

Uniwersytet
Ekonomiczny
w Krakowie

Zeszyty Naukowe

Cracow Review
of Economics
and Management

906

Towaroznawstwo

Kraków 2013

Rada Naukowa

Andrzej Antoszewski (Polska), *Slavko Arsovski* (Serbia), *Josef Arlt* (Czechy),
Daniel Baier (Niemcy), *Hans-Hermann Bock* (Niemcy), *Ryszard Borowiecki* (Polska),
Giovanni Lagioia (Włochy), *Tadeusz Markowski* (Polska), *Martin Mizla* (Słowacja),
David Ost (USA), *Józef Pociecha* (Polska)

Komitet Redakcyjny

Zofia Cichoń (redaktor naczelna), *Tadeusz Fijał*, *Stanisław Pfeifer* (sekretarz),
Tadeusz Sikora

Redaktor statystyczny

Michał Major

Redaktor Wydawnictwa

Janina Ziarkowska

Projekt okładki i układ graficzny tekstu

Marcin Sokołowski

Streszczenia artykułów są dostępne w międzynarodowej bazie danych
The Central European Journal of Social Sciences and Humanities
<http://cejsh.icm.edu.pl> oraz w Central and Eastern European Online Library
www.ceeol.com, a także w adnotowanej bibliografii zagadnień ekonomicznych
i pokrewnych BazEkon http://kangur.uek.krakow.pl/bazy_ae/bazekon/nowy/index.php

© Copyright by Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Kraków 2013

ISSN 1898-6447

Wersja pierwotna: publikacja drukowana
Publikacja jest dostępna w bazie CEEOL (www.ceeol.com)
oraz w czytelni on-line ibuk.pl (www.ibuk.pl)

Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie
31-510 Kraków, ul. Rakowicka 27, tel. 12 293 57 42, e-mail: wydaw@uek.krakow.pl
www.zeszyty-naukowe.uek.krakow.pl

Zakład Poligraficzny Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie
31-510 Kraków, ul. Rakowicka 27

Objętość 5,4 ark. wyd.
Zam. 142/2013

Spis treści

Joanna Ptasińska-Marcinkiewicz

**Zmiany zawartości wybranych kwasów tłuszczowych mleka
owczego w zależności od miesiąca laktacji** 5

Ewa Pyrżyńska

**Dieta wegetariańska w świetle zasad prawidłowego odżywiania
– postawy i zachowania wegetarian w Polsce** 27

Renata Salerno-Kochan

Innowacje produktowe branży włókienniczej 37

Katarzyna Strojny

**Wdrażanie budżetu zadaniowego na przykładzie administracji
celnej** 55

Justyna Syguła-Cholewińska, Jadwiga Szostak-Kot, Barbara Błyskal,
Tomasz Sawoszczuk, Tomasz Lech

**Wykorzystanie metody manualnej i instrumentalnej w ilościowej
ocenie bakterii przeżywających w tkaninach po procesie prania** 67

Kinga Tataruch

**Kapsułkowanie – metoda stabilizacji witaminy A w technologii
wzbogacania żywności** 87

Joanna Ptasńska-Marcinkiewicz

Katedra Towaroznawstwa Żywności
Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

Zmiany zawartości wybranych kwasów tłuszczowych mleka owczego w zależności od miesiąca laktacji

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań zawartości kwasów tłuszczowych w mleku owczym. Badaniom poddano mleko pochodzące od owiec rasy olkuskiej, polskiej owcy górskiej i mieszańców polskiej owcy górskiej i owcy fryzyjskiej (75% x 25%). Profil kwasów tłuszczowych analizowano w zależności od miesiąca laktacji. Zaobserwowano istotne różnice w składzie kwasów tłuszczowych, jednak ich przebieg był odmienny w zależności od rasy owiec. W trzecim i czwartym miesiącu laktacji odpowiednio w mleku mieszańców i mleku owiec górskich znacząco zmniejszyła się ilość kwasów nasyconych oraz wzrosła ilość kwasów nienasyconych i nasyconych krótkołańcuchowych. W mleku owiec olkuskich zawartość kwasów nasyconych krótkołańcuchowych i kwasów nasyconych w pierwszym i trzecim miesiącu laktacji była znacząco wyższa, a zawartość kwasu oleinowego, kwasów jedno- i wielonienasyconych znacząco niższa, w porównaniu do wyników z miesiąca drugiego i czwartego. Ponadto zaobserwowano, że profil kwasów tłuszczowych mleka owczego w dwóch pierwszych miesiącach laktacji jest zbliżony.

Słowa kluczowe: mleko owcze, kwasy tłuszczowe, profil kwasów tłuszczowych, miesiąc laktacji.

1. Wprowadzenie

Zawartość tłuszczu w mleku owczym jest znacznie wyższa niż u innych ssaków i waha się w granicach od 4,5% do nawet ponad 10%. Na jego zawartość ma wpływ wiele czynników zarówno genetycznych, fizjologicznych, jak i środowiskowych [Kędzior 2005]. Syntetyzowany jest przez tkankę gruczołową wymienia ze składników z osocza krwi, tj. octanu, β -hydroksymaślanu, triglicerydów z lipoproteidów i chylomikronów oraz w mniejszych ilościach ze steroli, fosfolipidów, glicerolu i wolnych kwasów tłuszczowych [Jurczak 2005]. Tłuszcz mleczny w zasadniczej części (około 98,5%) składa się z triacylogliceroli, w tym z estryfikowanych kwasów tłuszczowych. Pięć głównych kwasów tłuszczowych, tj. $C_{10:0}$, $C_{14:0}$, $C_{16:0}$, $C_{18:0}$, i $C_{18:1}$, stanowi ponad 75% wszystkich kwasów w mleku owczym i kozim. Mleko owcze i kozie zawiera także tłuszcze proste (diacyloglicerole, monoacyloglicerole), tłuszcze złożone (fosfolipidy) i związki chemiczne rozpuszczalne w tłuszczach (sterole, estry cholesterolu, węglowodory, witaminy). Tłuszcz występuje w postaci drobnych kuleczek tworzących emulsję. Mleko owcze charakteryzuje się najmniejszym, w porównaniu z mlekiem kozim i krowim, rozmiarem kuleczek tłuszczowych, poniżej 3,5 μm , w tym około 65% poniżej 3 μm , a 80% poniżej 1,2 μm . Taki rozmiar kuleczek tłuszczowych, jak również ich duża jednorodność, wpływają korzystnie na strawność oraz szybszy metabolizm zawartego w mleku tłuszczu. Mała średnica kuleczek tłuszczowych jest także przyczyną słabszego oddzielania się tłuszczu, czyli małej zdolności podstojowej [Bonczar i Paciorek 1999, Cardak, Yetismeyen i Brückner 2003a, Park *et al.* 2007, *Podstawy chowu...* 2000, Scolozzi, Martini i Abramo 2003, *Hodowla owiec* 1998]. Jak wykazały badania, rozmiar i liczba kulek tłuszczu w mleku owczym wpływa również na właściwości reologiczne i skład chemiczny mleka oraz jego wydajność w produkcji sera. Procentowy wzrost zawartości kuleczek tłuszczu o średnicy powyżej 5 μm wpływa negatywnie na powyższe parametry. Ponadto liczba zawartych w mleku kulek tłuszczowych jest istotnie ujemnie skorelowana z ich rozmiarem [Martini i in. 2008].

Fosfolipidy stanowią około 0,8% wszystkich lipidów zawartych w mleku owczym, głównie są to fosfatydyloetanolamina, fosfatydylocholina (lecytyna) oraz sfingomielina. Mają one zdolność do stabilizowania emulsji wodno-tłuszczowych [Kędzior 2005, Park *et al.* 2007].

Sterole stanowią mniejszościową frakcję wszystkich lipidów mleka, a ich główną składową jest cholesterol. Jego zawartość w mleku krowim wynosi około 300 mg/100 g tłuszczu, tj. około 10 mg/100 ml mleka, a w mleku owczym od 0,017% do 0,025% [Kędzior 2005, Park *et al.* 2007].

Zawartość wolnych kwasów tłuszczowych w mleku owczym jest wyższa w stosunku do mleka krowiego. Chociaż występują one w mleku w niewielkich

ilościach, pełnią istotną rolę ze względów sensorycznych. Mogą one pochodzić z krwi bądź z hydrolitycznego rozpadu triacylogliceroli. W przechowywanym mleku zwiększona zawartość wolnych kwasów tłuszczowych będzie wynikiem aktywności lipazy. Wpływ na zwiększenie się ilości wolnych kwasów tłuszczowych może mieć pora roku (lato), stadium laktacji (końcowa faza), dieta, podwyższona zawartość komórek somatycznych, a także pora dnia (wieczór) [Cardak, Yetismeyen i Brückner 2003b, Kędzior 2005].

Mleko owcze, podobnie jak kozie, charakteryzuje się wysoką zawartością krótkołańcuchowych nasyconych kwasów tłuszczowych $C_{4:0}$ – $C_{12:0}$, które są łatwo strawne oraz odpowiadają za specyficzny zapach i mogą być wykorzystywane do wykrywania zafałszowań serów owczych lub kozich dodatkiem mleka krowiego [Park *et al.* 2007, Pieczonka 1999]. Wszystkie kwasy krótkołańcuchowe oraz połowa kwasów średniołańcuchowych (C_{12} – C_{17}) są syntetyzowane z octanu i β -hydroksymaślanu w komórkach nabłonka gruczołu mlecznego. Pozostała połowa kwasów średniołańcuchowych oraz prawie wszystkie kwasy długołańcuchowe powstają z kwasów tłuszczowych plazmy krwi, pochodzących z pożywienia lub ze zgromadzonych przez organizm zwierząt zapasów tłuszczu [Cardak, Yetismeyen i Brückner 2003a].

Zawartość kwasów: linolowego, linolenowego i arachidonowego, podstawowych niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, jest najwyższa w mleku owczym, w porównaniu z mlekiem kozim i krowim. Te egzogenne dla człowieka kwasy konieczne są dla prawidłowego funkcjonowania organizmu. Mleko owcze zawiera również najwięcej kwasów tłuszczowych trans, których ilość waha się od 2,5% do 8% w zależności od gatunku i sezonu. Zawartość tych kwasów istotna jest ze względu na fakt, że w ostatnich latach kojarzone są one ze wzrastającym ryzykiem zachorowalności na choroby serca. Jednakże zaznaczyć należy, że w przypadku tłuszczów i olei roślinnych spożywanych przez ludzi w znacznych ilościach, zwłaszcza w ostatnich latach, w wyniku uwodorniania powstaje głównie kwas $C_{18:1}$ trans-9, $C_{18:1}$ trans-10 i $C_{18:1}$ trans-12, podczas gdy składnikiem mleka jest głównie kwas $C_{18:1}$ trans-11, kwas wakcenyowy. Zasadnicza różnica polega na tym, że kwas wakcenyowy, będący pośrednim produktem w biouwodornianiu kwasu linolenowego $C_{18:3}$ cis-9_12_15 i linolowego $C_{18:2}$ cis-9_12, jest prekursorem w syntezie głównego izomeru kwasu CLA, tj. kwasu ω -6 $C_{18:2}$ cis-9 trans-11. Zawartość kwasu wakcenyowego stanowi około 45–60% wszystkich kwasów trans w mleku, podczas gdy kwasu $C_{18:1}$ trans-9 zaledwie około 2,6–6,1% [Goudjil *et al.* 2004, Park *et al.* 2007, Tsiplakou, Kominakis i Zervas 2008, Woods *et al.* 2005]. Wspomniany kwas CLA (*conjugated linoleic acid* – sprzężony dien kwasu linolowego, nazwa ta obejmuje wszystkie pozycyjne i geometryczne izomery kwasu linolowego zawierające wiązania podwójne sprzężone, czyli dwa wiązania podwójne oddzielone wiązaniem pojedynczym), a zwłaszcza izomer kwasu

żwaczowego ($C_{18:2}$ cis-9 trans-11), którego zawartość może sięgać nawet 73–95% całkowitej ilości CLA, ma działanie przeciwnowotworowe, przeciwcukrzycowe, przeciwmiażdżycowe, pomaga w walce z otyłością i chorobami wieńcowymi, zmniejsza oznaki miażdżycy, a także wpływa na poprawę systemu odpornościowego i chroni przed osteoporozą. Najbogatszym źródłem kwasu CLA w diecie człowieka jest mleko przeżuwaczy (z uwagi na jego syntezę dzięki obecnym w żwaczu bakteriom), a najwyższą całkowitą jego zawartość stwierdzono w mleku owczym, następnie krowim i kozim, odpowiednio 1,17%, 1,01% oraz 0,65%. Mleko owcze zawiera również najwięcej kwasu wakcenenowego, a więc prekursora CLA, jednakże dodać należy, że ich zawartość w tym mleku ulega największym sezonowym wahaniom – od 0,54% zimą do 1,28% latem [Atti, Rouissi i Othmane 2006, Bzducha 2008, Contarini, Pelizzola i Povolo 2009, Guzek i Głąbska 2008, Khanal i Olson 2004, Knight *et al.* 2004, Luna *et al.* 2005, Meluchova *et al.* 2008, Mojska 2006, Patkowska-Sokoła, Bodkowski i Jędrzejczak 2000, Tsiplakou, Kominakis i Zervas 2008, Woods *et al.* 2005, Żegarska 2005].

Dostępne w literaturze wyniki badań dokumentują wpływ okresu laktacji na skład mleka owczego. Wraz z upływem kolejnych miesięcy laktacji obserwowano wzrost zawartości suchej masy i tłuszczu. Szczególnie duże różnice w zawartości suchej masy stwierdzono w mleku owiec górskich i ich mieszańców z owcami fryzyjskimi, od ponad 3% nawet do ponad 8% [Drożdż 2000, 1999, Gwoździewicz, Ciuruś i Brzóska 1988]. Istotne zmiany zawartości tłuszczu w okresie laktacji stwierdzili m.in. A. Gwoździewicz, J. Ciuruś i B. Brzóska [1988] oraz A. Drożdż [1999] w mleku polskiej owcy górskiej i jej krzyżówek z owcą fryzyjską, S. Mroczkowski, B. Borys i D. Piwczyński [1999] w mleku mieszańców owcy wschodniofryzyjskiej i merynosa polskiego, K. Ploumi, S. Belibasaki i G. Triantaphyllidis [1998] w mleku owiec chios, A. Sevi *et al.* [2004] oraz M. Albenzio *et al.* [2005] w mleku owiec comisana oraz S. Mroczkowski i D. Piwczyński [2000] w mleku owiec suffolk. W swoich badaniach na mleku polskiej owcy długowiejskiej S. Ciuryk, E. Molik i H. Pustkowiak [2001] zaobserwowali nie tylko zmiany zawartości tłuszczu w mleku, ale także istotne zmiany składu kwasów tłuszczowych. Od 4 do 7 miesiąca laktacji zwiększała się zawartość kwasów nienasyconych, natomiast zmniejszał się poziom nasyconych kwasów tłuszczowych. W końcowej fazie laktacji, kiedy zawartość tłuszczu przekraczała 10%, zmiany te miały odwrotny przebieg.

W niniejszej pracy również podjęto próbę określenia zmian w profilu kwasów tłuszczowych w mleku owczym w zależności od miesiąca laktacji.

2. Materiał badawczy i metody badań

Materiał badawczy stanowiło mleko owiec rasy: olkuskiej (OLK), polskiej owcy górskiej (POG) oraz mieszańców polskiej owcy górskiej z owcą fryzyjską (POG 75% x FRYZ 25%). Pojedynczą próbkę stanowiło mleko pobrane indywidualnie od każdej owcy. Wszystkie analizowane próbki pobierano z ранnego udoju prowadzonego sposobem ręcznym. W pierwszych miesiącach laktacji udój prowadzono po wcześniejszym (około 8 godzin) oddzieleniu jagniąt od matek. Próbki po przetransportowaniu do laboratorium poddawane były badaniom. Badania składu kwasów tłuszczowych prowadzono w dwóch kolejnych latach. W sumie profil kwasów tłuszczowych określono w 222 próbkach.

Oznaczenie składu kwasów tłuszczowych wykonano metodą opisaną w normie PN-EN ISO 5508 „Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Analiza estrów metyloowych kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej”. Próbki z tłuszczomierza rozdzielano w temperaturze 50°C, pobierając pipetą fazę tłuszczową, znajdującą się ponad fazą alkoholu arylowego. Kwasy tłuszczowe analizowano w postaci estrów metyloowych uzyskiwanych w sposób opisany przez normę PN-EN ISO 5509 „Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Przygotowanie estrów metyloowych kwasów tłuszczowych”. Analizy prowadzono na chromatografii gazowej SRI 8610C z kolumną Restek RTX 2330 (l = 105 m, Ø = 0,25 mm) z detektorem FID z zastosowaniem wodoru jako gazu nośnego. Dodatkowo opracowano i zastosowano zmodyfikowany program temperaturowy, pozwalający na rozdział i oznaczenie kwasów krótkołańcuchowych, poczynając od C₄. Jako wzorzec zastosowano *Food Industry FAME Mix* o numerze katalogowym 35077 firmy Restek. Wzorzec ten jest mieszaniną estrów metyloowych 37 kwasów tłuszczowych. Kolejność elucji składników przyjęto za: *1999 Product Guide Restek* (s. 585).

