 20% w mleku krowim. Duża ilość białek serwatkowych i aminokwasów egzogennych decyduje, że mleko kobylicze jest dla człowieka bardziej korzystnym źródłem substancji odżywczych niż mleko krowie (Csapó i in., 2009; Martuzzi i in., 2000).

Lipidy mleka klaczy zawierają mniej triacylogliceroli (81,1%) niż mleko kobiece (98%) i krowie (97%), ale więcej fosfolipidów (odpowiednio 5%, 1,3%, 1,5%) i frakcji niezmydlającej się (odpowiednio 4,5%, 0,7%, 1,5%). Wolne kwasy tłuszczowe w mleku kobyliczym występują w znacznych ilościach (9,4%), podczas gdy w mleku kobiecym

i krowim tylko w ilościach śladowych (Csapó i in., 1995; Pikul i in., 2008; Pikul i Wójtowski, 2008).

W mleku klaczy znajduje się znacznie więcej (44%) niż w mleku krowim (32%), a nieznacznie mniej niż w mleku kobiecym (45,2%) nienasyconych kwasów tłuszczowych. Kwasy polienowe, zwłaszcza linolowy i  $\alpha$ -linolenowy, stanowią w mleku kobyli 19%, w krowim – 4%, a w kobiecym – 8,1%, tak więc mleko kobyłe jest dobrym źródłem kwasów tłuszczowych, zwłaszcza kwasu linolowego z rodziny n-6 oraz  $\alpha$ -linolenowego z rodziny n-3, które nie są syntetyzowane przez organizm ludzki, a są niezbędne do prawidłowego wzrostu młodego organizmu i rozwoju układu nerwowego (Amirante i in., 2004; Csapó i in., 1995; Salamon i in., 2009). Stosunek nienasyconych do nasyconych kwasów tłuszczowych w mleku kobyli (1,3) jest bardzo zbliżony do mleka kobiecego (1,2), gdy tymczasem w mleku krowim jest większy (2,1).

Ponieważ mleko klaczy jest produktem sezonowym, podjęto próbę jego proskowania metodą liofilizacji w celu ułatwienia przechowywania i podaży przez cały rok. Celem pracy było wytworzenie liofilizatów mleka klaczy, ocena ich właściwości fizyczno-chemicznych i organoleptycznych oraz zawartości w nich kwasów tłuszczowych i wolnych kwasów tłuszczowych w zależności od czasu i warunków przechowywania.

## Material i metody

Material do badań stanowiły liofilizaty wytworzone z mleka pozyskanego od sześciu klaczy rasy polskiej zimnokrwistej wyżrebionych w okresie od marca do lipca 2012 roku. Wszystkie klacze przebywały w takich samych warunkach środowiskowych w gospodarstwie w województwie wielkopolskim. Były karmione gniecionym owsem w ilości około 8 kg dziennie, miały nieograniczony dostęp do słomy owsianej, ziarna i wody. W okresie pastwiskowym miały stały dostęp do runi pastwiskowej. Próby mleka przeznaczone do liofilizacji były zamrażane w temperaturze  $-33^{\circ}\text{C}$  w specjalnych pojemnikach uprzednio zważonych. Po zamrożeniu próby podłączano do liofilizatora firmy Labconco wyposażonego w wymrażacz o pojemności 18 l i pompę próżniową. Próby liofilizowano przy ciśnieniu minimalnym sublimacji lodu 0,08 mbar w czasie 8 h. Otrzymane liofilizaty w ilości po 5 g zapakowano w atmosferze azotu w saszetki z papieru białego kredowanego powlekanego bezbarwnym polietylenem, typ NCPE 7518. W okresie 6 miesięcy przechowywania w warunkach temperatury pokojowej ( $18-20^{\circ}\text{C}$ ) i chłodniczej ( $4-6^{\circ}\text{C}$ ) sześciokrotnie przeprowadzono badania, w których oznaczono właściwości fizyczno-chemiczne, sensoryczne, skład kwasów tłuszczowych i wolne kwasy tłuszczowe. Analizy fizyczno-chemiczne obejmowały, zgodnie z PN-78/A-86030 (1978), oznaczenia: ciężaru nasypowego, wskaźnika rozpuszczalności, zwilżalności, zawartości wody, tłuszczu, laktozy, związków mineralnych oraz kwasowości metodą Soxhlet-Henkla. Zawartość białka oznaczono metodą Kjeldahla, kwasowość czynną – pehametrem Hanna Instruments HI 98230. Badania sensoryczne mleka w proszku dotyczyły oceny wyglądu, barwy i smaku według PN-78/A-86030 (1978). W celu określenia wpływu procesu liofilizacji na udział kwasów tłuszczowych dokonano jednorazowej analizy płynnego mleka klaczy. Ekstrakcji tłuszczu z badanych próbek, w których oznaczano skład kwasów tłuszczowych oraz zawartość WKT, dokonywano grawimetryczną metodą Rose-Gottlieba IDF-ISO-AOAC Nr 905.02 (Horwitz, 2000). Otrzymany eks-

trakt zagęszczano przez częściowe odparowanie rozpuszczalnika za pomocą pompy rotacyjnej Laborta 4000 firmy Heidolph w temperaturze 40°C przy ciśnieniu atmosferycznym. Całkowitego usunięcia rozpuszczalnika dokonano pod strumieniem azotu metodą IDF-ISO-AOAC Nr 963.22 (Horwitz, 2000). Analizę składu kwasów tłuszczowych wykonano według PN-EN ISO 5508:1996 (1996) na chromatografii gazowej HP 6890 firmy Hewlett-Packard z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym FID. Chromatograf był wyposażony w kolumnę kapilarną HP-Innowax o wymiarach 60 m × 0,53 mm × 1 μm. Parametry rozdziału chromatograficznego były następujące: początkowa temperatura pieca – 100°C (1 min), następnie wzrost o 25°C/min do 140°C (25 min), kolejny wzrost o 2°C/min do 200°C, przetrzymywany przez 3,5 min. Temperaturę portu nastrojkowego ustalono na 240°C, a przepływ wodoru wynosił 1,5 ml/min. Kwasy tłuszczowe zidentyfikowano na podstawie czasów retencji mieszaniny estrów metylo- wych kwasów tłuszczowych o znanym składzie, tj. „standard”. W celu interpretacji ilościowej sumę wybranych kwasów tłuszczowych (kwasy o największym udziale) przedstawiono jako 100%, a udział poszczególnych kwasów tłuszczowych – jako procenty wagowe. Zawartość wolnych kwasów tłuszczowych oznaczono metodą ekstrakcyjno-miareczkową Dole’a, która polega na wyekstrahowaniu WKT z próby za pomocą mieszaniny ekstrakcyjnej, a następnie miareczkowym oznaczeniu ich ilości z wykorzystaniem 0,005-molowego metanoleowego roztworu wodorotlenku potasu.

Wyniki analizy chromatograficznej kwasów tłuszczowych oraz oznaczenia WKT poddano analizie wariancji jednoczynnikowej z wykorzystaniem programu Microsoft Excel.

## Wyniki i dyskusja

Otrzymany liofilizat mleka kobyłego zawierał 4,8% wody i 95,2% suchej substancji (26,2% białka, 17,2% tłuszczu, 48% laktozy oraz 3,8% związków mineralnych). Kwasowość miareczkowa regenerowanego liofilizatu wynosiła 7,2°SH, a kwasowość czynna – 6,6 pH. Zwilżalność liofilizatu wynosiła średnio 50 s, wskaźnik rozpuszczalności – 0,85 cm<sup>3</sup> osadu, ciężar nasypowy – 0,26 g/cm<sup>3</sup>. Wartość energetyczna 100 g liofilizatu wynosiła około 1790 kJ (430 kcal).