Wyniki badań poddano analizie metodami statystyki matematycznej. Obliczenia wykonywano z zastosowaniem odpowiednich procedur komputerowego pakietu Statistica 8,0 PL. Analiza jednowymiarowa obejmowała obliczenie wartości średniej arytmetycznej – \bar{x} i wartości odchylenia standardowego – s_x zmiennej x , jaką była zawartość poszczególnych wybranych kwasów tłuszczowych w badanej próbce mleka owczego, oraz jednoczynnikową analizę wariancyjną, której celem było udzielenie odpowiedzi na pytanie, czy określony czynnik (kolejny rok badań, miesiąc laktacji) powoduje zróżnicowanie wyników składu kwasów tłuszczowych. Hipotezę zerową o równości wartości średnich w populacjach generalnych weryfikowano testem F-Snedecora. Dalszą analizę – *post hoc* – wykonywano testem NIR. Na zastosowanie tych testów pozwoliły wyniki testowania normalności wszystkich porównywanych rozkładów (testem Kołmogorowa-Smirnowa) oraz równości wariancji w badanych populacjach (testem Hartleya) [Dobosz 2001]. Wyniki analizy wariancyjnej zestawiono w tabeli 1 i 2.

Symbol „*” przy wartościach statystyki F-Snedecora w tabeli 2 oznacza te sytuacje, w których należy na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ odrzucić hipotezę zerową (o braku różnicy pomiędzy wartościami średniej w badanej populacji) na rzecz hipotezy alternatywnej (nie wszystkie wartości średniej w badanej populacji są sobie równe). Symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na występowanie istotnych różnic pomiędzy tymi wartościami w teście NIR.

Wykorzystano również skalowanie wielowymiarowe w celu syntetycznej prezentacji zróżnicowania mleka od owiec w różnym stadium laktacji pod względem składu kwasów tłuszczowych. Metoda skalowania wielowymiarowego pozwala na ocenę struktury zbioru obserwacji eksperymentalnych, tj ocenę położenia poszczególnych elementów tego zbioru w przestrzeni n -wymiarowej, gdzie n równa się liczbie zmierzonych parametrów. Usytuowanie elementów zbioru w przestrzeni wyznaczone zostaje wektorami parametrów je opisujących, a wzajemne relacje zachodzące pomiędzy poszczególnymi obiektami wynikają z wyznaczonej macierzy odległości. Końcowym zabiegiem jest transformacja wyników na tzw. mapę percepcji, a więc „przeniesienie” wszystkich punktów (elementów zbioru) z przestrzeni n -wymiarowej na płaszczyznę (w przestrzeń dwuwymiarową) lub w układ trzech współrzędnych. W analizie tej wykorzystano odległości euklidesowe, a transformację z przestrzeni n -wymiarowej na układ dwóch współrzędnych wykonano techniką głównych składowych Hotellinga [Gatnar i Walesiak 2004].

3. Wyniki badań i dyskusja

Analizę wyników dotyczących składu kwasów tłuszczowych mleka owczego przeprowadzono, stosując podział na pewne grupy kwasów tłuszczowych. Na podstawie studiów literaturowych w niniejszej pracy zaproponowano podział na następujące grupy kwasów tłuszczowych: suma kwasów nasyconych krótkołańcuchowych o łańcuchach węglowych od $C_{4:0}$ do $C_{10:0}$, suma wszystkich kwasów nasyconych (SFA *saturated fatty acids*), suma kwasów jednonienasyconych (MUFA *monounsaturated fatty acids*) oraz suma kwasów wielonienasyconych (PUFA *polyunsaturated fatty acids*). Dodatkowo przeprowadzono analizę zawartości osobno każdego z nasyconych kwasów krótkołańcuchowych lotnych z parą wodną, jak również analizę zawartości każdego z kwasów nienasyconych z grupy C_{18} . Uzasadnienie może stanowić fakt, że kwasy nasycone krótkołańcuchowe: masłowy ($C_{4:0}$), kapronowy ($C_{6:0}$), kaprylowy ($C_{8:0}$) i kaprynowy ($C_{10:0}$), podobnie jak kwasy nienasycone, są łatwo przyswajalne przez organizm człowieka (pochłaniane bez udziału kwasów żółciowych i tworzenia cząsteczek lipoproteinowych), w którym w całości wykorzystywane są jako paliwo energetyczne w mięśniach, sercu, wątrobie, nerkach i układzie nerwowym. Regulują syntezę cholesterolu

i triglicerydów w komórkach wątroby oraz działają terapeutycznie na nabłonek jelita grubego. Ponadto niektórzy autorzy sugerują, że kwas masłowy może wykazywać właściwości ochronne przed powstawaniem raka wątroby i skutecznie wspomagać leczenie nowoturu sutka i jelita grubego. Kwasy tłuszczowe są więc bardzo korzystne dla naszego organizmu. Podkreślić należy, że w mleku owczym jest tych kwasów znacznie więcej niż w mleku krowim [Cichosz 2007a i 2007b, Pieczonka 1999, Żegarska 2005]. Istotne znaczenie kwasów jednonienasyconych polega na ich bardziej efektywnym niż kwasów wielonienasyconych wpływie na obniżenie poziomu cholesterolu, a co za tym idzie zmniejszenie ryzyka chorób układu krążenia. Ponadto kwas oleinowy ($C_{18:1}$ cis-9, omega-9, n-9) wpływa na obniżenie lepkości i ciśnienia krwi [Cichosz 2007a i 2007b, Radzik-Rant 1996]. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe, a w szczególności kwas linolowy ($C_{18:2}$ cis-9_12, omega-6, n-6) i α -linolenowy ($C_{18:3}$ cis-9_12_15, omega-3, n-3), występują w mleku w optymalnych proporcjach, tj. około 3:1. W organizmie człowieka m.in. determinują strukturę błon komórkowych, ograniczają syntezę triglicerydów, regulują sekrecję insuliny, są źródłem hormonów tkankowych. Kwas linolenowy i linolowy skutecznie redukują cholesterol (intensyfikują jego estryfikację i metabolizm), są ponadto podstawą dla powstania kwasu arachidonowego, eikozapentaenowego EPA i dokozaheksaenowego DHA [Cichosz 2007a i 2007b].

W pierwszym etapie analizy przystąpiono do oceny wpływu roku doświadczenia (tabela 1). Okazało się, że rok, w którym prowadzono badania, nie różnicował istotnie składu kwasów tłuszczowych mleka owczego (obliczone w analizie wariancyjnej wartości statystyki F-Snedecora „F” nie pozwalają na odrzucenie hipotezy zerowej). Dlatego też dalsze analizy prowadzono na wynikach z obydwu lat łącznie.

Miesiąc laktacji (tabela 2) istotnie różnicował skład wszystkich omawianych kwasów tłuszczowych mleka owczego, bez względu na rasę owiec. Jedyne wyjątek stanowił kwas kapronowy w mleku owiec olkuskich, którego zmiany zawartości w ciągu laktacji były niewielkie. G. Bonczar [1998], badając mleko owiec ille de france, stwierdziła, że pod koniec laktacji wzrasta zawartość kwasów tłuszczowych $C_{4:0}$, $C_{6:0}$, $C_{18:0}$, $C_{18:1}$ i $C_{18:3}$, maleje natomiast zawartość m.in. kwasu $C_{8:0}$, $C_{10:0}$ i $C_{18:2}$.

Najmniejszą ilość nasyconych kwasów krótkołańcuchowych oraz wszystkich kwasów nasyconych w omawianej pracy zawierało mleko owiec górskich w piątym miesiącu laktacji. Najwięcej nasyconych kwasów krótkołańcuchowych zawierało mleko mieszańców z trzeciego miesiąca laktacji, równie dużo było ich w mleku owiec olkuskich z tego samego okresu. Mleko tych ostatnich charakteryzowało się najwyższą zawartością wszystkich kwasów nasyconych. Najmniejszą ilość kwasów nienasyconych stwierdzono w mleku owiec olkuskich z trzeciego miesiąca laktacji (kwasy $C_{18:1}$ i $C_{18:2}$ trans oraz kwasy jednonienasy-

cone) oraz pierwszego miesiąca laktacji (kwas linolenowy i kwasy wielonienasycone). Najwięcej tych kwasów zawierało mleko mieszańców również z trzeciego miesiąca laktacji (kwasy $C_{18:2}$ oraz PUFA) i mleko owiec górskich z piątego miesiąca laktacji (kwas oleinowy i MUFA).

Tabela 1. Wpływ kolejnego roku doświadczenia na zawartość wybranych kwasów tłuszczowych w mleku owczym

Kwas (%)	Rok	Miara statystyczna		F
		\bar{x}	s_x	
$C_{4:0}$	2007	2,04	0,84	2,209
	2008	1,58	0,41	
$C_{6:0}$	2007	2,31	0,71	0,991
	2008	1,80	0,49	
$C_{8:0}$	2007	2,32	0,95	4,505
	2008	1,39	0,52	
$C_{10:0}$	2007	5,56	0,85	1,205
	2008	5,14	1,43	
Suma kwasów $C_{4:0}$ - $C_{10:0}$	2007	13,33	4,50	1,066
	2008	11,04	2,54	
Suma kwasów nasyconych	2007	68,05	6,23	3,251
	2008	61,66	4,96	
$C_{18:1}$ (cis-9)	2007	24,01	4,41	1,223
	2008	27,36	3,10	
$C_{18:2}$ trans	2007	0,90	0,13	0,410
	2008	0,82	0,39	
$C_{18:2}$ (trans-9_12)	2007	0,78	0,18	0,011
	2008	0,72	0,29	
$C_{18:2}$ (cis-9_12)	2007	2,12	0,21	0,053
	2008	2,36	0,49	
$C_{18:3}$ (cis-9_12_15)	2007	1,49	0,23	0,452
	2008	1,69	0,54	
Suma kwasów jednonienasyconych	2007	29,42	5,23	2,605
	2008	34,06	4,02	
Suma kwasów wielonienasyconych	2007	6,00	1,60	0,044
	2008	6,33	1,39	

Źródło: badania własne.

Tabela 2. Wpływ miesiąca laktacji na zawartość wybranych kwasów tłuszczowych w mleku owczym

Kwas (%)	POG					POG/FRYZ					OLK							
	Miesiąc laktacji					F					Miesiąc laktacji				F			
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4
C _{4:0}	\bar{x}	1,76ab	1,78ab	1,46a	2,10b	1,31a	12,154*	1,99a	2,09ab	2,35b	1,73a	1,82a	8,272*	2,43b	1,36a	1,83ab	1,63ab	42,737*
	s_x	0,33	0,38	0,23	0,19	0,35		0,41	0,09	0,18	0,19	0,18		0,12	0,15	0,30	0,11	
C _{6:0}	\bar{x}	2,02ab	1,78ab	1,54a	2,29b	1,49a	16,319*	2,13a	1,71a	2,95b	2,13a	1,93a	28,604*	2,54	2,23	2,47	2,13	1,755
	s_x	0,30	0,39	0,11	0,18	0,30		0,16	0,24	0,31	0,33	0,07		0,72	0,25	0,12	0,21	
C _{8:0}	\bar{x}	1,89ab	1,76ab	1,27a	2,00b	1,25a	13,789*	1,63a	1,53a	2,82b	1,99a	1,59a	26,723*	2,28ab	2,11a	2,44b	2,06a	3,112*
	s_x	0,45	0,38	0,12	0,19	0,35		0,17	0,22	0,42	0,38	0,16		0,25	0,38	0,17	0,25	
C _{10:0}	\bar{x}	5,43b	5,17b	3,79a	5,31b	3,84a	6,070*	4,61a	4,34a	6,77b	6,24b	4,75a	12,966*	6,55b	5,97a	7,30b	6,30a	3,125*
	s_x	1,52	1,26	0,37	0,46	1,39		0,70	0,73	0,98	1,14	0,59		0,64	1,20	0,66	0,96	
Suma kwasów C _{4:0-C10:0}	\bar{x}	11,10b	10,50b	8,06a	11,69b	7,89a	10,043*	10,36a	9,67a	14,89b	12,10ab	10,09a	18,034*	13,82b	11,66a	14,03b	12,12a	4,822*
	s_x	2,41	2,03	0,54	0,84	2,08		1,00	1,17	1,82	1,97	0,77		1,61	1,79	0,98	1,48	
Suma kwasów nasyconych	\bar{x}	62,24b	63,57b	60,46ab	57,34a	55,33a	8,810*	61,72b	61,96b	55,83a	61,89b	62,03b	12,209*	69,59b	64,46a	71,28b	61,99a	35,365*
	s_x	4,30	3,79	1,66	2,04	3,86		2,46	2,06	2,52	2,65	0,86		1,87	2,20	1,09	2,63	
C _{18:1 (cis-9)}	\bar{x}	25,42b	23,20a	25,87b	27,02c	29,29d	10,162*	27,64b	26,56ab	27,72b	25,43a	25,69a	4,298*	21,98a	25,81b	19,67a	26,16b	29,479*
	s_x	3,93	3,10	1,24	0,76	2,43		2,03	1,66	1,09	1,56	0,22		1,35	1,93	1,13	1,90	
C _{18:2 trans}	\bar{x}	0,72b	0,79b	0,56a	1,48d	1,14c	54,758*	0,65a	0,62a	1,51c	1,01b	1,09b	67,158*	0,44b	0,49b	0,28a	0,79c	26,455*
	s_x	0,11	0,15	0,15	0,19	0,18		0,15	0,15	0,11	0,07	0,11		0,17	0,12	0,01	0,09	
C _{18:2 (trans-9_12)}	\bar{x}	0,68a	0,69a	0,64a	1,20b	0,97b	33,674*	0,65a	0,63a	1,29b	0,74a	0,79a	58,083*	0,49a	0,52a	0,42a	0,66b	7,495*
	s_x	0,07	0,09	0,05	0,23	0,14		0,07	0,07	0,17	0,03	0,07		0,17	0,26	0,02	0,08	
C _{18:2 (cis-9_12)}	\bar{x}	2,10a	2,02a	2,26ab	2,57b	2,27ab	5,036*	2,10a	2,19a	3,14b	1,83a	2,05a	12,392*	1,97a	2,90b	2,23a	1,65a	24,149*
	s_x	0,34	0,42	0,31	0,30	0,22		0,28	0,28	0,76	0,19	0,20		0,20	0,50	0,11	0,23	
C _{18:3 (cis-9_12_15)}	\bar{x}	2,05b	2,33b	2,32b	1,74ab	1,37a	45,050*	1,92b	1,81b	1,83b	1,34a	1,33a	12,998*	0,77a	0,87a	1,17b	0,89a	5,479*
	s_x	0,15	0,31	0,28	0,14	0,12		0,25	0,23	0,28	0,13	0,16		0,33	0,19	0,11	0,09	

cd. tabeli 2

Kwas (%)	POG					POG/FRYZ					OLK						
	Miesiąc laktacji					F	Miesiąc laktacji					F	Miesiąc laktacji				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	
Suma kwasów jednonienasyconych	\bar{X} 30,87a	29,12a	32,28ab	34,42b	37,39b	8,708*	32,11a	31,56a	35,17b	32,00a	31,66a	6,280*	25,96a	30,33b	24,03a	32,97b	43,258*
s_x	4,02	3,11	1,33	1,57	3,28		2,12	1,69	1,49	2,08	0,17		1,80	1,73	1,17	2,07	
Suma kwasów wielonienasyconych	\bar{X} 6,79a	7,11a	7,22a	8,31b	7,33a	9,105*	5,79a	5,85a	8,70b	5,66a	5,72a	21,276*	4,20a	4,97b	4,38a	4,66ab	3,005*
s_x	0,58	0,88	0,67	0,72	0,76		0,94	0,62	1,28	0,55	0,63		0,33	0,85	0,14	0,49	

Symbol * oznacza statystycznie istotne różnice pomiędzy wartościami średniej na poziomie $\alpha = 0,05$. Jednakowy symbol literowy przy wartościach średniej oznacza brak istotnej różnicy w teście NIR na poziomie $\alpha = 0,05$.

Źródło: badania własne.

Zawartość kwasu masłowego w mleku owiec górskich w pierwszych dwóch miesiącach była na zbliżonym poziomie (około 1,8%), a następnie zmniejszyła się. W czwartym miesiącu zanotowano najwyższą zawartość tego kwasu (2,1%), a w piątym po ponownym spadku – najniższą (1,3%). W mleku mieszańców do trzeciego miesiąca włącznie ilość kwasu $C_{4:0}$ systematycznie zwiększała się, osiągając maksymalną zawartość 2,35%. W kolejnych dwóch miesiącach nastąpił spadek, a najniższą zawartość tego kwasu zanotowano w miesiącu czwartym – 1,73%. W mleku owiec olkuskich najwięcej kwasu masłowego (2,43%) stwierdzono w pierwszym miesiącu laktacji. Po nagłym spadku, w drugim miesiącu jego ilość była najniższa (1,36%), a następnie w kolejnych dwóch miesiącach nieco zwiększyła się, przyjmując pośredni poziom. Spadek zawartości kwasu masłowego na przełomie kwietnia i maja potwierdzają badania innych autorów, jednak uzyskane przez nich zawartości były znacząco wyższe – 3,27% i 3,01% [Meluchova *et al.* 2008]. Systematyczny spadek zawartości kwasu masłowego w ciągu laktacji w mleku owiec friesland uzyskali D.D. Muir *et al.* [1993]. Dodać należy, że uzyskane przez nich wyniki były znacznie wyższe niż te w niniejszej pracy (11–6,7%).