Ocena organoleptyczna wykazała, że liofilizat mleka kłaczy jest proszkiem sypkim, jednolitym, posiadającym lekkie zbrylenia łatwo rozsypujące się przy nacisku, o barwie białokremowej, smaku i zapachu typowym dla mleka kłaczy bez obcego zapachu i posmaku.

Po 6-miesięcznym okresie przechowywania w warunkach pokojowych i chłodniczych nie stwierdzono w liofilizatach mleka zmiany podstawowego składu ani wskaźników rozpuszczalności czy zwilżalności. W miarę upływu czasu nieistotnie zwiększyły się kwasowość i ciężar nasypowy. Stwierdzono istotne pogorszenie się cech organoleptycznych przechowywanych liofilizatów – w temperaturze pokojowej już po 4. miesiącu, a w temperaturze chłodniczej – po 6. miesiącu. Barwa zmieniła się na ciemniejszą, bardziej żółtą. Wyczuwalny był również lekko zjeżdżały smak oraz zapach. Chłodnicza temperatura przechowywania opóźnia zmiany sensoryczne, wydłuża okres przydatności o 2 miesiące.

W analizowanych próbkach mleka kłaczy oraz w jego liofilizatach zidentyfikowano 18 różnych kwasów tłuszczowych (tab. 1). Zarówno w mleku płynnym, jak i w liofiliz-

zacie w grupie kwasów krótkołańcuchowych (SCSFA) stwierdzono największą ilość kwasu kaprynowego C10:0, chociaż w liofilizacie było go mniej o 29%. Mniejsze wartości uzyskali w swoich badaniach Pikul i Wójtowski (2008) oraz Kacprzak i in. (2012), natomiast Marconi i Panfili (1998), Malacarne i in. (2002) oraz Rutkowska i in. (2011) podają wartości zbliżone do uzyskanych w naszych badaniach. W grupie kwasów średnio- (HCSFA) i długołańcuchowych (LCSFA) największy udział miały kwas palmitynowy C16:0 i kwas laurynowy C12:0. W liofilizacie stwierdzono wzrost zawartości kwasu palmitynowego o 6% oraz zmniejszenie zawartości kwasu laurynowego o 33%. Podobną tendencję zmian zaobserwowali w swoich badaniach Marconi i Panfili (1998).

Tabela 1. Udział kwasów tłuszczowych w liofilizacie mleka kłaczcy i w płynnym mleku kłaczcy (%)  
Table 1. Share of fatty acids in the mare milk lyophilisate and mare liquid milk (%)

Kwas tłuszczowy Fatty acid	Liofilizat Lyophilisate	Mleko płynne Liquid milk
C4:0	0,21	0,23
C6:0	0,40	0,42
C8:0	3,98	4,70
C10:0	6,10	8,60
C11:0	0,07	0,09
C12:0	6,20	9,30
C13:0	0,24	0,28
C14:0	0,32	0,36
C15:0	0,20	0,23
C16:0	19,48	18,52
C17:0	0,20	0,24
C18:0	1,65	1,87
C14:1	0,32	0,36
C16:1	4,35	4,95
C17:1	0,41	0,33
C18:1	24,20	20,74
C18:2	18,60	13,53
C18:3	3,50	4,27
SFA	44,98 <sup>a</sup>	52,30 <sup>b</sup>
MUFA	29,28 <sup>a</sup>	26,38 <sup>a</sup>
PUFA	22,10 <sup>a</sup>	17,80 <sup>b</sup>

Wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie na poziomie  $\alpha = 0,05$ .  
Values in rows with different letters are significantly different at the level of  $\alpha = 0.05$ .