Ilość kwasu kapronowego w mleku owiec górskich stosunkowo wysoka w pierwszym miesiącu laktacji systematycznie się zmniejszała do trzeciego miesiąca włącznie. W czwartym miesiącu nastąpił wzrost i odnotowano jego najwyższą zawartość na poziomie 2,29%, a w piątym gwałtowny spadek do poziomu zbliżonego z miesiąca trzeciego. W mleku mieszańców w pierwszym miesiącu laktacji ilość kwasu kapronowego była na średnim poziomie około 2,1%. W miesiącu drugim nastąpił spadek do najniższego zanotowanego poziomu 1,7%, a w trzecim gwałtowny wzrost do najwyższego poziomu prawie 3%. W kolejnych miesiącach następowało systematyczne zmniejszanie się ilości kwasu $C_{6:0}$ w mleku mieszańców. W miesiącu pierwszym i trzecim w mleku owiec olkuskich ilość kwasu kapronowego była na poziomie około 2,5%, a w miesiącu drugim i czwartym spadła i była na poziomie około 2,2–2,1%. Mleko owiec boutsiko charakteryzowało się istotnie wyższą zawartością kwasu $C_{6:0}$ w okresie od stycznia do marca w porównaniu z późniejszymi miesiącami laktacji [Kondyli i Katsiari 2002]. W mleku owiec długowieństych, podobnie jak w mleku owiec górskich, S. Ciuryk, E. Molik i E. Pustkowiak [2001] stwierdzili w piątym miesiącu laktacji istotne obniżenie zawartości kwasu kapronowego. Tendencja ta dotyczyła również kwasów kaprylowego i kaprynowego. Zmiany zawartości kwasów $C_{6:0}$ – $C_{10:0}$ zaobserwowano również w mleku owiec friesland. Początkowo zawartość tych kwasów obniżała się by wzrosnąć po rozpoczęciu wypasów owiec na pastwiskach. W kolejnym miesiącu następował ponowny spadek ilości tych kwasów i następnie wzrost. Do końca laktacji zawartość kwasu $C_{6:0}$ i $C_{8:0}$ była stabilna, a kwasu $C_{10:0}$ na koniec laktacji po raz kolejny wzrosła [Muir *et al.* 1993].

Zmiany zawartości kwasu kaprylowego w ciągu laktacji w mleku owiec górskich miały taki sam przebieg, jak w przypadku kwasu kapronowego. Również jego zawartość była zbliżona, najniższa w miesiącu piątym 1,25%, a najwyższa w miesiącu czwartym 2%. Podobny przebieg zmian zawartości kwasu $C_{8:0}$ w czasie wypasów odnotowali Meluchova *et al.* [2008] w mleku owiec słowackich. W mleku mieszańców i owiec olkuskich w pierwszych dwóch miesiącach laktacji ilość kwasu kaprylowego nieznacznie zmniejszała się, w miesiącu trzecim następował wzrost do maksymalnej zawartości, odpowiednio 2,82% i 2,44%, a następnie ponowny spadek mniej więcej do poprzedniego poziomu. E. Kondyli i M.C. Katsiari [2002] w mleku owiec boutsiko odnotowali istotny spadek zawartości kwasu kaprylowego i kaprynowego w miesiącu maju i czerwcu. W czerwcu ilość tych kwasów była o połowę mniejsza w porównaniu z miesiącami od stycznia do kwietnia.

Mleko owiec górskich, podobnie jak w przypadku dwóch wcześniej analizowanych kwasów, charakteryzowało się wysoką zawartością kwasu kaprynowego w miesiącu pierwszym (5,43%), w dwóch kolejnych następował spadek jego ilości, w czwartym miesiącu wzrost ponownie do 5,31%, a w piątym powrót do poziomu z miesiąca trzeciego, około 3,8%. Taką samą zawartość tego kwasu w miesiącu maju odnotowano w mleku owiec hodowanych na Słowacji. Jego ilość podobnie jak w niniejszej pracy w kolejnych miesiącach uległa zmniejszeniu do poziomu około 4% [Meluchova *et al.* 2008]. Ilość kwasu $C_{10:0}$ w dwóch pierwszych miesiącach w mleku owiec olkuskich i mieszańców nieznacznie zmniejszyła się, a miesiącu trzecim znacząco wzrosła do poziomu odpowiednio 7,30% i 6,77%. W mleku owiec olkuskich w miesiącu czwartym nastąpił istotny jednoprocenowy spadek, natomiast w mleku mieszańców – nieznaczny spadek. Dopiero w miesiącu piątym w mleku mieszańców ilość tego kwasu znacząco spadła do poziomu zbliżonego do pierwszego miesiąca – 4,75%. B. Patkowska-Sokoła i współpracownicy [2001], badając profil kwasów tłuszczowych w pierwszym miesiącu laktacji, uzyskali następujące wyniki zawartości kwasu kaprynowego: polska owca górską – 4,08% (mniej niż w niniejszej pracy), wrzosówka – 4,43%, muflon – 5,08%, merynos polski – 7,07%, charolais – 7,65%, wschodniofryzyjska aż 10,97%.

W mleku owiec górskich zawartość nasyconych kwasów krótkołańcuchowych zmniejszała się do trzeciego miesiąca laktacji, w czwartym miesiącu znacząco wzrastała a w piątym miesiącu ponownie zmniejszała się, osiągając zawartość najniższą spośród wszystkich analizowanych miesięcy laktacji. Z kolei w mleku mieszańców w dwóch pierwszych miesiącach następował spadek zawartości kwasów nasyconych lotnych z parą wodną, a ich najwyższą zawartość odnotowano w miesiącu trzecim. W miesiącu czwartym i piątym obserwowano ponowny spadek. Zmiany te, w szczególności wzrost w trzecim i czwartym miesiącu, mogą być związane ze zmianą żywienia, tj. z faktem wyprowadzenia owiec na pastwiska, który miał miejsce w przypadku owiec górskich w miesiącu czwartym,

a mieszańców w miesiącu trzecim. Jedynie w przypadku owiec olkuskich dużą zawartość tych kwasów stwierdzono w mleku z pierwszego oraz trzeciego miesiąca laktacji, a znacząco niższą w mleku z drugiego i czwartego miesiąca. Podobne zmiany zawartości poszczególnych kwasów krótkołańcuchowych, jak te zaobserwowane zwłaszcza w mleku owiec górskich i mieszańców, zanotowano w mleku owiec słowackich. Ilości tych kwasów w mleku owiec zaraz po rozpoczęciu wypasów wzrastały, a w końcowej fazie znacząco zmniejszały się [Meluchova *et al.* 2008, Ostrovsky *et al.* 2009].

Ilość wszystkich kwasów nasyconych w mleku owiec górskich systematycznie zmniejszała się z każdym upływającym miesiącem laktacji z 62,24% w pierwszym miesiącu do 55,33% w piątym. Podobną sytuację zaobserwowano w mleku owiec długowieństych, w którym jednak ilość kwasów nasyconych istotnie zwiększyła się w końcowym siódmym miesiącu laktacji [Ciuryk, Molik i Pustkowiak 2001]. Również S. Perea i współautorzy [2000] stwierdzili w mleku owiec lacha niższą zawartość kwasów nasyconych oraz krótkołańcuchowych w mleku z lipca w stosunku do mleka z kwietnia i lutego. Wyższą niż w omawianym doświadczeniu zawartość kwasów nasyconych w pierwszym miesiącu laktacji w mleku owiec górskich (68,5%) uzyskali B. Patkowska-Sokoła i współpracownicy [2001]. W mleku mieszańców zawartość kwasów nasyconych w drugim miesiącu laktacji nieznacznie wzrosła z 61,72% w pierwszym miesiącu do 61,96%. W trzecim miesiącu nastąpił istotny spadek do poziomu 55,83% i w kolejnych miesiącach ponowny znaczący wzrost do poprzedniego poziomu. W mleku owiec olkuskich, podobnie jak w przypadku sumy kwasów $C_{4:0}-C_{10:0}$, ilość wszystkich kwasów nasyconych w miesiącu drugim znacząco zmniejszyła się, w trzecim miesiącu istotnie wzrosła do poziomu 71,3%, a w czwartym ponownie obniżyła się do najniższego poziomu 62%. Podobnie jak w mleku owiec olkuskich i górskich spadek zawartości kwasów nienasyconych w miesiącu maju z 67% do 64% odnotowali B. Meluchova i współautorzy [2008]. Wyższe niż w mleku owiec olkuskich zawartości kwasów nasyconych w pierwszym miesiącu laktacji uzyskano w mleku owiec fryzyjskich, merynos polski i charolaise [Patkowska-Sokoła i in. 2001].

Mleko owiec górskich w pierwszym miesiącu laktacji charakteryzowało się zawartością kwasu oleinowego na poziomie 25,42% nieznacznie niższą niż stwierdzona przez B. Patkowską-Sokołę i współautorów [2001]. W drugim miesiącu jego ilość zmniejszyła się do 23,20%, a w kolejnych miesiącach systematycznie wzrastała aż do 29,29% w piątym miesiącu. W mleku mieszańców zawartość kwasu $C_{18:1}$ (cis-9) w pierwszym i trzecim miesiącu wynosiła około 27,7%, a w miesiącu drugim nastąpił ponadjednoprocentowy spadek. W dwóch ostatnich z analizowanych miesięcy ilość tego kwasu ponownie zmniejszyła się do około 25,5%. Zmiany zawartości kwasu oleinowego w mleku owiec olkuskich przebiegały sinusoidalnie, w pierwszym miesiącu jego ilość wynosiła prawie 22%, w drugim istotnie wzrosła

do 25,81%, w trzecim spadła poniżej 20%, a w czwartym ponownie istotnie wzrosła do 26,26%. A. Nudda i współautorzy [2005] zaobserwowali, że zawartość tego kwasu zwiększa się w kolejnych miesiącach laktacji. B. Meluchova i współautorzy [2008] stwierdzili spadek zawartości tego kwasu w drugim miesiącu wypasów, a następnie systematyczny wzrost aż do uzyskania początkowego poziomu około 22% w końcowym okresie wypasów.

Zawartość kwasu $C_{18:2}$ trans w mleku owiec górskich w pierwszych dwóch miesiącach była na podobnym poziomie, natomiast w miesiącu trzecim istotnie zmniejszyła się do poziomu około 0,6%. W czwartym miesiącu laktacji, po wyprowadzeniu owiec na pastwisko, nastąpił prawie dwukrotny w stosunku do trzeciego miesiąca laktacji wzrost ilości tego kwasu, a w piątym nie aż tak duży, ale znaczący spadek do poziomu 1,14%. W mleku mieszańców również w dwóch pierwszych miesiącach ilość kwasu $C_{18:2}$ trans była na zbliżonym poziomie około 0,65%, a w miesiącu trzecim, kiedy owce wyprowadzono na wypasy, ilość tego kwasu podwoiła się. W kolejnych dwóch miesiącach nastąpił istotny spadek do poziomu około 0,8%. Mleko owiec olkuskich w pierwszych trzech miesiącach laktacji zawierało około 0,4–0,5% kwasu $C_{18:2}$ trans, a w ostatnim z analizowanych miesięcy jego ilość istotnie wzrosła do poziomu 0,66%.

W pierwszych trzech miesiącach laktacji w przypadku mleka owiec górskich oraz w pierwszych dwóch miesiącach w przypadku mleka mieszańców zawartość kwasu $C_{18:2}$ (trans-9_12) była na zbliżonym poziomie (od 0,63% do 0,69%). W kolejnym miesiącu, czyli po wyprowadzeniu owiec na pastwiska, zawartość tego kwasu znacząco wzrosła do poziomu 1,20% w mleku owiec górskich i 1,29% w mleku mieszańców. W ostatnim z analizowanych miesięcy laktacji ilość kwasu $C_{18:2}$ (trans-9_12) w mleku owiec górskich nieznacznie zmniejszyła się, natomiast w mleku mieszańców ilość tego kwasu w ostatnich dwóch miesiącach zmniejszyła się istotnie, osiągając poziom zbliżony do tego z początkowej fazy laktacji. W mleku owiec olkuskich zawartość formy trans-9_12 kwasu $C_{18:2}$ była najniższa i w pierwszych trzech miesiącach wahała się w granicach 0,42–0,52%, a w czwartym miesiącu istotnie wzrosła do poziomu 0,66%.

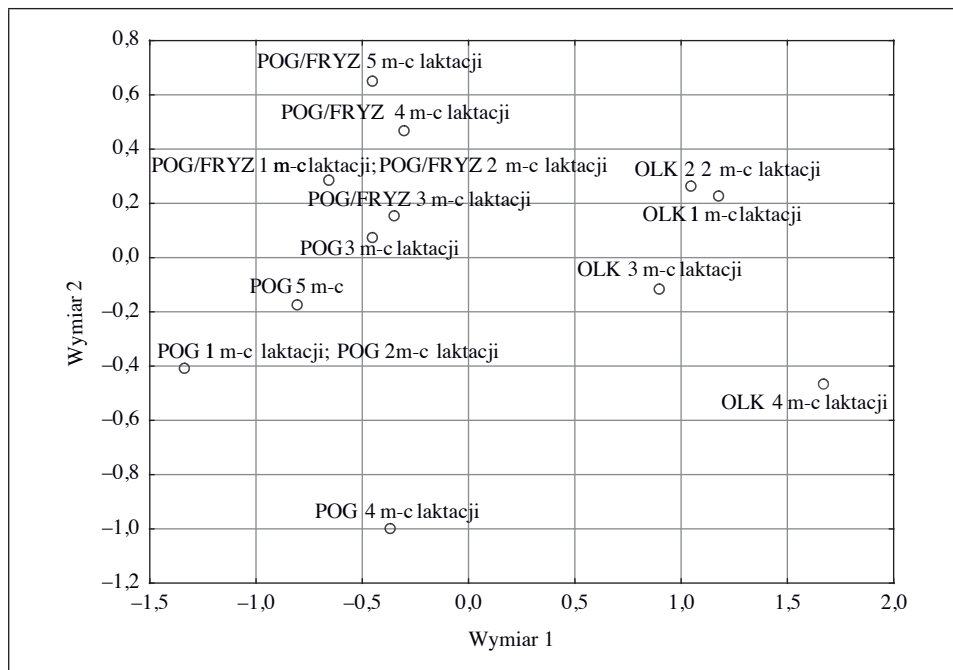
Zawartość kwasu linolowego wahała się w granicach 1,65–3,14%. Mleko owiec górskich zawierało w początkowej fazie laktacji 2,10% tego kwasu. W kolejnym miesiącu nastąpił nieznaczny spadek jego ilości, a następnie istotny wzrost do poziomu 2,57%. W ostatnim miesiącu ilość kwasu $C_{18:2}$ (cis-9_12) ponownie zmniejszyła się. Mleko mieszańców w pierwszym miesiącu laktacji zawierało tyle samo kwasu n-6, ile mleko owiec górskich. Następnie jego zawartość wzrosła, sięgając 3,14% w trzecim miesiącu laktacji. W ostatnich dwóch miesiącach nastąpił znaczący spadek do poziomu 1,83–2,05%. W mleku owiec olkuskich zawartość formy cis-9_12 kwasu $C_{18:2}$ w drugim miesiącu laktacji znacząco wzrosła, osiągając najwyższą w ciągu całej laktacji zawartość 2,90%. W kolejnych

miesiącach zawartość kwasu linolowego systematycznie zmniejszała się aż do poziomu 1,65% w ostatnim z analizowanych miesięcy laktacji. Spadek zawartości tego kwasu w miesiącu maju w stosunku do poprzedniego miesiąca potwierdzają również badania prowadzone na mleku owiec hodowanych na Słowacji, a uzyskane wartości wynosiły odpowiednio 2,94% i 2,30% [Meluchova *et al.* 2008].

Zmiany zawartości kwasu linolenowego w mleku owiec górskich i mieszańców przebiegały podobnie. Stosunkowo wysoka początkowa zawartość tego kwasu w mleku owiec górskich w miesiącu drugim i trzecim jeszcze wzrosła, osiągając poziom około 2,3%. W kolejnych dwóch miesiącach ilość kwasu linolenowego zmniejszała się, osiągając ostatecznie poziom 1,37%. W mleku mieszańców również w pierwszych trzech miesiącach laktacji zawartość kwasu C_{18:3} (cis-9_12_15) była wysoka, a w dwóch ostatnich znacząco obniżyła się do poziomu około 1,3%. Biorąc pod uwagę miesiąc laktacji, nieco niższą zawartość tego kwasu w kwietniu i maju stwierdzili B. Meluchova i współautorzy [2008]; odpowiednio 1,06% i 1,24%. Mleko owiec olkuskich w niniejszym doświadczeniu zawierało znacząco mniej kwasu linolenowego w stosunku do mleka owiec pozostałych ras, a jego zawartość w miesiącu pierwszym, drugim i czwartym wynosiła około 0,8–0,9%. Istotnie więcej tego kwasu zawierało mleko z trzeciego miesiąca laktacji – 1,17%. Jak podaje A. Nudda i współautorzy [2005], zawartość kwasu C_{18:3} (cis-9_12_15), podobnie jak kwasu CLA i wakcenenowego, zmniejsza się wraz z upływem laktacji, co jest prawdopodobnie związane ze zmianami w roślinności pastwiska, tj. w szczególności z dojrzewaniem traw, w wyniku którego zmniejsza się ilość kwasu linolenowego. Prawdopodobna jest również teza, że zielona młoda trawa stymuluje rozwój specyficznych bakterii w żwaczu, co ma wpływ na produkcję tych kwasów. Ponieważ badania te były prowadzone we Włoszech, gdzie pierwszy miesiąc doświadczenia zbiegał się w wyprowadzeniu owiec na pastwiska, uzyskane w niniejszej pracy wyniki (biorąc pod uwagę miesiąc wyprowadzenia zwierząt na pastwiska) zgodne są z uzyskanymi przez tych autorów.

Suma kwasów jednonienasyconych w mleku owiec górskich, po niewielkim spadku w miesiącu drugim (29,12% z 30,87%), systematycznie wzrastała, osiągając poziom 37,39% w piątym miesiącu laktacji. W mleku mieszańców, podobnie jak w mleku owiec górskich, zawartość kwasów jednonienasyconych w drugim miesiącu laktacji zmniejszyła się z 32,11% do 31,56%. W trzecim miesiącu laktacji mleko mieszańców zawierało najwięcej kwasów MUFA (ponad 35%), w następnym odnotowano znaczący, systematyczny spadek ilości tych kwasów. Mleko owiec olkuskich w pierwszym miesiącu laktacji zawierało około 26% kwasów jednonienasyconych. Ilość ta istotnie zwiększyła się w drugim miesiącu laktacji, następnie odniżyła się do około 24% i ponownie istotnie wzrosła do 33% w czwartym miesiącu laktacji. W niniejszej pracy suma kwasów jednonienasyconych w mleku owiec górskich w pierwszym miesiącu laktacji była wyższa niż stwierdzona przez

B. Patkowską-Sokołą i współautorów [2001], zbliżona do wartości uzyskanych przez nich w mleku wrzosówki i muflona (około 30,85%).



Rys. 1. Wyniki skalowania wielowymiarowego przedstawiające konfigurację mleka owiec różnego genotypu i z różnych miesięcy laktacji wyznaczoną profilem kwasów tłuszczowych mleka

Źródło: badania własne.

Suma kwasów wielonienasyconych w mleku owiec górskich systematycznie wzrastała, w tym istotnie w czwartym miesiącu laktacji, osiągając poziom 8,31%. W ostatnim z analizowanych miesięcy ilość kwasów PUFA obniżyła się do 7,33%. Podobnie w mleku mieszańców do trzeciego miesiąca włącznie ilość tych kwasów wzrastała aż do poziomu 8,70%, a w kolejnych dwóch miesiącach istotnie zmniejszyła się. Zmiany zawartości kwasów wielonienasyconych w mleku owiec olkuskich miały podobny przebieg, jak w przypadku kwasów jednonienasyconych. Istotnie wyższą zawartość kwasów PUFA odnotowano w drugim i czwartym miesiącu laktacji, odpowiednio 4,97% i 4,66%, w stosunku do 4,20% w pierwszym miesiącu oraz 4,38% w trzecim miesiącu laktacji. Uzyskane wyniki analiz mleka owiec górskich i mieszańców zgodne są z doniesieniami literaturowymi, które wskazują, że ilość kwasów PUFA znacząco wzrasta, gdy zwierzęta mają dostęp do młodej, świeżej trawy. Następnie w miarę dojrzewania roślinności na pastwi-

skach ilość tych kwasów zawartych w mleku zmniejsza się. Badania prowadzone na Słowacji również potwierdzają, że w końcowym okresie wypasów (wrzesień) następuje ponowny wzrost zawartości kwasów PUFA (ponad 8%) i CLA (2,7%), co związane jest ponownym dostępem do młodej roślinności [Meluchova *et al.* 2008, Ostrovsky *et al.* 2009]. Znacznie niższe zawartości kwasów wielonienasyconych w pierwszym miesiącu laktacji stwierdzono w mleku owiec charolaise (1,87%), merynosa polskiego (3,21%), owcy fryzyjskiej (3,67%) i muflona (3,77%). Jedynie mleko wrzosówki charakteryzowało się zbliżoną do mleka mieszańców zawartością kwasów PUFA – 5,6% [Patkowska-Sokoła 2001].

Jak wynika z rys. 1, przedstawiającego wyniki skalowania wielowymiarowego, biorąc pod uwagę profil kwasów tłuszczowych, mleko owiec olkuskich wyraźnie odróżnia się od mleka owiec pozostałych ras. Podobny skład wykazuje mleko owiec olkuskich z dwóch pierwszych miesięcy laktacji. Również punkty obrazujące profil kwasów tłuszczowych mleka owiec górskich z dwóch pierwszych miesięcy, a także mieszańców z dwóch pierwszych miesięcy znajdują się w bliskiej odległości. Sugeruje to, że skład mleka w dwóch pierwszych miesiącach laktacji jest podobny. Mleko owiec górskich z czwartego miesiąca laktacji wyraźnie odróżnia się od pozostałych, co spowodowane jest istotnym wzrostem zawartości kwasów nasyconych krótkołańcuchowych, wielonienasyconych oraz spadkiem zawartości kwasów nasyconych.

4. Podsumowanie

Analizując wyniki badań, należy zauważyć, że skład wszystkich omawianych kwasów tłuszczowych mleka owczego, bez względu na rasę owiec, istotnie różni się w zależności od miesiąca laktacji. Wyjątek stanowił kwas kapronowy w mleku owiec olkuskich, którego zmiany zawartości były niewielkie. Trudno jest jednak określić pewne tendencje związane ze zmianami składu kwasów tłuszczowych w zależności od miesiąca laktacji, gdyż w zależności od rasy niektóre zmiany miały odmienny przebieg. W mleku owiec górskich i mieszańców zawartość kwasu $C_{4:0}$, $C_{6:0}$, $C_{8:0}$ oraz suma kwasów $C_{4:0}-C_{10:0}$ początkowo obniżały się, następnie zauważalny jest wzrost i ponowny spadek. Z kolei zawartość kwasów wielonienasyconych początkowo zwiększała się do trzeciego miesiąca laktacji w przypadku mleka mieszańców oraz czwartego w przypadku mleka owiec górskich, a następnie znacząco obniżyła się. W mleku owiec olkuskich zawartość kwasów nasyconych krótkołańcuchowych i kwasów nasyconych w pierwszym i trzecim miesiącu laktacji była znacząco wyższa w porównaniu z wynikami z miesiąca drugiego i czwartego, a zawartość kwasu oleinowego, kwasów jedno- i wielonienasyconych była znacząco niższa.

Należy zauważyć, że pewne zmiany w profilu kwasów tłuszczowych związane mogą być z wyprowadzeniem owiec na wiosennoletnie wypasy na halach, co potwierdzają również inne badania [Meluchova *et al.* 2008, Nudda *et al.* 2005, Ostrovsky *et al.* 2009]. Skutkowało to w pierwszym miesiącu wypasów znaczącym spadkiem ilości kwasów nasyconych i wzrostem kwasów nienasyconych oraz nasyconych krótkołańcuchowych, co w szczególności było widoczne na przykładzie mleka owiec górskich i mieszańców.

Dla jednoznacznego określenia wpływu miesiąca laktacji na skład mleka, w tym także profil kwasów tłuszczowych, należałoby w ciągu całego okresu prowadzenia doświadczenia utrzymywać zwierzęta w jednakowych warunkach przede wszystkim dotyczących żywienia (np. wyłącznie system alkierzowy). Jednak taki model doświadczenia, jaki przyjęto w pracy, stosowany jest w badaniach prawdopodobnie z uwagi na fakt, że odmiennie niż w przypadku hodowli krów, hodowla owiec wykorzystuje tradycyjny sposób uwzględniający wypasanie owiec na pastwiskach. Stąd też analizując zmiany składu mleka owczego, ocenia się mleko pozyskiwane od zwierząt utrzymywanych w sposób zwyczajowy.

Literatura

- Albenzio M. *et al.* [2005], *Proteolytic Patterns and Plasmin Activity on Ewes' Milk as Affected by Somatic Cell Count and Stage of Lactation*, „Journal of Dairy Research”, 72.
- Atti N., Rouissi H., Othmane M.H. [2006], *Milk Production, Milk Fatty Acid Composition and Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content in Dairy Ewes Raised on Feedlot or Grazing Pasture*, „Livestock Science”, vol. 104, nr 1–2.
- Bonczar G. [1998], *Badania nad jakością i przydatnością do przetwórstwa mleka owczego*, „Przegląd Mleczarski”, nr 11.
- Bonczar G., Paciorek A. [1999], *Właściwości mleka owczego*, „Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, Technologia Żywności”, t. 11.
- Bzducha A. [2008], *Kwasy tłuszczowe o konfiguracji trans, źródło pochodzenia a wpływ na zdrowie człowieka w kontekście znakowania środków spożywczych*, „Przegląd Mleczarski”, nr 4.
- Cardak A.D., Yetismeyen A., Brückner H. [2003a], *Quantitative Comparison of Camel, Goat and Cow Milk Fatty Acids*, „Milchwissenschaft”, vol. 58, nr 1–2.
- Cardak A.D., Yetismeyen A., Brückner H. [2003b], *Quantitative Comparison of Free Fatty Acids in Camel, Goat and Cow Milk*, „Milchwissenschaft”, nr 3/4.
- Cichosz G. [2007a], *Prozdrowotne właściwości tłuszczu mlekowego*, „Przegląd Mleczarski”, nr 5.
- Cichosz G. [2007b], *Zdrowotne skutki substytucji tłuszczu mlekowego olejami roślinnymi*, „Przegląd Mleczarski”, nr 12.
- Ciuryk S., Molik E., Pustkowiak H. [2001], *Zmiany poziomu kwasów tłuszczowych i cholesterolu w mleku polskich owiec długowłnistych w okresie mlecznego użytkowania*, „Roczniki Naukowe Zootechniki. Supplement”, nr 12.

- Contarini G., Pelizzola V., Povolò M. [2009], *Content of Conjugated Linoleic Acid in Neutral and Polar Lipid Fractions of Milk of Different Ruminant Species*, „International Dairy Journal”, nr 19.
- Dobosz M. [2001], *Wspomagana komputerowo statystyczna analiza wyników badań*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa.
- Drożdż A. [2000], *Mleczność owiec górskich i ich mieszańców FI z trykami wschodnio-fryzjskimi*, „Roczniki Naukowe Zootechniki”, nr 3.
- Drożdż A. [1999], *Stan aktualny oraz problemy użytkowania mlecznego owiec w rejonach górskich*, III Owczarska Szkoła Wiosenna „Alternatywne kierunki wykorzystania krajowego pogłowia owiec”, Krynica 12–14.04.1999.
- Gatnar E., Walesiak M. [2004], *Metody statystycznej analizy wielowymiarowej w badaniach marketingowych*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław.
- Goudjil H. [2004], *Quantitative Characterization of Unsaturated and Trans Fatty Acids in Ewe's Milk Fat*, „Lait”, nr 84.
- Guzek D., Głabska D. [2008], *Sprzężony dien kwasu linolowego w produktach mlecznych a możliwości podnoszenia właściwości prozdrowotnych żywności*, „Przegląd Mleczarski”, nr 1.
- Gwoździejewicz A., Ciurus J., Brzóška B. [1988], *Wydajność i skład chemiczny mleka polskiej owcy górskiej i jej krzyżówek z owcą fryzjską*, „Roczniki Naukowe Zootechniki”, nr 1.
- Hodowla owiec* [1998], red. M. Wójcikowska-Soroczyńska, SGGW, Warszawa.
- Jurczak M. [2005], *Mleko – produkcja, badanie, przerób*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Kędzior W. [2005], *Owcze produkty spożywcze*, PWE, Warszawa.
- Khanal R.C., Olson K.C. [2004], *Factors Affecting Conjugated Linoleic acid (CLA) Content in Milk, Meat, and Egg: a Review*, „Pakistan Journal of Nutrition”, nr 2 (3).
- Knight T.W. et al. [2004], *Conjugated Linoleic Acid Concentration (CLA) in the m. Longissimus Thoracis of the Offspring of RomneyEwes Screened for High and Low CLA in their Milkfat*, „New Zealand Journal of Agricultural Research”, nr 47.
- Kondyli E., Katsiari M.C. [2002], *Fatty Acid Composition of Raw Ewe's Milk of Boutsiko Breed During Lactation*, „Milchwissenschaft”, nr 2 (57).
- Luna P. et al. [2005], *Conjugated Linoleic Acid in Ewe Milk Fat*, „Journal of Dairy Research”, nr 72.
- Martini M. et al. [2008], *Relationship between Morphometric Characteristics of Milk Fat Globules and the Cheese Making Aptitude of Sheep's Milk*, „Small Ruminant Research”, nr 74.
- Meluchova B. et al. [2008], *Seasonal Variations in Fatty Acid Composition of Pasture Forage Plants and CLA Content in Ewe Milk Fat*, „Small Ruminant Research”, nr 78.
- Mojska H. [2006], *Czy istnieje potrzeba znakowania żywności zawartością izomerów trans kwasów tłuszczowych?*, „Przemysł Spożywczy”, nr 11.
- Mroczkowski S., Borys B., Piwczyński D. [1999], *Wpływ wieku oraz stadium laktacji na produkcję mleka, morfologię oraz zdrowotność wymienia maciorek mieszańców FI fryz x merynos*, „Zeszyty Naukowe PTZ”, nr 43.
- Mroczkowski S., Piwczyński D. [2000], *Wpływ niektórych czynników na mleczność owiec rasy suffolk i ich mieszańców*, „Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Konferencje”, nr 399.

- Muir D.D. *et al.* [1993], *Ovine Milk. 1. Seasonal Changes in Composition of Milk from a Commercial Scottish Flock*, „Milchwissenschaft”, nr 7 (48).
- Nudda A. *et al.* [2005], *Seasonal Variation in Conjugated Linoleic Acid and Vaccenic Acid in Milk Fat of Sheep and its Transfer to Cheese and Ricotta*, „Journal of Dairy Science”, nr 88.
- Ostrovsky I. *et al.* [2009], *Variation in Fatty Acid Composition of Ewes' Milk During Continuous Transition from Dry Winter to Natural Pasture Diet*, „International Dairy Journal”, nr 19.
- Park Y.W. *et al.* [2007], *Physico-chemical Characteristics of Goat and Sheep Milk*, „Small Ruminant Research”, nr 68.
- Patkowska-Sokoła B., Bodkowski R., Jędrzejczak J. [2000], *Zawartość sprzężonych dienów kwasu linolowego (SKL) w mięsie i mleku różnych gatunków zwierząt*, „Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Konferencje”, nr 399, Wrocław.
- Patkowska-Sokoła B. [2001], *Skład chemiczny i profil kwasów tłuszczowych mleka różnych ras owiec*, „Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu”, nr 429, Wrocław.
- Perea S. [2000], *Seasonal Changes in the Fat Composition of Lacha sheep's Milk Used for Idiazabal Cheese Manufacture*, „European Food Research and Technology”, nr 210.
- Pieczonka W. [1999], *Towaroznawstwo mleka*, Wydział Ekonomii w Rzeszowie, Akademia Rolnicza w Krakowie, Rzeszów.
- Ploumi K., Belibasaki S., Triantaphyllidis G. [1998], *Some Factors Affecting Daily Milk Yield and Composition in the Flock of Chios Ewes*, „Small Ruminant Research”, nr 28.
- PN-EN ISO 5508:1996 Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Analiza estrów metylo-
wych kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej.
- PN-EN ISO 5509:2001 Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Przygotowanie estrów
metylowych kwasów tłuszczowych.
- Podstawy chowu i hodowli owiec* [2000], red. B. Patkowska-Sokoła, Wydawnictwo AR,
Wrocław.
- Radzik-Rant A. [1996], *Analiza składu kwasów tłuszczowych w mięsie, tłuszczu i mleku
owiec rasy wrzosówka*, „Zeszyty Naukowe PTZ”, nr 23.
- Scolozzi C., Martini M., Abramo F. [2003], *A Method for Identification and Characteri-
zation of Ewe's Milk Fat Globules*, „Milchwissenschaft”, nr 9/10.
- Sevi A. *et al.* [2004], *Effects of Lambing Season and Stage of Lactation on Ewe Milk
Quality*, „Small Ruminant Research”, nr 51.
- Tsiplakou E., Kominakis A., Zervas G. [2008], *The Interaction between Breed and Diet
on CLA and Fatty Acids Content of Milk Fat of four Sheep Breeds Kept Indoors or at
Grass*, „Small Ruminant Research”, nr 74.
- Woods V.B. *et al.* [2005], *Dietary Sources of Unsaturated Fatty Acids for Animals and
their Subsequent Availability in Milk, Meat and Eggs*, Agri-Food and Biosciences
Institute (AFBI), Hillsborough.
- Żegarska Z. [2005], *Składniki tłuszczu mlekowego o potencjalnym działaniu przeciwno-
wotworowym*, „Przegląd Mleczarski”, nr 6.

Changes in the Content of Selected Fatty Acids of Sheep's Milk Depending on the Month of Lactation

This paper presents the results of an analysis of the composition of sheep milk fatty acids. Milk from Olkuska sheep, Polish mountain sheep, and crossbreeds of Polish mountain sheep and Friesian sheep (75% x 25%) was examined. The fatty acid profiles were analysed according to the month of lactation. Significant differences in fatty acid composition were observed for each breed. In the third and fourth month of lactation, in the milk of crossbreeds and Polish mountain sheep, respectively, saturated fatty acid content significantly decreased while the unsaturated and short-chain saturated fatty acid content increased. In the milk of Olkuska sheep, the content of short-chain saturated fatty acids and saturated fatty acids in the first and third months of lactation was significantly higher, while the content of oleic acid, mono- and polyunsaturated fatty acids was significantly lower than in the second and fourth months. It was also observed that the fatty acid profile of sheep's milk in the first two months of lactation was similar.

Keywords: sheep milk, fatty acids, profile of fatty acids, month of lactation.

Ewa Pyrzyńska

Katedra Towaroznawstwa Żywności
Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

Dieta wegetariańska w świetle zasad prawidłowego odżywiania – postawy i zachowania wegetarian w Polsce

Streszczenie

Diety wegetariańskie zyskały w ostatnich latach dużą popularność. Mogą być stosowane w profilaktyce obecnie powszechnie występujących chorób cywilizacyjnych, ze względu na swoją niską wartość energetyczną przy wysokiej wartości odżywczej. Celem pracy było wykazanie czy wegetarianizm jest zgodny z zasadami prawidłowego odżywiania oraz który rodzaj diety wegetariańskiej jest najbardziej zbliżony do tradycyjnego modelu żywienia. Na podstawie badań ankietowych oraz studiów literaturowych został wysunięty wniosek, że dietą wegetariańską, najbardziej zbliżoną do mieszanego modelu żywienia, jest dieta laktoowo-wegetariańska. Diety wegetariańskie są w stanie zapewnić organizmowi niezbędne substancje odżywcze pod warunkiem odpowiedniego doboru produktów roślinnych oraz stosowania produktów pochodzenia zwierzęcego, tj. mleka, jaj. Wyjątkiem są diety ściśle wegetariańskie, które nie są zalecane przez dietetyków.