Udział kwasów nasyconych (SFA) w liofilizacie stanowił około 45%, a w mleku płynnym – około 52%. Kwasy tłuszczowe nasycone są cennym składnikiem żywnościowym o właściwościach prozdrowotnych, gdyż wykazują hamujące działanie wobec wzrostu drobnoustrojów patogennych, a także przyczyniają się do właściwego funkcjonowania nabłonka jelita grubego, działają przeciwmiażdżycowo i przeciwnowotworowo (Cichosz, 2006; Przybojewska i Rafalski, 2003). W grupie kwasów monoenowych głównym KT był kwas oleinowy C18:1, którego większy udział (o 17%) odnotowano w liofilizacie. Stwierdzono również niewielki wzrost w liofilizacie kwasu margarooleinowego C17:1. Zawartość pozostałych KT monoenowych nieznacznie się w liofilizatach zmniejszyła. Udział kwasów monoenowych (MUFA) w liofilizatach był o 11% większy niż w mleku płynnym. Marconi i Panfili (1998) podają, że ilość MUFA w liofilizacie wzrosła mniej więcej o 19%. W grupie kwasów polienowych (PUFA) stwierdzono większy udział kwasu linolowego C18:2 w liofilizatach (o 27%), natomiast mniejszy – kwasu linolenowego C18:3 (o 8%). Marconi i Panfili (1998) uzyskali w swoich badaniach wzrost ilości kwasu linolowego o 17%, a zmniejszenie ilości kwasu linolenowego o 40%. Podsumowując wyniki przedstawione w tabeli 1, można stwierdzić, że liofilizat mleka kłaczy jest bogatym źródłem mono- i polienowych kwasów tłuszczowych. Ich zawartość jest kilkakrotnie większa niż w mleku krowim (Rutkowska i in., 2011). Proces liofilizacji powoduje wzrost ilości mono- i polienowych kwasów tłuszczowych, a zmniejszenie udziału kwasów nasyconych.

Przeprowadzona analiza statystyczna pozwoliła stwierdzić, że po 6 miesiącach przechowywania liofilizatu w temperaturze pokojowej nastąpiły istotne różnice ( $p < 0,05$ ) składu kwasów tłuszczowych (tab. 2). Udział nasyconych kwasów tłuszczowych w liofilizacie zwiększył się z 45 do 57%, głównie poprzez wzrost udziału kwasów: masłowego C4:0, kaprynowego C10:0, laurynowego C12:0, mirystynowego C14:0 i palmitynowego C16:0. Zwiększenie udziału kwasu oleinowego C18:1 spowodowało wzrost udziału monoenowych kwasów tłuszczowych z 29 do 33%. Udział kwasów polienowych po 6 miesiącach przechowywania w warunkach temperatury pokojowej zmniejszył się o 14% (tab. 2). Wynika to z faktu, że nienasycone kwasy tłuszczowe łatwo ulegają procesom degradacji, a im więcej wiązań podwójnych, tym intensywniej przebiegają zmiany. Kwasy linolowy i  $\alpha$ -linolenowy są zatem najbardziej podatne na zmiany oksydacyjne.

W liofilizacie przechowywanym w temperaturze chłodniczej również nastąpiły istotne zmiany ( $p < 0,05$ ) składu kwasów tłuszczowych. Badania wykazały, że podczas przechowywania zwiększył się udział nasyconych kwasów tłuszczowych, co było spowodowane przede wszystkim wzrostem udziału kwasu masłowego. Udział monoenowych kwasów tłuszczowych zwiększył się, natomiast polienowych – zmniejszył się, jednak nie tak drastycznie jak w liofilizacie przechowywanym w temperaturze pokojowej.

Analiza jednoczynnikowa wariancji wykazała, że istnieją różnice ( $p < 0,05$ ) między składem kwasów tłuszczowych w liofilizacie przechowywanym w temperaturze chłodniczej a składem kwasów tłuszczowych w liofilizacie przechowywanym w temperaturze pokojowej, czyli temperatura przechowywania ma wpływ na udział kwasów tłuszczowych w liofilizacie.

Po oznaczeniu zawartości wolnych kwasów tłuszczowych w liofilizacie stwierdzono, że proces liofilizacji wpływa istotnie ( $p < 0,05$ ) na tę zawartość (rys. 1). Zwiększyła

Danków, R., Teichert, J., Pikul, J., Osten-Sacken, N. (2015). Wpływ warunków przechowywania na zawartość kwasów tłuszczowych w liofilizatach mleka kłaczy. *Nauka Przyr. Technol.*, 9, 2, #29. DOI: 10.17306/J.NPT.2015.2.29

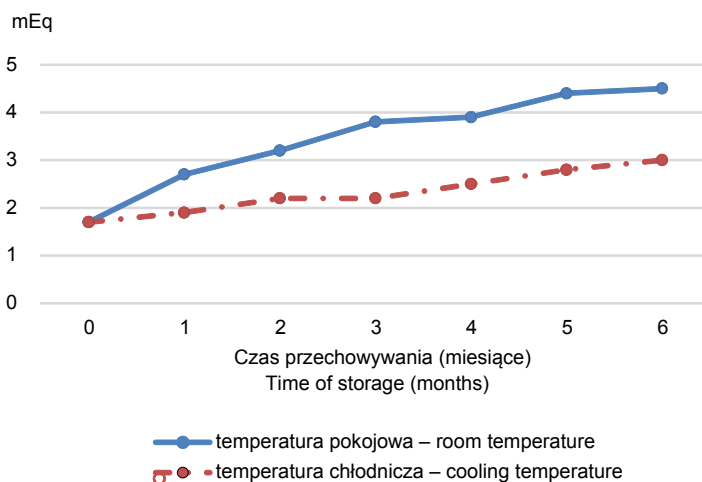
Tabela 2. Udział nasyconych, monoenowych i polienowych kwasów tłuszczowych w liofilizacie przechowywanym w temperaturze pokojowej i chłodniczej (%)

Table 2. Share of saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids in the lyophilisate stored at room and cooling temperature (%)

Kwasy tłuszczowe Fatty acids	Bezpośrednio po wyprodukowaniu Directly after production	Temperatura pokojowa Room temperature					Temperatura chłodnicza Cooling temperature				
		miesiące przechowywania – storage months									
		0	1	3	4	5	6	1	3	4	5
Nasycone Saturated	44,98 <sup>a</sup>	45,62	46,80	49,70 <sup>b</sup>	53,25 <sup>b</sup>	56,21 <sup>b</sup>	45,16	45,86	46,07	46,19	46,36 <sup>b</sup>
Monoenowe Monounsaturated	29,28 <sup>a</sup>	30,17	31,87	32,11	32,98	33,20	29,34	29,56	29,78	30,17	30,64
Polienowe Polyunsaturated	22,10 <sup>a</sup>	20,62	17,98	14,73 <sup>b</sup>	10,89 <sup>b</sup>	8,50 <sup>b</sup>	21,87	20,93	20,48	19,66	19,33 <sup>b</sup>

Wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie na poziomie  $\alpha = 0,05$ .

Values in rows with different letters are significantly different at the level of  $\alpha = 0.05$ .



Rys. 1. Zmiany zawartości WKT w liofilizacie przechowywanym w temperaturze pokojowej i chłodniczej (mEq w 100 g)

Fig. 1. Changes of the content of FFA in the lyophilisate stored at room and cooling temperature (mEq per 100 g)

się ona od 1,3 mEq w 100 g w płynnym mleku kłaczy do 1,7 mEq w 100 g w liofilizacie. Podczas 6 miesięcy przechowywania liofilizatu zmienia się zawartość WKT, jednak jest ona zależna od temperatury. W temperaturze pokojowej zawartość WKT w 6. miesiącu przechowywania liofilizatu była 1,5 razy większa niż w temperaturze chłodniczej. W temperaturze pokojowej istotny wzrost WKT zaobserwowano już po 1. miesiącu przechowywania, a wzrost ponad dwukrotny – w 3. miesiącu. W temperaturze chłodniczej zmiany następowały znacznie wolniej. Zawartość WKT w 5. miesiącu przechowywania była porównywalna z zawartością po 1. miesiącu przechowywania w temperaturze pokojowej.