Słowa kluczowe: dieta wegetariańska, wegetarianizm, racjonalne żywienie, substytuty mięsa.

1. Wprowadzenie

Wegetarianizm jako sposób żywienia znany był od dawna, jednak znaczną popularność w USA i krajach Europy Zachodniej zyskał dopiero w ostatnich

kilkudziesięciu latach. Obecnie również w Polsce notowany jest stały wzrost zainteresowania tym modelem żywieniowym, szczególnie wśród młodzieży. Jest to związane z narastającymi we współczesnym świecie zagrożeniami zdrowotnymi, ekologicznymi i ekonomicznymi. Wegetarianizm stanowi jeden z instrumentów w walce z chorobami cywilizacyjnymi i przedwczesnym starzeniem. U osób stosujących ten rodzaj diety rzadziej występują przypadki takich chorób jak otyłość, nowotwory czy nadciśnienie tętnicze. Wegetarianizm uznawany jest powszechnie za bardzo zdrowy. Dla wielu ludzi stanowi jeden z elementów proekologicznej filozofii życiowej. Ma on szczególnie korzystny wpływ na zdrowie ludzi dorosłych, którzy zmienili dotychczasowy tradycyjny model żywienia na dietę wegetariańską [Gawęcki i Mossor-Pietraszewska 2006, Gertig i Przysławski 2006, Łukaszewski 2007, Van Horn 2011, Wills 2000, Ziemiański i Budzyńska-Topolowska 1997, *Position of the American...* 2009].

Terminem wegetarianizm (przez niektórych określanego jako jarstwo) oznacza się system żywienia, z wykluczeniem pokarmów mięsnych. Wyraz wegetarianizm pochodzi od łacińskich słów *vegetabilis* – roślinny i *vegetare* – rosnąć, rozwijać się [Kaplan 2012, Wiśniewska-Roszkowska 1987].

Klasyczny wegetarianizm polega na ograniczeniu jadłospisu wyłącznie do pokarmów pochodzenia roślinnego na bazie m.in. roślin zbożowych, strączkowych czy oleistych, ale także do warzyw, owoców, orzechów i grzybów [Barr i Chapman 2002, Gawęcki i Mossor-Pietraszewska 2006].

Wegetarianizm wywodzi się z Indii i terenów Bliskiego Wschodu, ma wiele odmian i zazwyczaj zakłada prowadzenie zdrowego stylu życia, a co za tym idzie: unikanie alkoholu, tytoniu oraz dbałość o kondycję poprzez aktywność fizyczną. Powodów prowadzenia wegetariańskiego stylu życia jest wiele, ale najważniejsze są względy etyczne, ekologiczne oraz zdrowotne [Gawęcki i Mossor-Pietraszewska 2006, Kaplan 2012, Wills 2000].

Odsetek odżywiających się ściśle wegetariańsko ludzi waha się od 1 do 4%. Obserwuje się wzrost aktywności wśród osób, które okresowo rezygnują z mięsa, nie tylko ze względów zdrowotnych [Cramm von 1997]. Biorąc jednak pod uwagę wielkość ludzkiej populacji, bardzo trudno jest określić realny odsetek wegetarian. Globalne statystyki na ten temat nie istnieją. Jest to spowodowane po pierwsze przez różnice kulturowe definiowania wegetarianizmu, po drugie brakiem takich statystyk w niektórych państwach (np. w Somalii). Spośród krajów, które prowadzą takie badania, największy odsetek wegetarian, bo aż 40%, jest w Indiach. Wynika to z faktu, że wielu Hindusów nie spożywa mięsa z powodów religijnych, wielu jest również takich, których na mięso nie stać, są więc wegetarianami z przymusu (www.wegetarianie.pl). Spośród państw europejskich największy procent wegetarian jest w Niemczech (9%), Włoszech (7%) oraz w Szwajcarii (5%). W pozostałych krajach żywienie się wedłud zasad wegetariańskich deklaruje od 0,3 do 4%

respondentów. W Polsce jest to również niewielki odsetek i wynosi niewiele ponad 1% populacji (www.evana.org).

2. Wady i zalety diet wegetariańskich

Wśród ludności zamieszkującej kraje rozwinięte, tj. USA, Europę Zachodnią, ale także Polskę, obserwuje się spożywanie nadmiernej ilości produktów pochodzenia zwierzęcego, głównie tłuszczów, tłustego mięsa czy masła. Obserwuje się także spożycie dużych ilości węglowodanów, szczególnie cukru i jego przetworów oraz żywności przetworzonej. Jednocześnie dieta jest uboga w warzywa i owoce. Takie nawyki prowadzą do chorób cywilizacyjnych, np. otyłości, miażdżycy, nadciśnienia tętniczego krwi czy cukrzycy, dlatego należałoby się zastanowić nad przyjęciem zmian w sposobie żywienia w kierunku różnych form wegetarianizmu [Bilski 1999, Ziemiański i Budzyńska-Topolowska 1997].

Dieta wegetariańska może różnić się pod względem wartości odżywczej, w zależności od jej odmiany. Zalecane jest zapoznanie się z zasadami prawidłowego odżywiania, rodzajami wegetarianizmu oraz korzyściami i zagrożeniami wynikającymi ze stosowania poszczególnych diet wegetariańskich. Nie wszystkie typy wegetarianizmu są godne polecenia [Gertig i Przysławski 2006, Wiśniewska-Roszkowska 1987, Ziemiański i Budzyńska-Topolowska 1997]. Należy wybrać taką dietę, która będzie odpowiednia dla danej populacji, kierując się obszarem geograficznym, wiekiem, płcią i rodzajem wykonywanej pracy.

Tabela 1. Walory i mankamenty diety wegetariańskiej

Walory	Mankamenty
Niska gęstość energetyczna	Kłopoty z pokryciem zapotrzebowania na energię
Wysoka gęstość odżywcza	Niedostateczna podaż białka
Ograniczona zawartość tłuszczu i nasyconych kwasów tłuszczowych	Mała wartość biologiczna białka
Zwiększony udział NNKT	Brak (deficyt) witaminy B ₁₂
Brak lub mała zawartość cholesterolu	Brak (deficyt) witaminy D
Większa zawartość węglowodanów złożonych i błonnika pokarmowego	Niedostateczna podaż wapnia, żelaza i cynku oraz mała ich biodostępność
Zwiększona podaż witaminy C	Mniejsza strawność składników odżywczych
Korzystny stosunek sodu do potasu	
Zmniejszenie zagrożenia ze strony: Węglowodorów aromatycznych, nitrozoamin, antybiotyków i leków weterynaryjnych, salmonelli, włośni itp.	Zwiększenie zagrożenia ze strony: Substancji antyodżywczych (np. glukozynolany, inhibitory proteaz), pozostałości środków ochrony roślin i nawozów

Źródło: [Gawęcki i Mossor-Pietraszewska 2006, Gertig i Przysławski 2006].

Należy bowiem pamiętać, że pod względem żywieniowo-medycznym diety wegetariańskie mogą pociągać za sobą zarówno pozytywne, jak i negatywne następstwa [Gawęcki i Mossor-Pietraszewska 2006]. W tabeli 1 przedstawiono ich najważniejsze wady i zalety.

3. Rodzaje diet wegetariańskich

Dieta semiwegetariańska (półwegetariańska). Jest to najmniej rygorystyczna ze wszystkich diet wegetariańskich, przez niektórych uznawana za niewegetariańską. Dopuszcza ona spożywanie oprócz pokarmów roślinnych, produktów mlecznych, jaj, a także, w minimalnych ilościach, ryb oraz drobiu. Dzięki temu jest to najłatwiejsza do ułożenia dieta pod względem dostarczenia organizmowi wszelkich niezbędnych składników odżywczych. Istnieje również niewielkie ryzyko wystąpienia niedoborów żywieniowych, podczas jej stosowania. W ostatnich latach wywołuje ona duże zainteresowanie wśród żywieniowców ze względu na jej potencjalne korzyści w leczeniu chorób cywilizacyjnych [Bilski 1999, Gertig i Przysławski 2006, Wills 2000].

Dieta laktoowegetariańska. Ten rodzaj diety dopuszcza, oprócz pokarmów roślinnych, spożywanie przetworów mlecznych oraz jaj. Wyklucza się pokarmy mięsne. Dieta ta w dużym stopniu umożliwia zapewnienie kompletnego zestawu składników odżywczych w dziennej racji pokarmowej [Bilski 1999, Gertig i Przysławski 2006, Wills 2000].

Dieta laktowegetariańska. Laktowegetarianie eliminują z diety wszystkie produkty pochodzenia zwierzęcego, z wyjątkiem mleka i jego przetworów. Dieta laktowegetariańska ma swoich zagorzałych zwolenników w grupach wyznaniowych i odłamach religijnych (np. Hare Krishna) [Gertig i Przysławski 2006, Wills 2000].

Dieta wegańska. Weganizm odrzuca wszelkie produkty pochodzenia zwierzęcego, a więc mleko, jaja, nabiał, a nawet miód. W skrajnych przypadkach wyklucza również pewne postaci leków, do których produkcji wykorzystuje się tkanki zwierzęce. Weganie często też nie używają przedmiotów i odzieży wykonanych ze skóry lub wełny, niektórzy spożywają tylko produkty pochodzące z upraw ekologicznych oraz pełnoziarniste. Jedyne produkty, które dostarczają weganom składników odżywczych są warzywa, owoce, zboża i inne naturalne produkty oraz wodorosty [Bilski 1999, Gertig i Przysławski 2006, Wills 2000].

Oprócz wyżej wymienionych istnieją również inne bardzo restrykcyjne odmiany wegetarianizmu, takie jak witarianizm (dopuszcza spożywanie jedynie surowych warzyw i owoców), frutarianizm (dopuszcza spożywanie jedynie surowych owoców oraz soków), makrobiotyizm oraz sproutarianizm. Diety ściśle wegetariańskie nie są polecane przez dietetyków [Gertig i Przysławski 2006, Wills 2000, *Witarianizm* 2008].

4. Źródła składników odżywczych w diecie wegetariańskiej

Posiłki wegetariańskie powinny być na tyle urozmaicone, aby dostarczały wszelkich niezbędnych składników pokarmowych [Ziemiański i Budzyńska-Topolowska 1997]. Dieta taka powinna być zbilansowana. Aby uzyskać odpowiedni poziom białka, należy stosować roślinne zamienniki mięsa, w łagodniejszych formach wegetarianizmu produkty nabiałowe, a czasem nawet mięso. Przy odpowiedniej ilości warzyw, owoców i produktów zbożowych w diecie nie powinny pojawić się niedobory witamin i składników mineralnych [Gawęcki 2003, Gertig i Przysławski 2006]. Należy jednak pamiętać o odpowiedniej obróbce kulinarnej pożywienia roślinnego [Wiśniewska-Roszkowska 1987]. W tabeli 2 przedstawiono najważniejsze źródła składników pokarmowych w diecie wegetariańskiej.

Tabela 2. Źródła składników odżywczych w diecie wegetariańskiej

Rodzaj składnika	Główne źródło
Białko	soja, soczewica, bób, groch, fasola, orzechy, produkty zbożowe, nasiona, mleko i przetwory mleczne ^a , sery ^a , jaja ^b
Tłuszcze	oleje roślinne, margaryny miękkie, orzechy
Węglowodany	pieczywo, kasze, makarony, ryż, ziemniaki, rośliny strączkowe suche
Błonnik	pieczywo z pełnego przemiału, warzywa, owoce, orzechy, rośliny strączkowe suche
Witamina C	papryka, pietruszka (nać), pomidory, kapusta brukselka, truskawki, czarna porzeczka, owoce cytrusowe, kiwi
Witaminy z gr. B	produkty zbożowe z pełnego przemiału, rośliny strączkowe suche, warzywa
Witamina A	dynia, brokuły, glony morskie, jarmuż
Witamina E	oleje, orzechy, zielone warzywa liściaste, rośliny strączkowe suche
Wapń	nasiona strączkowe suche, warzywa liściaste, glony, nasiona sezamu, orzechy, mleko i jego przetwory ^a
Żelazo	rośliny strączkowe, nasiona, glony morskie

^a w diecie laktowegetariańskiej; ^b w diecie owowegetariańskiej

Źródło: [Gertig i Przysławski 2006, Łukaszewski 2007].

5. Cel pracy i zakres badań

Celem pracy było wykazanie czy wegetarianizm jest zgodny z zasadami racjonalnego odżywiania oraz który rodzaj diety wegetariańskiej jest najbardziej zbliżony do tradycyjnego modelu żywienia.

W pracy sformułowano następujące hipotezy merytoryczne:

- dieta wegetariańska jest zgodna z zasadami racjonalnego odżywiania,
- dieta wegetariańska jest w stanie zapewnić organizmowi człowieka wszystkie niezbędne składniki odżywcze,
- istnieje rodzaj wegetarianizmu najbardziej zbliżony do tradycyjnego modelu żywienia.

Przeprowadzono analizę literaturową oraz badania ankietowe na nielosowo dobranej próbie. Jako narzędzie do przeprowadzenia badań wybrano ankietę do samodzielnego wypełnienia. Kwestionariusz podzielony został na dwie części. Pierwsza część składała się z 20 krótkich pytań dotyczących zwyczajów żywieniowych badanych, druga natomiast zawierała pytania dotyczące faktów (metryczne). Ankietę umieszczono w Internecie, część kwestionariuszy wypełniono w sposób tradycyjny

6. Omówienie wyników

W ankiecie wzięło udział 100 osób stosujących dietę wegetariańską. Najczęściej ankietę wypełniały osoby w wieku 15–34 lat. Grupa ta stanowiła aż 90% respondentów. Sytuacja taka mogła zaistnieć z dwóch powodów. Po pierwsze wegetarianizm w Polsce stał się bardziej popularny dopiero w ostatnich latach, z drugiej strony ludzie młodzi, zwłaszcza kobiety, przywiązują coraz większą wagę do zdrowego odżywiania i stylu życia. Zdecydowana większość ankietowanych pochodziła z miast oraz deklarowała wykształcenie średnie lub wyższe.

Pierwsze pytanie dotyczyło liczby spożywanych dziennie posiłków. Prawidłowo, według zasad racjonalnego odżywiania, powinno w jadłospisie znaleźć się 4–5 posiłków [Ciborowska i Rudnicka 2012]. Spożycie na takim poziomie zadeklarowało zaledwie 47% respondentów. Pozostała część ankietowanych spożywa 3, a niektórzy tylko 2 posiłki dziennie, co może przyczyniać się do spowolnienia metabolizmu i skutkować wzrostem masy ciała danej osoby.

Kolejne pytanie dotyczyło spożywania śniadania. Aż 29% respondentów rezygnuje z codziennego spożywania śniadania.

Następne pytanie dotyczyło ilości wody spożywanej w ciągu dnia. Zaledwie 50% respondentów stosuje się do ogólnie zalecanych zasad i pije dziennie 1,5–2 l wody (pod różnymi postaciami) [Ciborowska i Rudnicka 2012]. Kolejne 41% ankietowanych wypija 1–1,5 l dziennie, 10% osób zadeklarowało, że nie spożywa więcej niż 1 l wody w ciągu dnia. Tak mała ilość może doprowadzić do nieprawidłowego przebiegu wielu procesów biochemicznych w organizmie.

Warzywa i owoce są, zwłaszcza w diecie wegetariańskiej, ważnym składnikiem codziennych posiłków. Spośród ankietowanych, 42% spożywa warzywa w każdym posiłku. Kolejne 52% respondentów deklaruje spożycie na poziomie

1–2 razy na dzień. Owoce, podobnie jak warzywa, ze względu na dużą zawartość cennych witamin i mikroelementów powinny znaleźć miejsce w codziennej diecie. Tymczasem tylko 51% ankietowanych deklaruje spożywanie ich codziennie.

Podstawą nowej piramidy żywienia jest ruch (www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/what-should-you-eat/pyramid/). Z tego powodu kolejne pytanie skierowane do respondentów dotyczyło regularnego wysiłku fizycznego. 42% ankietowanych nie uprawia regularnie żadnej dyscypliny sportowej. Pozostali respondenci są aktywni w co najmniej jednej dyscyplinie.

Kolejne z pytań dotyczyło rodzaju diety wegetariańskiej, która stosowana jest przez respondentów. Odpowiedzi okazały się zróżnicowane. Największy odsetek respondentów stosuje dietę laktoowegetariańską (69%). Semiwegetarianizm deklaruje 16% ankietowanych, natomiast ścisły wegetarianizm, czyli weganizm – 11 osób. Pozostałe 4% to po równo lakto- i owowegetarianie. Żadna osoba nie zadeklarowała żywienia się w sposób witarianiński, frutarianiński czy nutarianiński.

Przyczyn stosowania diety wegetariańskiej było kilka. Zdecydowana większość respondentów jest przeciwna zabijaniu zwierząt, 17% nie spożywa mięsa ze względów zdrowotnych, 3% osób zostało namówionych przez rodzinę lub znajomych. Pozostała część ankietowanych wymieniała inne powody, do których należą między innymi obrzydzenie do mięsa, złe walory smakowe mięsa, złe warunki hodowli zwierząt, względy etyczne lub chęć niespożywania mięsa z różnych innych pobudek, które trudno było wyjaśnić. Żaden z respondentów nie jest wegetarianinem ze względów czysto religijnych, ani dlatego że wegetarianizm jest w modzie. Warto zwrócić uwagę, że w większości respondenci stosowali w przeszłości dietę mieszaną, a następnie rozpoczęli stosowanie diety wegetariańskiej. Spośród ankietowanych 62% odczuło pozytywną zmianę samopoczucia po przejściu na dietę wegetariańską.