Wzrost zawartości WKT podczas przechowywania liofilizatów wynikał z postępującego procesu lipolizy (hydrolizy wiązań estrowych w tłuszczach). Gwałtowniejsze zmiany w temperaturze pokojowej świadczą o tym, że po schłodzeniu liofilizatu lipoliza zachodzi wolniej. Z żywieniowego punktu widzenia przemiany hydrolytyczne nie są niebezpieczne, jednak mogą pogarszać jakość sensoryczną żywności, gdyż są odpowiedzialne za tworzenie się jełkiego zapachu i smaku.

## Podsumowanie

Proces liofilizacji mleka kłaczy wpływa na zwiększenie udziału polienowych i monoenowych kwasów tłuszczowych (odpowiednio od 17,80 do 22,10% i od 26,38 do 29,28%), a zarazem na zmniejszenie udziału nasyconych kwasów tłuszczowych (od 52,30 do 44,98%). Przechowywanie liofilizatów mleka kłaczy wpływa na zmniejszenie udziału polienowych kwasów tłuszczowych od 22,10 do 8,50% w temperaturze pokojowej i od 22,10 do 19,33% w temperaturze chłodniczej oraz na zwiększenie udziału nasyconych kwasów tłuszczowych od 44,98 do 56,21% w temperaturze pokojowej i od 44,98 do 46,36% w temperaturze chłodniczej. Proces liofilizacji wpływa na zwiększenie zawartości wolnych kwasów tłuszczowych od 1,3 mEq w 100 g w mleku do 1,7 mEq w 100 g w liofilizacie. Przechowywanie przez 6 miesięcy spowodowało zwiększenie zawartości WKT, przy czym w temperaturze chłodniczej – od wartości 1,7 do 3,0 mEq w 100 g, a w temperaturze pokojowej – od wartości 1,7 do 4,5 mEq w 100 g. Przechowywanie liofilizatu mleka kłaczy w warunkach chłodniczych nie powinno być dłuższe niż 6 miesięcy, a w temperaturze pokojowej – nie dłuższe niż 4 miesiące (Kny, 1998).

## Literatura

- Amirante, P., De Angelis, M., Di Cagno, R., Faccia, M., Gallo, G., Gobetti, M., Leone, C., Tamborrino, A. (2004). Uses of mares' milk in manufacture of fermented milks. *Int. Dairy J.*, 14, 9, 767–775.
- Businco, L., Giampietro, P. G., Lucenti, P., Lucaroni, F., Pini, C., Di Felice, G., Iacovacci, P., Curadi, C., Orlandi, M. (2000). Allergenicity of mare's milk in children with cow's milk allergy. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 105, 5, 1031–1034.
- Chifalo, B., Drogoul, C., Salimei, E. (2006). Other utilisation of mare's and ass's milk. *EAAP Publ.*, 120, 133–147.



Danków, R., Teichert, J., Pikul, J., Osten-Sacken, N. (2015). Wpływ warunków przechowywania na zawartość kwasów tłuszczowych w liofilizatach mleka kłaczy. *Nauka Przyr. Technol.*, 9, 2, #29. DOI: 10.17306/J.NPT.2015.2.29

---

- Cichosz, G. (2006). *Tłuszcz mlekowy. Niezastąpiony składnik diety*. Warszawa: Krajowy Związek Spółdzielni Mleczarskich.
- Csapó, J., Csapó-Kiss, Z. S., Salamon, S. Z., Lóki, K. (2009). Composition of mare's colostrum and milk II. Protein content, amino acid composition and contents of macro- and microelements. *Acta Univ. Sapient. Ser. Aliment.*, 2, 1, 133–148.
- Csapó, J., Stefler, J., Martin, T. G., Makray, S., Csapó-Kiss, Z. S. (1995). Composition of mares' colostrum and milk. Fat content, fatty acid composition and vitamin content. *Int. Dairy J.*, 5, 4, 393–402.
- Csapó-Kiss, Z. S., Stefler, J., Martin, T. G., Makray, S., Csapó, J. (1995). Composition of mares' colostrum and milk. Protein content, amino acid composition and contents of macro- and microelements. *Int. Dairy J.*, 5, 4, 403–415.
- Curadi, M. C., Orlandi, M., Lucenti, P., Giampietro, P. G. (2000). Use of mare milk in pediatric allergy. *Recent Prog. Anim. Prod. Sci.*, 2, 647–649.
- Danków, R., Pikul, J., Osten-Sacken, N., Teichert, J. (2012). Charakterystyka i właściwości produkcyjne mleka kłaczy. *Nauka Przyr. Technol.*, 6, 2, #16.
- Danków, R., Pikul, J., Teichert, J., Osten-Sacken, N. (2013a). Charakterystyka i właściwości kumysu. *Nauka Przyr. Technol.*, 7, 3, #35.
- Danków, R., Pikul, J., Wójtowski, J., Cais-Sokolińska, D. (2006a). Chemical composition and physicochemical properties of colostrum and milk of Wielkopolska mares. *Pol. J. Nat. Sci.*, 20, 147–154.
- Danków, R., Pikul, J., Wójtowski, J., Niżnikowski, R., Cais-Sokolińska, D. (2006b). Effect of lactation on the hygiene quality and some milk physicochemical traits of the Wielkopolska mares. *Arch. Tierz.*, 49, 201–206.
- Danków, R., Teichert, J., Pikul, J., Osten-Sacken, N. (2013b). Charakterystyka cech żywieniowych i jakościowych liofilizatów wytworzonych z mleka kłaczy. *Nauka Przyr. Technol.*, 7, 4, #63.
- Doreau, M., Martuzzi, F. (2006). Fat content and composition of mare's milk. *EAAP Publ.*, 120, 77–87.
- Drogoul, C., Prevost, H., Maubois, J. L. (1992). Le lait de jument: un produit, une filière à développer? *J. d'Etude CÉRÉOPA*, 18, 37–51.
- Ellinger, S., Linscheid, K. P., Jahnecke, S., Goerlich, R., Enbergs, H. (2002). The effect of mares' milk consumption on functional elements of phagocytosis of human neutrophil granulocytes from healthy volunteers. *Food Agric. Immunol.*, 14, 191–200.
- Höffken, M. (2002). *Die heilende Kraft der Stutenmilch und ihre Anwendung in der naturheilkundlichen Praxis*. Erfstadt: Vogt.
- Horwitz, W. (2000). *Official methods of analysis of AOAC International*. Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists.
- Kacprzak, S., Pietrzak-Fiećko, R., Felkner-Poźniakowska, B., Gałgowska, M., Wójcik, D. (2012). Określenie procentowego udziału kwasów tłuszczowych w tłuszczu mleka kłaczy. *Bromatol. Chem. Toksykol.*, 3, 562–566.
- Kny, G. (1998). *Untersuchungen zur Qualität von frischer und gefriergetrockneter Stutenmilch*. Leipzig: Institut für Lebensmittelhygiene der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig.
- Koletzko, B., Rodriguez-Palmero, M. (1999). Polyunsaturated fatty acids in human milk and their role in early infant development. *J. Mamm. Gland Biol. Neoplas.*, 4, 269–284.
- Malacarne, M., Martuzzi, F., Summer, A., Mariani, P. (2002). Protein and fat composition of mare's milk: some nutritional remarks with reference to human and cow's milk. *Int. Dairy J.*, 12, 11, 869–877.
- Marconi, E., Panfili, G. (1998). Chemical composition and nutritional properties of commercial products of mare milk powder. *J. Food Comp. Anal.*, 11, 178–187.