Zdecydowana większość respondentów (84%) twierdzi, że stosowany przez nich rodzaj diety zapewnia im wszelkie składniki odżywcze. Pozostałe 16% uważa, że tak nie jest. To osoby stosujące bardziej restrykcyjne typy wegetarianizmu, głównie weganie, którzy zdają sobie sprawę, że bez dodatkowej suplementacji, bardzo trudno jest dostarczyć organizmowi wszystkich niezbędnych substancji odżywczych.

W następnym punkcie zapytano respondentów o stosowane przez nich substytuty białka zwierzęcego. Najwięcej, bo 61% osób, zastępuje białko zwierzęce roślinami strączkowymi, w tym najczęściej soją, ze względu na wysoką wartość biologiczną i przyswajalność, 19% respondentów jako substytut stosuje inne warzywa, 9% orzechy. Pozostałe 11% podało inne źródła białka. Najczęściej wymieniano różne kompozycje warzyw strączkowych, orzechów oraz innych warzyw i owoców, ponadto produkty mleczne, ryby (semiwegetarianie), kasze, jaja. Były również osoby, które twierdziły, że białko zwierzęce nie jest w ogóle potrzebne, więc nie muszą go niczym zastępować.

Respondenci mieli się również ustosunkować do podanych stwierdzeń, dotyczących żywności wegetariańskiej oraz jej dostępności w ich miejscu zamieszkania. Spośród respondentów 39% uważa, że żywność wegetariańska jest droższa niż konwencjonalna, 28 osób nie ma zdania, natomiast pozostała część twierdzi, że żywność ta jest tańsza. Kolejne stwierdzenie, że w restauracjach jest duży wybór dań wegetariańskich, nie potwierdziło się. Aż 75% ankietowanych nie zgadza się, bądź całkowicie się z tym nie zgadza. Jedynie 4% twierdzi, że restauracje oferują różnorodne produkty wegetariańskie. Jednak przygotowywanie posiłków w domu nie powinno ankietowanym przysparzać większych problemów, gdyż niemal 60% z nich twierdzi, że w ich miejscu zamieszkania łatwo jest zakupić żywność wegetariańską. Zaledwie 22% nie zgadza się z tym stwierdzeniem.

Dieta wegetariańska może wywoływać różne reakcje otoczenia. Członkowie rodziny i znajomi zaledwie 19% ankietowanych w pełni akceptują ich przyzwyczajenia żywieniowe, a 29% respondentów twierdzi, że ich otoczenie zupełnie tego nie akceptuje, wręcz uznaje to za dziwactwo i próbuje przekonać do spożywania mięsa oraz produktów pochodzenia zwierzęcego. Pozostali respondenci odpowiedzieli, że ich otoczenie nie zwraca uwagi na to, w jaki sposób się odżywiają.

Wegetarianizm to nie tylko sam sposób żywienia, ale również styl życia. Ciekawostką jest, że aż 64% ankietowanych używa (nosi) rzeczy zrobione ze skóry, takie jak: meble, odzież itp., a pozostałe 36% uważa takie zachowania za nieetyczne.

7. Uwagi końcowe

Przeprowadzone badania pozwoliły na sformułowanie uwag końcowych.

Wegetarianizm jest to model żywienia, który wzbudza zainteresowanie głównie młodych kobiet zamieszkujących duże miasta, które starają się prowadzić zdrowy styl życia. Głównymi przesłankami stosowania diety wegetariańskiej w tej grupie są zdrowie, etyka oraz dbałość o środowisko. Większość wegetarian odżywia się zgodnie z zasadami racjonalnego odżywiania, spożywa dużo warzyw i owoców, gdyż stara się zapewnić swojemu organizmowi odpowiednią ilość witamin i minerałów.

Jednym z celów pracy było wyselekcjonowanie rodzaju diety wegetariańskiej, która jest najbardziej zbliżona do tradycyjnego, mieszanego modelu żywienia. Na podstawie literatury przedmiotu oraz odpowiedzi respondentów można stwierdzić, że najlepsze efekty zapewnia stosowanie diety semiwegetariańskiej. W diecie tej dopuszcza się spożywanie niewielkich ilości ryb i drobiu, dzięki czemu nie występują niedobory białkowe. W ostatnich latach wzbudziła ona nawet zainteresowanie naukowców, którzy doszli do wniosku, że jej stosowanie może wpłynąć na poprawę zdrowia i ochronę przed wieloma chorobami cywilizacyjnymi. Jednak z uwagi na

możliwość spożywania w niej mięsa, przez wielu wegetarian nie jest uznawana za dietę wegetariańską. Z tych względów należy wymienić drugi rodzaj diety wegetariańskiej, który jest najbliższy modelowi tradycyjnemu. Jest to dieta laktoowo-wegetariańska stosowana przez wiele osób, w tym większość respondentów, którzy wzięli udział w badaniach. Wyklucza ona mięso, ale dzięki spożywaniu takich produktów zwierzęcych jak mleko i jego przetwory oraz jaja znacznie zmniejsza ryzyko powstawania niedoborów białkowych. W celu odpowiedniego zbilansowania diety konieczne jest stosowanie różnorodnych produktów.

Najważniejszym celem pracy było udowodnienie czy wegetarianizm jest zgodny z zasadami racjonalnego odżywiania oraz czy jest w stanie zapewnić organizmowi wszystkich niezbędnych składników odżywczych. Odpowiedzi na te pytania nie są jednoznaczne, ponieważ zależy to od rodzaju diety, którą się stosuje. Jeśli jest ona mniej restrykcyjna, jak wspomniane wyżej semiwegetarianizm i laktoowo-wegetarianizm, znacznie łatwiej ułożyć jest taką dietę, która byłaby zgodna z zasadami prawidłowego żywienia. Można bowiem zastosować produkty ze wszystkich grup i wtedy prawdopodobieństwo wystąpienia jakichkolwiek niedoborów będzie niewielkie. Szczególnie niebezpieczne są niedobory białkowe. Zaleca się, aby dziennie dostarczać organizmowi 40–50% białka z produktów pochodzenia zwierzęcego, gdyż są to białka pełnowartościowe, a więc zawierają wszystkie aminokwasy egzogenne. Osoby stosujące łagodne formy wegetarianizmu są w stanie osiągnąć ten poziom dzięki uzupełnianiu pokarmów roślinnych niewielkimi ilościami pokarmów zwierzęcych. W przypadku diet ściśle wegetariańskich jest inaczej. Białko roślinne, mimo że dobrze przyswajalne (np. z soi), nie jest pełnowartościowe i nie zawiera wszystkich niezbędnych aminokwasów, przez co nie zachodzi prawidłowa przemiana białkowa. Należy zwrócić uwagę również na to, że niektóre składniki są bardzo trudno przyswajalne z produktów roślinnych (wapń, cynk i żelazo). Niedobór tego ostatniego jest szczególnie niebezpieczny dla kobiet w ciąży. Ścisłe diety wegetariańskie mogą doprowadzić również do niedoborów witamin B₁₂ i D. Niektórzy mogą powiedzieć, że przejście na wegetarianizm lub weganizm nie musi powodować niedoboru jakichkolwiek składników odżywczych, gdyż zróżnicowana dieta pomaga w ich zapobieganiu. Jednak należy pamiętać o opinii lekarzy i naukowców, którzy nie aprobują radykalnych form wegetarianizmu, takich jak weganizm, frutarianizm czy makrobiotyizm. Twierdzą oni, że diety te są niebezpieczne dla zdrowia człowieka, co więcej nie zaleca się też stosowania w ogóle diet ściśle wegetariańskich u dzieci, młodzieży i kobiet w ciąży. Wyjątkiem jest dieta laktoowo-wegetariańska, która według najnowszych doniesień stosowana może być nawet u dzieci w wieku przedszkolnym. Odpowiednio zbilansowana dieta wegetariańska jest w stanie dostarczyć wszystkie niezbędne składniki odżywcze.

Literatura

- Barr S.I., Chapman G.E. [2002], *Perceptions and Practices of Self-defined Current Vegetarian, Former Vegetarian and Nonvegetarian Women*, „Journal of the American Dietetics Association”, nr 102 (3).
- Bilski J. [1999], *Racjonalne odchudzanie, czyli droga do ponownej młodości dla walczących z nadwagą*, Wydawnictwo ASTRUM, Wrocław.
- Ciborowska H., Rudnicka A. [2012], *Dietetyka. Żywnienie zdrowego i chorego człowieka*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
- Cramm D. von [1997], *Kuchnia wegetariańska*, Oficyna Wydawnicza MAK, Warszawa.
- Gawęcki J. [2003], *Białka w żywności i żywieniu*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, Poznań.
- Gawęcki J., Mossor-Pietraszewska T. [2006], *Kompendium wiedzy o żywności, żywieniu i zdrowiu*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Gertig H., Przysławski J. [2006], *Bromatologia. Zarys nauki o żywności i żywieniu*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
- Kaplan H.F. [2012], *Vegetarianism*, Encyclopedia of Applied Ethics, Elsevier Inc., London.
- Łukaszewski W. [2007], *Wegetarianizm w praktyce*, Wydawnictwo Złote Myśli, Gliwice.
- Position of the American Dietetics Association and Dietitians of Canada: Vegetarian Diets* [2009], „Journal of the American Dietetics Association”, nr 109 (7).
- Van Horn L. [2011], *Achieving Nutrient Density: A Vegetarian Approach*, „Journal of the American Dietetics Association”, nr 111 (6).
- Wills J. [2000], *Biblia żywności i żywienia*, Wydawnictwo Amber Sp. z o.o., Warszawa.
- Wiśniewska-Roszkowska K. [1987], *Wegetarianizm*, Państwowe Wydawnictwo „Wiedza Powszechna”, Warszawa.
- Witarianizm*, „Magazyn Vege” 2008, nr 3.
- Ziemiański Ś., Budzyńska-Topolowska J. [1997], *Wegetarianizm w świetle nauki o żywności i żywieniu*, Wydawnictwo Instytut Danone – Fundacja Promocji Zdrowego Żywienia, Warszawa.

A Vegetarian Diet in the Light of the Principles of Proper Nutrition – Attitudes and Behaviour of Vegetarians in Poland

In recent years vegetarian diets have increased in popularity. Thanks in part to their low energy density and high nutrient density, they are used as preventive treatments for commonly occurring diseases. The aim of this study was to demonstrate whether vegetarianism is consistent with the principles of good nutrition and the type of vegetarian diet that is closest to the traditional model of nutrition. Based on surveys and a review of the literature, it is concluded that the most similar model to a mixed diet is a lacto-ovo-vegetarian diet. Vegetarian diets are able to provide the body with essential nutrients if they are based on the proper selection of plant products and the use of some animal products, such as milk and eggs. An exception is the strictly vegetarian diet (e.g. veganism), which is not recommended by nutritionists.

Keywords: vegetarian diet, vegetarianism, rational nutrition, meat substitutes.

Renata Salerno-Kochan

Katedra Towaroznawstwa Przemysłowego
Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

Innowacje produktowe branży włókienniczej

Streszczenie

W artykule scharakteryzowano wybrane innowacje produktowe branży włókienniczej, będące efektem zastosowania nanotechnologii, biotechnologii i tekstroniki, w kontekście szans i zagrożeń związanych z ich rozwojem i komercjalizacją. Wykazano, że współczesny przemysł wyrobów tekstylnych i odzieżowych dostarcza już nie tylko wyrobów zaspokajających podstawowe potrzeby człowieka w zakresie ubioru czy wystroju wnętrz, ale produkuje wyroby tekstylne funkcjonalne o różnorodnym zastosowaniu. Oprócz pozytywnych aspektów rozwoju innowacji produktowych branży włókienniczej, zwrócono także uwagę na czynniki utrudniające ich rozwój i komercjalizację, a także na wątpliwości związane z ich oddziaływaniem na zdrowie człowieka i środowisko naturalne, podczas użytkowania i konserwacji wyrobów.

Słowa kluczowe: innowacje produktowe, nanotekstylika, biotekstylika, wyroby tekstroniczne.

1. Wprowadzenie

Innowacyjność jest istotnym elementem postępu i rozwoju gospodarczego świata. W dobie światowego kryzysu gospodarczego i wzmożonej rywalizacji przedsiębiorstw, ukierunkowanej już nie tyle na wzmocnienie pozycji konkurencyjnej firmy, co raczej na utrzymaniu się na trudnym zglobalizowanym rynku, pojęcie to nabiera szczególnego znaczenia. Jest pożądaną cechą jednostki, przedsiębiorstwa, organizacji, instytucji naukowej, a także danego regionu czy kraju. Innowacyjność dotyczy wielu aspektów działalności ludzkiej, obejmującej

aktywność o charakterze naukowym, technicznym, organizacyjnym, finansowym i handlowym. Jej zasadniczym celem jest wprowadzanie zmian jakościowych w sferze technologii, organizacji pracy, zarządzania i marketingu. W kontekście towaroznawczym, szczególnie interesujące są zmiany odnoszące się do sfery technologicznej, obejmujące tzw. innowacje produktowe oraz procesowe. Należy mieć tu na myśli wprowadzenie dobra lub usługi, która jest nowa bądź znacząco ulepszona z punktu widzenia jej charakterystyki funkcjonalnej, obejmującej znaczące ulepszenia parametrów technicznych, komponentów i materiałów lub wdrożenie nowej lub ulepszonej metody produkcji lub metody z zakresu logistyki, w tym zmiany w zakresie technologii, urządzeń oraz oprogramowania. Innowacje mogą być efektem wykorzystania nowej wiedzy i technologii, jak również mogą powstać w wyniku nowej kombinacji istniejącej już wiedzy i technologii. Są wprowadzane z myślą o zmniejszeniu kosztów jednostkowych produkcji, zwiększeniu jakości, a także w celu wdrożenia produkcji nowych lub istotnie ulepszonych produktów [*Innowacje i transfer technologii...* 2008, s. 138–139].

Branża włókiennicza, choć postrzegana jest na ogół jako mało innowacyjna, należy jednak do tych gałęzi gospodarki, w których stosuje się innowacje technologiczne na coraz większą skalę. Należy tu wspomnieć przede wszystkim o najnowszych rozwiązaniach z zakresu nanotechnologii, biotechnologii oraz tekstroniki. Technologie te są stosowane niemal na każdym etapie życia wyrobu włókienniczego, począwszy od pozyskiwania nowych surowców – włókien tekstylnych, poprzez procesy tworzenia i wykończania wyrobów tekstylnych, a skończywszy na procesach zagospodarowania i utylizacji odpadów. Ważną rolę w rozwoju innowacyjności branży włókienniczej odgrywa także biomimetyka, nauka zajmująca się obserwacją i analizowaniem mechanizmów działania organizmów żywych i ich adaptacją dla potrzeb człowieka. Jest ona ważnym stymulatorem rozwoju technologii wykorzystywanych w procesach wytwarzania i modyfikacji tekstyliów od wielu lat [Eadie i Ghosh 2011].

Jak dowodzą liczne publikacje, stosowanie nowoczesnych technologii w branży włókienniczej, daje wymierne efekty w postaci innowacji produktowych, takich jak tekstylne wyroby funkcjonalne, charakteryzujące się niespotykanymi dotąd właściwościami lub łączące w sobie różne, wydawać by się mogło wykluczające się właściwości oraz produkty zasługujące na miano inteligentnych, wykazujące zdolność zmiany właściwości lub reagowania na bodźce zewnętrzne. Celem artykułu jest przedstawienie wybranych innowacji produktowych będących efektem wdrożenia do sektora włókienniczego nowoczesnych technologii, takich jak nanotechnologia, biotechnologia i tekstronika, w kontekście możliwości ich różnorodnego zastosowania, a także szans i zagrożeń związanych z ich dalszym rozwojem i komercjalizacją.

2. Innowacje produktowe w skali nano

Wytwory technologii działającej na poziomie nanometrowym, tj. atomów i cząsteczek cieszą się dużym zainteresowaniem sektora włókienniczego zarówno w obszarze wytwarzania włókien, ich modyfikacji, jak i wykończania wyrobów tekstylnych. Obecne możliwości technologiczne pozwalają na wytwarzanie ultracienkich włókien, o średnicy mniejszej bądź równej 100 nm, (rzadziej kilkuset nm), tj. prawie tysiąc razy cieńszych od ludzkiego włosa. Są one wytwarzane z różnych polimerów, zarówno naturalnych, jak i syntetycznych, a do najbardziej znanych należy zaliczyć nanowłókna celulozowe, białkowe, poliamidowe, akrylowe, polichlorowinyłowe, węglowe, ceramiczne oraz polipirolowe i polianilinowe. Ich cechą charakterystyczną jest wyjątkowo duże pole powierzchni właściwej, wynoszące od 0,1 do 1 g/m², które warunkuje ich niezwykle właściwości zarówno mechaniczne, chemiczne, cieplne, elektryczne oraz biologiczne, w porównaniu ze standardowymi włóknami [*Nanomateriały...* 2010, s. 256–277]. Właściwości fizykochemiczne, jak i różnorodność surowców stosowanych do ich wytwarzania sprzyjają ich wielokierunkowemu zastosowaniu, jak na przykład w odzieży codziennej, sportowej, ochronnej, innej specjalistycznej, w medycynie, inżynierii tkankowej, w kosmetyce, w wojsku, w ochronie środowiska itp. [Širc *et al.* 2012].

Stosowanie nanowłókien w odzieży wpływa pozytywnie na jej właściwości użytkowe. Odzież taka charakteryzuje się dużą miękkością, delikatnością i lekkością, a dzięki zwartej strukturze nie wykazuje transparentności [Ahn, Park i Chung 2011, s. 1438; Prince 2012]. Wyroby z nanowłókien wykazują także doskonałe właściwości biofizyczne. Ich obecność w materiale powoduje zwiększenie powierzchni parowania, dzięki czemu materiały posiadają doskonałe właściwości chłodzące. Materiał szybko pochłania i oddaje pot oraz zapobiega wzrostowi temperatury ciała. Ponadto ze względu na efekt kapilary oraz zwiększoną nasiąkliwość, włókno wykazuje doskonałe właściwości wchłaniania i retencji wody. Przykładem włókien o takich właściwościach są nanowłókna poliestrowe Nanofront™ japońskiej firmy Teijin (<http://www.teijin.co.jp/english/product/poly/specifics/nanofront.html>, dostęp: 4.01.2013). Włókna te charakteryzują się grubością równą 700 nm i mogą być nawet 200 tysięcy razy bardziej elastyczne niż standardowe włókna poliestrowe o grubości 15 μm. Dodatkową właściwością nanowłókien jest zdolność stawiania dużego oporu, który generuje większe siły tarcia na powierzchni skóry. Właściwość ta została wykorzystana w bieliźnie spalającej tłuszcz. Twórcy Nanofrontu™ deklarują, że podczas testów osoby noszące przez około 40 dni bieliznę wykonaną z tych włókien uzyskały „znaczne (kilkuprocentowe) zmniejszenie” tkanki tłuszczowej i tym samym obwodu pasa.

Dzięki doskonałej zdolności sorpcji cieczy (retencja nanowłókien celulozowych może sięgać nawet 1000%) nanowłókna są stosowane w medycynie. Wytwarza

się z nich m.in. opatrunki w formie samonośnych powłok włóknistych, które wpływają na przyspieszenie gojenia się ran (nanowłókna proteinowe na bazie kolagenu), a dzięki minimalnej porowatości, uniemożliwiają przedostanie się bakterii z zewnątrz do rany, przy zachowaniu wymiany gazowej [Chowdhury 2012]. Nanowłókna wykorzystywane są także jako nośniki leków. Szczególne zastosowanie mają tu nanorurki węglowe [Kam *et al.* 2004, s. 6850] lub membrany z polimerowych nanowłókien zawierających w swoim składzie leki [Nanomateriały... 2010, s. 283]. Dzięki nanometrycznym rozmiarom mogą one skutecznie przetransportować lek do komórek. W ten sposób działanie leku jest bardziej ukierunkowane, a substancje aktywne utrzymują się dłużej niż w przypadku tradycyjnych metod podawania farmaceutyku. Nanowłókna są także wykorzystywane w inżynierii tkankowej. Wytwarza się z nich siatki chirurgiczne, protezy naczyniowe, rusztowania do regeneracji tkanki chrzęstnej, kostnej lub nerwowej [Nanomateriały... 2010, s. 278–282; Liu 2012, s. 141].

Kolejnym przykładem zastosowania nanowłókien są sensory montowane w odzieży lub w formie opasek umożliwiające monitorowanie pracy mięśni lub stymulowanie ich pracą, co może być wykorzystane w rehabilitacji pacjentów po urazach. Wykorzystanie w nich polimerów elektroprowadzących zapewnia skuteczne przesyłanie bodźców do odbiornika przy jednoczesnym zachowaniu komfortu użytkownika opaski.

Innym kierunkiem zastosowań nanowłókien są materiały filtracyjne. Charakteryzują się one bardzo zwartą strukturą, umożliwiającą wychwycenie najmniejszych zanieczyszczeń o wielkości kilku nanometrów. Jest to efekt niezwykle małej grubości włókien oraz zmniejszonej odległości pomiędzy włóknami. Charakteryzują się one także dużą chłonnością. Są w stanie wchłonać nawet 20 razy więcej ropy naftowej niż same ważą, ponadto można z nich odzyskać ropę, a filtr ponownie użyć [Błoński 2008]. Filtry takie stosowane są także w motoryzacji i w filtrach przemysłowych, np. w oczyszczaniu powietrza, czy do oddzielania od siebie substancji silnie toksycznych. Są skutecznym narzędziem w walce o zachowanie czystego środowiska naturalnego. Ponadto dzięki możliwościom, jakie daje proces elektroprzędzenia, podczas którego do polimeru włóknotwórczego można wprowadzać substancje dodatkowe, takie jak na przykład biocydy [De Vrieze *et al.* 2012], czy żywe bakterie [Liu *et al.* 2009] można uzyskać bakteriobójcze lub biologiczne filtry stosowane w oczyszczaniu wody.

Dobre perspektywy rozwoju mają także tekstylia nanokomponentowe, powstałe w wyniku modyfikacji struktury wewnętrznej lub powierzchni włókien standardowych. Są one otrzymywane metodami chemicznymi, fizykochemicznymi, biochemicznymi oraz fizycznymi. Zastosowanie różnorodnych nanododatków, nawet w niewielkiej, kilkuprocentowej ilości, pozwala na uzyskanie różnorodnych efektów jakościowych i ilościowych. Do najczęściej stosowanych nanododatków

Tabela 1. Analiza SWOT nanotekstyliów

Mocne strony	Słabe strony
<p>Włókna o niespotykanych dotąd właściwościach:</p> <ul style="list-style-type: none"> – o bardzo dużej wytrzymałości na rozciąganie w odniesieniu do masy liniowej, niskim wydłużeniu przy zerwaniu oraz doskonałej elastyczności i sprężystości – o doskonałej chłonności i przepuszczalności wilgoci – o dużej miękkości i delikatności zapewniającej przyjemny chwyt 	<p>Kosztowna technologia wytwarzania (drogie wyposażenie laboratoriów oraz linie produkcyjne)</p>
	Wysoki koszt produktu
	Ograniczona trwałość powłok zawierających nanokomponenty
	Możliwy niekorzystny wpływ na człowieka i środowisko, zwłaszcza w odniesieniu do stosowania nanokomponentów w postaci powłok
Możliwość wykorzystania polimerów naturalnych, odnawialnych i syntetycznych	
możliwość modyfikacji włókien standardowych nanokomponentami w strukturze polimeru lub stosowanie nanokomponentów w postaci impregnatów	
Szeroka gama nanokomponentów pozwalająca na uzyskanie specyficznych właściwości (elektroprzewodzących, bakterioobójczych, bakteriostatycznych, wytrzymałościowych itp.)	
Możliwość uzyskania zwartych struktur o właściwościach wodoodpornych, nieprzepuszczalnych dla zanieczyszczeń	
Szanse	Zagrożenia
Dalszy rozwój nanotechnologii i wynikający z niego rozwój nanotekstyliów funkcjonalnych i inteligentnych	Brak zainteresowania ze strony konsumentów detalicznych ze względu na wysoką cenę
Nowy asortyment wyrobów komercyjnych powszechnego użytku, charakteryzujących się wysoką wartością dodaną i wysoką jakością	Brak zainteresowania wśród producentów ze względu na wysokie koszty wytwarzania nanotekstyliów
Nowe obszary zastosowań specjalistycznych (wojsko, medycyna, inżynieria tkankowa, ochrona środowiska)	

Źródło: opracowanie własne.

należą: krzemiany warstwowe (montmorylonit MMT), krzemionka, fulereny oraz nanorurki węglowe (CNT), kreda, grafit, sadza, metale i ich związki [Olejnik 2008, s. 27; Qian i Hinestroza 2004]. Do najbardziej popularnych, należą jony srebra zawarte w bieliźnie sportowej, w wyrobach pończoszniczych, materacach i pościeli. Nanocząsteczki srebra o wielkości od 1 do 5 nm dodawane są w procesie przędzenia włókien (np. Active Tex, SeaSell Active) [Hipler, Elsner i Fluhr 2006] lub nanoszone są jako powłoki (np. X-Static, Sanitized® Silver) (<http://www.x->

-static.it/en/, <http://www.sanitized.com>, dostęp: 4.01.2013). Nawet niewielki ich dodatek pozwala na uzyskanie właściwości bakteriobójczych, antystatycznych i termoregulujących. Obecność jonów srebra eliminuje także przykre zapachy. Podobny efekt można uzyskać przez dodatek chitosanu, ditlenku krzemu, ditlenku tytanu lub tlenku cynku. Nanododatki w wyrobach tekstylnych w postaci ditlenku tytanu lub tlenku cynku zwiększają także ochronę przed szkodliwym promieniowaniem UV. W zależności od rodzaju włókna efekt ochronny przed promieniowaniem UV można uzyskać na poziomie faktora równego 50 SPF, co zapewnia idealną ochronę, tj. na poziomie 97,5 – 99% [Beringer 2005]. Kolejną korzyścią stosowania nanododatków jest nadanie tekstyliom właściwości umożliwiających samooczyszczanie (Carneiro *et al.* 2011, Żeljko *et al.* 2011). Właściwość tę, doskonale znaną w przyrodzie pod pojęciem „efektu liścia lotosu” [Fürstner i Barthlott 2005], można uzyskać poprzez wprowadzenie CNT, fluoroakrylu, ditlenku krzemu lub tytanu. Z kolei zastosowanie nanorurek węglowych lub motmorylonitu nadaje tekstyliom właściwości niepalne, a obecność ditlenku glinu, krzemu lub tlenku cynku wpływa na wzrost wytrzymałości mechanicznej materiałów. Możliwość modyfikacji tekstyliów nanokomponentami otwiera nowe kierunki zastosowań zarówno w odniesieniu do materiałów stosowanych w odzieży codziennej, jak i na potrzeby wojska, policji, służb ratowniczych czy medycyny.

Analizując perspektywy rozwoju innowacji produktowych sektora włókienniczego z zastosowaniem nanotechnologii, należy zwrócić uwagę na duży potencjał tej technologii w kształtowaniu właściwości wyrobów tekstylnych. Ta grupa wyrobów będzie miała w przyszłości nowe zastosowania. Istnieją jednak także pewne ograniczenia, które mogą utrudniać dalszy rozwój i komercjalizację nanotekstyliów (tabela 1).

3. Biotekstylia w ochronie środowiska i w medycynie

Innowacyjnymi produktami włókienniczymi zasługującymi na omówienie są także biotekstylia. Obejmują one różnorodne produkty, w tym biowłókna oraz materiały przetworzone będące wytworem branży włókienniczej, wykorzystującej głównie osiągnięcia biotechnologii, ale także innych dziedzin nauki, jak wspomnianej wcześniej nanotechnologii.

Biowłókna są włóknami tekstylnymi zbudowanymi z biopolimerów będących wytworem przyrody (roślinne i zwierzęce włókna naturalne) lub wytwarzanych w drodze fermentacji surowców odnawialnych, lub z zastosowaniem innych bioprocessów, w celu zastąpienia wyczerpywanych surowców ropopochodnych. Korzyści wynikające z produkcji włókien biopolimerowych wiążą się nie tylko z dbałością o zasoby naturalne Ziemi, ale także z innymi aspektami ochrony

środowiska, jak na przykład z niższym zużyciem energii, w porównaniu z procesami wytwarzania włókien syntetycznych, brakiem szkodliwych odpadów przemysłowych oraz ich biodegradowalnością. Do najbardziej znanych biopolimerów należy zaliczyć poliestry alifatyczne, wśród których największe zainteresowanie wzbudza poli(kwas mlekowy) PLA otrzymywany z kwasu L-mlekowego, powstającego w wyniku fermentacji cukrów z surowców roślinnych. Jest to tworzywo włóknotwórcze nazywane podwójnie zielonym, ponieważ jest zarówno biodegradowalne, jak i otrzymywane z surowców odnawialnych [Foltynowicz i Jakubiak 2002]. Poza tym charakteryzuje się dobrymi właściwościami termicznymi. W organizmie rozkłada się do kwasu mlekowego, dzięki czemu tworzywo to wykorzystywane jest do wytwarzania rozpuszczalnych nici chirurgicznych lub nośników leków w formie membran z nanowłókien, o czym wspomniano wcześniej. Inne biopolimery, otrzymywane z odtwarzalnych źródeł surowcowych, to celuloza, alginiany, pochodne chityny, zwłaszcza chitozan. Polimery te z uwagi na swoje specjalne właściwości, a w szczególności biodegradowalność, biogodność, nietoksyczność oraz specyficzne właściwości użytkowe, stanowią istotną bazę do produkcji wyrobów włókienniczych przyjaznych dla człowieka [Kirilovs i Kukle 2010, Malinowski 2008]. Mogą być również stosowane w innych niż włókiennictwo działach gospodarki, takich jak medycyna, budownictwo i transport. Należy zaznaczyć, że chociaż obecnie produkcja biopolimerów wynosi zaledwie 400 000 t/r., co stanowi ok. 0,5% produkcji włókien tekstylnych (przy łącznej produkcji włókien wynoszącej ok. 70 mln t/r.), biopolimery uważane są za materiały polimerowe przyszłości.

Termin biotekstylija odnosi się do materiałów przetworzonych występujących w formie wyrobów liniowych i płaskich. Mogą być one wytwarzane z biowłókien lub w wyniku modyfikacji standardowych włókien i materiałów tekstylnych w wyniku różnych zabiegów, najczęściej na etapie wykończalniczym. Pojęcie to odnosi się zatem zarówno do tekstyliów otrzymywanych w drodze procesów biochemicznych, materiałów wytworzonych z włókien standardowych, którym poprzez modyfikację nadano właściwości bakteriobójcze lub grzybobójcze (w formie nanododatków lub innej), a także w stosunku do materiałów, które zostały zaprojektowane w celu zastosowania ich w środowisku biologicznym, w którym wymagane są takie właściwości jest biotrwałość i biogodność w odniesieniu do komórek ludzkich i płynów ustrojowych. Biorąc pod uwagę właściwości, jakimi cechują się biotekstylija, mają one największe zastosowanie w inżynierii tkankowej (protezy naczyń krwionośnych, zastawki serca, sztuczna skóra, wchłaniające stenty uwalniające leki itp.) [Sumanasinghe i King 2003, *Abbott Gets...* 2011], a także w innych zastosowaniach medycznych, jako opatrunki, bandaże, opaski uciskowe itp. [Struszczyk i Olejnik 2010].

Tabela 2. Analiza SWOT biotekstyliów

Mocne strony	Słabe strony
Stosowanie polimerów odnawialnych (celuloza, białko, chitozan, poli(kwas mlekowy)) zastępujących włókna syntetyczne	Słaby marketing oraz oferta biotekstyliów powszechnego użytku
Właściwości przydane w wielu dziedzinach zastosowań, a zwłaszcza w medycynie (biotrwałość, biodegradowalność) i ochronie środowiska (biodegradowalność)	Wyższe ceny biotekstyliów w porównaniu z wyrobami konwencjonalnymi
	Zainteresowanie jednostek badawczych i producentów głównie medtekstyliami i związana z tym marginalizacja pozostałych rodzajów biotekstyliów
	Niska trwałość biowłókien, gorsze właściwości mechaniczne w porównaniu z włóknami syntetycznymi
Modyfikacja włókien i materiałów przetworzonych na etapie wykończalniczym (właściwości bakterioobójcze, bakterioostatyczne, grzybobójcze)	
Szanse	Zagrożenia
Biowłókna i procesy biochemicznej ich obróbki szansą na realizację idei czystszej produkcji oraz minimalizację odpadów poużytkowych	Brak zainteresowania konsumentów detalicznych wyrobami z biowłókien w wyniku słabego stopnia świadomości ekologicznej i obawą o ich niską trwałość
Poszerzenie asortymentu wyrobów o zastosowaniach specjalistycznych (medycyna, inżynieria tkankowa, ochrona środowiska) i wyrobów powszechnego użytku (tekstylija o właściwościach prozdrowotnych, tekstylija antybakteryjne i dezodorujące)	Kierowanie się ceną jako podstawowym kryterium podejmowania decyzji o zakupie wyrobu tekstylnego, a nie jego funkcjonalnością
	Brak zainteresowania producentów tekstyliów wdrażaniem nowych technologii

Źródło: opracowanie własne.

Charakteryzując innowacje produktowe przemysłu wyrobów tekstylnych w aspekcie wykorzystania biotechnologii w procesach ich wytwarzania, nie można pominąć roli innowacji procesowych. Biotechnologia dostarcza wielu możliwości zastąpienia niebezpiecznych, mniej wydajnych i szkodliwych dla środowiska naturalnego procesów chemicznych, bezpiecznymi procesami biochemicznymi, które wpływają na zmianę właściwości włókien i materiałów tekstylnych. Przykładem procesu wykorzystywanego w obróbce włókna i wyrobów włókienniczych jest biokataliza enzymatyczna. Jest ona stosowana m.in. do odtłuszczenia wełny, modyfikacji włókien syntetycznych, nabłyszczania przędzy, natłuszczenia tekstyliów, czy w procesie stone-wash pozwalającym na uzyskanie efektu wytartych jeansów bez obniżenia ich właściwości mechanicznych. Poprzez enzymatyczną modyfikację struktur chemicznych lub fizycznych, polegającą na zmianie mikrotopografii powierzchni włókna, połączonej ze zmianami budowy cząsteczkowej, które wynikają z degradacji molekularnej tworzywa amorficznego warstw powierzchniowych włókna, uzyskuje się także zmianę właściwości tarciovych oraz adhezywnych

ważnych dla wyglądu oraz właściwości przetwórczych i użytkowych włókien [Chen *et al.* 2007, Krucińska 2007, Machnowski i Kotlińska 2008].

W tabeli 2 przedstawiono mocne i słabe strony biotekstyliów, a także szanse rozwoju tej grupy wyrobów i związane z nim zagrożenia.