- Martuzzi, F., Tirelli, A., Sunimer, A., Catalano, A. L., Mariani, P. (2000). Ripartizione delle sieroproteine nel latte dei primi due mesi di lattazione in giumente Sella Italiano. *Riv. Soc. Ital. Ippol.*, 6, 21–27.
- Orlandi, M., Goracci, J., Curadi, M. C. (2003). Fat composition of mare's milk with reference to human nutrition. *Ann. Fac. Med. Vet. Pisa*, 56, 97–105.
- Pieszka, M. (2008). Mleko klaczy. *Farmer*, 1, 9–11.
- Pikul, J., Wójtowski, J. (2008). Fat and cholesterol content and fatty acid composition of mares' colostrums and milk during five lactation months. *Livest. Sci.*, 113, 2–3, 285–290.
- Pikul, J., Wójtowski, J., Danków, R., Kuczyńska, B., Łojek, J. (2008). Fat content and fatty acids profile of colostrum and milk of primitive Konik horses during six months of lactation. *J. Dairy Res.*, 75, 3, 302–309.
- PN-78/A-86030. (1978). Mleko i przetwory mleczarskie. Mleko w proszku. Metody badań. Warszawa: PKN.
- PN-EN ISO 5508:1996. (1996). Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Analiza estrów metylo- wych kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej. Warszawa: PKN.
- Przybojewska, B., Rafalski, H. (2003). Kwasy tłuszczowe występujące w mleku a zdrowie człowieka. Sprężony kwas linolowy CLA (cz. 2). *Przeegl. Mlecz.*, 5, 173–175.
- Rutkowska, J., Adamska, A., Białek, M. (2011). Porównanie składu kwasów tłuszczowych zawartych w tłuszczu mleka klaczy i krów. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 74, 1, 28–38.
- Salamon, R., Salamon, Sz., Csapó-Kiss, Z., Csapó, J. (2009). Composition of mare's colostrum and milk I. Fat content, fatty acid composition and vitamin content. *Acta Univ. Sapient. Ser. Aliment.*, 2, 1, 119–131.
- Werner, S., Derler-Toechterle, T. (2002). Stutenmilch als Heilnahrung. Wien: Österreichischer Agrarverlag Druck- u. Verlags.
- Wszolek, M., Kupiec-Teahan, B., Skov Guldager, H., Tamime, A. Y. (2006). Production of kefir, koumiss and other related products. W: A. Y. Tamime (red.), *Fermented milks* (s. 174–216). Oxford: Blackwell.

## EFFECT OF STORAGE CONDITIONS ON FATTY ACIDS CONTENTS OF MARE MILK LYOPHILISATES

**Summary.** Mare milk is different from cow milk and has three times lower fat content, and is a very good source of unsaturated fatty acids. The aim of the study was to characterise selected physicochemical and organoleptic properties, as well as fatty acids and PUFA contents in mare milk lyophilisates stored for 6 months at room and cooling temperature. The results show that the freeze-drying process increases the share of monounsaturated and polyunsaturated fatty acids and FFA but reduces the share of saturated fatty acids. Storage of lyophilizate in cooling temperature delays the organoleptic and fatty acid changes and also FFA increase for more than 2 months. Storage of lyophilisates at temperature of cooling should not be longer than 6 months.

**Key words:** mare milk, lyophilisation, lyophilised mare milk, fatty acids

Danków, R., Teichert, J., Pikul, J., Osten-Sacken, N. (2015). Wpływ warunków przechowywania na zawartość kwasów tłuszczowych w liofilizatach mleka kłaczy. *Nauka Przyr. Technol.*, 9, 2, #29. DOI: 10.17306/J.NPT.2015.2.29

---

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

*Romualda Danków, Katedra Technologii Mleczarstwa, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31/33, 60-624 Poznań, Poland, e-mail: dankow@up.poznan.pl*

*Zaakceptowano do opublikowania – Accepted for publication:*

*16.02.2015*

*Do cytowania – For citation:*

*Danków, R., Teichert, J., Pikul, J., Osten-Sacken, N. (2015). Wpływ warunków przechowywania na zawartość kwasów tłuszczowych w liofilizatach mleka kłaczy. *Nauka Przyr. Technol.*, 9, 2, #29. DOI: 10.17306/J.NPT.2015.2.29*