4. E-tekstylia na co dzień i do zadań specjalnych

E-tekstylia, zwane także wyrobami tekstronicznymi, to kolejna i bardzo różnorodna grupa produktów innowacyjnych sektora włókienniczego. Są one wytworem tekstroniki, rozwijającej się dziedziny nauki łączącej wieloobszarową wiedzę z zakresu włókiennictwa, elektroniki i informatyki, a także automatyki i metrologii. Wyroby te posiadają cechy sensora odbierającego bodziec zewnętrzny, procesora – przetwarzającego odebrany bodziec i urządzenia wykonawczego, które pozwala na wywołanie reakcji w postaci określonej odpowiedzi [Gniotek, Stempień i Zięba 2003, s. 17]. Wizualnie nie wyróżniają się one czymś szczególnym w porównaniu ze zwykłymi wyrobami. Po wnikliwszej obserwacji można jednak w nich dostrzec zintegrowane sieci czujników/sensorów, powiązanych włóknistymi siłownikami.

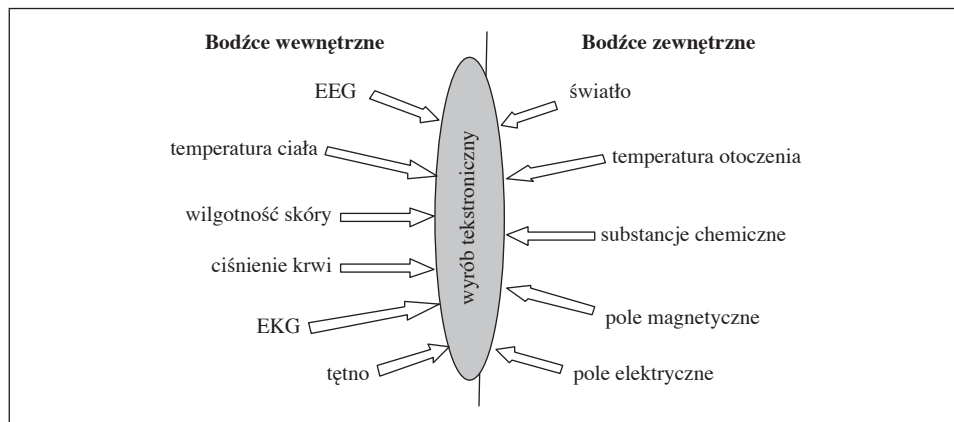
Genezą powstania e-tekstyliów była tzw. elektronika noszona, dla której konieczne było wprowadzenie rozwiązań umożliwiających wygodne korzystanie z tych urządzeń poprzez zintegrowanie ich z odzieżą noszoną na co dzień w jedną funkcjonalną całość. Jednym z pierwszych wyrobów tego typu była, wprowadzona w 2000 r. przez firmy Levis i Philips, kurtka jeansowa integrująca telefon komórkowy, odtwarzacz mp3, słuchawki i mikrofon. Urządzenia elektroniczne umieszczane były w specjalnych kieszeniach i połączone były techniką bezprzewodową. Całość zestawu wymagała jednak rozmontowywania przed praniem, co stanowiło dużą niedogodność dla użytkownika. Ponadto wysoka cena, ok. 800 funtów, nie zachęcała potencjalnych klientów do jej zakupu. Choć wyrób ten nie odniósł sukcesu rynkowego, zapoczątkował jednak rozwój technologii „smart” i uważany jest za prekursora wyrobów tekstronicznych powszechnego użytku [Hurford 2009, s. 27].

Obecnie badania w zakresie tekstroniki skoncentrowane są na udoskonalaniu technik łączenia multimedialnych ze słuchawkami i źródłem zasilania za pośrednictwem prostej sieci bardzo cienkich przewodów oraz złączy, które wplata się w tkaninę ubrania. Znajdują tu zastosowanie włókna elektroprzewodzące, takie jak: polipirol lub polianilina, włókna nanowęglowe, stalowe, miedziane lub standardowe włókna wiskozowe lub poliestrowe pokryte powłoką z polimerów elektroprzewodzących [Avloni, Henn i Lau 2007, Bashir 2012, Król *et al.* 2010]. Zastosowanie wodoodpornych przewodów i układów sterujących sprawia, że multimedialne wyroby odzieżowe można prać w zwykłych pralkach.

Dużym wyzwaniem tekstroniki jest także poszukiwanie nowych źródeł zasilania, które zastępowaliby duże, ciężkie, a zarazem niewygodne akumulatory zewnętrzne. Znajdują tu zastosowanie elastyczne generatory słoneczne, które oprócz funkcji zasilania mogą stanowić ciekawy element designu, a także najbardziej pożądane tekstroniczne źródła energii w postaci generatorów piezoelektrycznych lub termicznych. Warto zaznaczyć, że badania w tym obszarze zmierzają do opracowania technologii pozwalającej na pobieranie i przetwarzanie energii, jaką wytwarza ludzki organizm w czasie pracy lub spaceru tak, aby odzież mogła się stać źródłem zasilania urządzeń elektronicznych [Startner 1996, Yeatman i Mitcheson 2012]. Przykładowo umieszczenie sensorów piezoelektrycznych, np. w podeszwach butów, pozwala na transformację energii mechanicznej ruchu w sygnał elektryczny i wykorzystanie jej do zasilania małych urządzeń elektronicznych. Biorąc pod uwagę, że podczas spaceru organizm ludzki wytwarza energię mechaniczną o mocy ponad 300 W, za pomocą przetwornika piezoelektrycznego można uzyskać prąd elektryczny o mocy 60 W. Z kolei sensory termiczne, zamontowane na przykład w bieliźnie, pozwalają na przetwarzanie energii cieplnej ciała w sygnał elektryczny. Efektywność ich działania jest jednak, jak na razie, na niskim poziomie. W zależności od różnicy temperatury pomiędzy dwoma ośrodkami, np. ludzkiego ciała i otoczenia, energię na poziomie 300–850 mW można uzyskać z powierzchni 1,7 m². Wiązałoby się to z koniecznością pokrycia termoelektrycznymi generatorami całego ciała [Min 2009, s. 222–223].

Rozważając możliwości komercjalizacji multimedialnych wyrobów odzieżowych, należy stwierdzić, że pomimo bardzo ciekawych rozwiązań funkcjonalnych, jakie one oferują, oraz poprawy ich właściwości użytkowych, wciąż podstawowym mankamentem tych wyrobów jest ich wysoka cena. Stanowi ona na tyle istotną barierę dla detalicznego odbiorcy, że trudno liczyć na handlowy sukces tego typu wyrobów w najbliższych latach. Nawet zachęcająco brzmiące hasła marketingowe, jak np. „kurtka skierowana do technologicznie progresywnych, modnych mężczyzn” [Cieślak 2004], „social denim” (<http://www.crunchwear.com/replays-social-denim-jeans-lets-you-update-facebook-on-the-fly>), co w wolnym tłumaczeniu może brzmieć „jeansy dla użytkowników portali społecznościowych”, nie wydają się wystarczającym bodźcem dla konsumenta, by skłonić go do zakupu kurtki o wartości 600 euro, czy spodni za 250 dol. Przeprowadzona analiza ofert handlowych wskazuje, że w chwili obecnej producenci odzieży coraz rzadziej zamieszczają w swojej ofercie handlowej multimedialne wyroby odzieżowe z przeznaczeniem dla odbiorców detalicznych.

Dobre perspektywy wykorzystania e-tekstyliów oraz rozwoju tekstroniki istnieją w obszarze wytwarzania odzieży sportowej, specjalistycznej i zawodowej, przeznaczonej dla służb ratowniczych, wojska, policji, a także w innych obszarach, jak medycyna, transport samochodowy i lotniczy [Hurford 2009,



Rys. 1. Bodźce odbierane przez wyroby tekstroniczne

Źródło: opracowanie własne.

Pachła 2011, Schumm *et al.* 2010, Walter *et al.* 2011]. Poprzez zastosowanie odpowiednich czujników odbierających różne bodźce (rys. 1), wyroby tekstroniczne mogą spełniać funkcje monitorujące, komunikacyjne, informacyjne i użytkowe. W ten sposób stają się wyrobami interaktywnymi, zapewniającymi pasywną lub aktywną ochronę i zasługującymi na miano wyrobów inteligentnych [Kruczińska 2007, s. 42; Malmivaara 2009, s. 5; Makarewicz 2005].

Dzięki możliwościom zastosowania zespołu czujników wplecionych w strukturę materiału e-tekstyli umożliwiają monitorowanie czynności życiowych człowieka (rys. 2). Poprzez pomiary m.in. takich parametrów, jak: temperatura wewnętrzna oraz zewnętrzna, tętno, szybkość oddechu, ciśnienie krwi, czy wilgotność skóry, tekstylia mogą „czuć” nad bezpiecznym i efektywnym uprawianiem sportów, a co więcej umożliwiają diagnozowanie zdrowia pacjentów na odległość. Zastosowanie techniki bezprzewodowego przesyłania danych, np. do komputera lekarza prowadzącego [Body Sensor Networks 2006, Pantelopoulos i Bourbakis 2010, Tęsiorowski, Frydrysiak i Zięba 2011] stwarza szanse sprawowania skutecznej opieki zdrowotnej nad osobami starszymi lub przewlekle chorymi przebywającymi w domu. Rozwiązania te pozwalają na wyeliminowanie stresu związanego np. z pobytem pacjenta w szpitalu, a także przyczyniają się do obniżenia kosztów leczenia. Systemy takie są także stosowane w ubraniach dla dzieci. Jako przykład można wymienić piżamę „Mamagoose”, przeznaczoną dla niemowląt, która powstała jako efekt współpracy belgijskiej firmy Verhaert Designora i brukselskiego Université Libre de Bruxelles (ULB). Jej zadaniem jest zapobieganie Zespołowi Nagłego Zgonu Niemowląt (SIDS), czyli tzw. śmierci łóżeczkowej (http://www.esa.int/Our_Activities/Technology/TTP2/New_pyjamas_could_revent_cot

_deaths). Czujniki wbudowane w materiał, z którego jest ona wytworzona, monitorują stan zdrowia dziecka przez całą dobę, a sygnałem dźwiękowym informują, gdy z niemowlęciem dzieje się coś niepokojącego.



Rys. 2. Wyroby tekstroniczne monitorujące czynności życiowe człowieka

Źródło: <http://www.parp.gov.pl/index/more/30286>, <http://vivonoetics.com/products/sensors/lifeshirt/>, <http://www.textronicsinc.com/health-wellness/>, http://www.esa.int/Our_Activities/Technology/TTP2, dostęp: 12.12.2012.

E-tekstylija potrafią także wykryć zagrożenia, takie jak obecność szkodliwych gazów i cieczy w otoczeniu, uruchomić alarm lub systemy ostrzegawcze, a tym samym w znaczny sposób mogą usprawnić komunikację i zautomatyzować pracę jednostek ratowniczych, wojska, policji itp. [Innowacje w sektorze... 2008, Hurford 2009]. Z kolei zastosowane w firankach, zasłonach, czy dywanach mogą stanowić niewidoczny system zabezpieczeń przed niepożądanymi gośćmi [Mosse 2012], system grzewczy lub element klimatyzujący, który napędzany energią elektryczną chłodzi otoczenie [Langer i Langer 2009].



Rys. 3. Termiczne wyroby tekstroniczne

Źródło: <http://www.warmx.de>, <http://fibretronic.com>, dostęp: 9.12.2012.

Dużym zainteresowaniem wśród odbiorców detalicznych zarówno tych aktywnych, uprawiających zawodowo lub rekreacyjnie sport, jak również ludzi starszych lub mających kłopoty krążeniowe, cieszą się wyroby tekstroniczne

Tabela 3. Analiza SWOT wyrobów tekstonicznych

Mocne strony	Słabe strony
<p>Wysoka funkcjonalność wyrobów tekstylnych i odzieżowych, obejmująca:</p> <ul style="list-style-type: none"> – monitorowanie parametrów życiowych – monitorowanie bodźców zewnętrznych, w tym stężenia szkodliwych substancji, temperatury itp. – alarmowanie o zagrożeniach zewnętrznych komunikację z otoczeniem – wspomaganie procesów termoregulacji organizmu użytkownika – generowanie i akumulację energii – obsługę multimedialnych 	Wysoka cena wyrobów
	Uboga oferta handlowa, słaba promocja i mała dostępność wyrobów tekstonicznych na rynku detalicznym
	Brak wiedzy na temat wyrobów tekstonicznych wśród konsumentów i handlowców
	Niska trwałość i odporność e-tekstyliów na procesy użytkowania i konserwacji
	Konieczność rozmontowywania elementów elektronicznych przed praniem
Większe możliwości projektowe i wynikający z nich ciekawy design wyrobów	Duże i ciężkie źródła zasilania
Stosowanie najnowszych rozwiązań technologicznych, w tym nanotechnologii	Mała wydajność generatorów prądu wykorzystujących energię ludzkiego ciała
	Możliwość szkodliwego oddziaływania tekstorniki na organizm ludzki
Szanse	Zagrożenia
Nowy asortyment wyrobów charakteryzujący się wysoką wartością dodaną i wysoką jakością	Brak zainteresowania wyrobami tekstonicznymi wśród konsumentów
Różne obszary zastosowań: odzież sportowa i rekreacyjna, odzież ochronna i mundurowa, ochrona zdrowia, budownictwo, motoryzacja i transport	Brak zainteresowania wśród producentów wyrobów tekstylnych ze względu na wysokie koszty wytwarzania e-tekstyliów, związane z koniecznością wprowadzenia zaawansowanych technologii, zakupem urządzeń w celu uzyskania wyższego standardu produktu
Rozwój nowatorskich technologii w zakresie miniaturyzacji urządzeń elektronicznych, źródeł zasilania, sensorów odbierających bodźce, połączeń elementów tekstonicznych	Opór pracowników firmy wprowadzającej do produkcji wyroby tekstoniczne, wiążący się z koniecznością podnoszenia kwalifikacji i opanowania nowych technologii
Rozwój firm, zwiększenie obrotów i zysków, nowe rynki zbytu, zmiana wizerunku i poprawa konkurencyjności rynkowej firmy	Brak zainteresowania firm elektronicznych współpracą z firmami branży włókienniczej

Źródło: opracowanie własne.

wspomagające procesy termoregulacji ciała. Zastosowanie włókien elektroprzewodzących, wykazujących zdolność zmiany izolacyjności cieplnej, zintegrowanych z systemem grzewczym, pozwala na regulowanie temperatury wokół ciała użytkownika w zależności od warunków zewnętrznych, bez uszczerbku na komforcie użytkownika. Tekstylna ta są coraz powszechniej stosowane w odzieży (koszulki, kamizelki, kurtki, rękawice, obuwie), wyrobach pończosznicych, tapicerce samochodowej czy w wyrobach pościelowych (rys. 3). Ich cena kształtuje się od 40 euro

wzwyż i, jak informują producenci, wyroby te cieszą się sporym zainteresowaniem wśród odbiorców detalicznych [*Fibretronic TM* 2012, *Warmx...* 2012, *Urban Lizard Ltd.* 2012].

Na podstawie omówionych przykładów innowacji produktowych można stwierdzić, że tekstonika stwarza ogromne możliwości różnorodnego stosowania i dalszego rozwoju tekstyliów. Wyroby te nie można postrzegać jednak wyłącznie poprzez pryzmat atutów. Należy uwzględniać także zagrożenia związane z ich stosowaniem i rozpowszechnianiem, na co zwrócono uwagę w analizie SWOT przedstawionej w tabeli 3.

5. Podsumowanie

Przedstawione przykłady innowacji produktowych branży włókienniczej dają podstawę do stwierdzenia, że sektor ten rozwija się wielokierunkowo i na podstawie najnowszych oraz wysoce zaawansowanych technologii. Rezultatem dynamicznych zmian, jakie zachodzą w tej branży, jest nowe spojrzenie na nią jako na nowoczesny przemysł, który dostarcza już nie tylko wyrobów zaspokajających podstawowe potrzeby ludzkie w zakresie ubioru czy wystroju wnętrz, ale produkujący wyroby tekstylne i odzieżowe powszechnego użytku, charakteryzujące się wysoką wartością dodaną, a także tekstylne wyroby specjalistyczne, bez których nie mogłyby już funkcjonować, takie obszary gospodarki, jak: budownictwo, transport, przemysł kosmetyczny, rolnictwo, a także medycyna, armia, ratownictwo oraz ochrona środowiska.

Przeprowadzona analiza SWOT innowacji produktowych przemysłu wyrobów tekstylnych pozwala zauważyć duży potencjał ich rozwoju. Związany jest on z rozwojem nauki w obszarze nanotechnologii, biotechnologii, elektroniki, automatyki i włókiennictwa, z ciągłym doskonaleniem wdrażanych procesów produkcyjnych, z poszukiwaniem nowych surowców włóknotwórczych oraz materiałów wykończeniowych, efektem których są lepsze lub zupełnie nowe właściwości tej grupy wyrobów. Należy zaznaczyć, że istnieją także czynniki utrudniające rozwój innowacyjności produktowej branży włókienniczej. Dużą barierą dla komercjalizacji tekstylnych produktów innowacyjnych jest ich wyższa w porównaniu z wyrobami tradycyjnymi cena, kierowanie się przez konsumentów ceną, a nie funkcjonalnością i jakością wyrobu podczas dokonywania zakupu, mała otwartość konsumentów na nowości oraz słaby marketing. Wiele wątpliwości dotyczy także aspektów zdrowotnych i środowiskowych w zakresie użytkowania i konserwacji niektórych produktów innowacyjnych.

Literatura

- Abbott Gets Approval for Dissolvable Stent [2011], „Reuters”, January 11, <http://www.foxnews.com/health/2011/01/11/abbott-gets-approval-dissolvable-stent/>, dostęp: 10.01.2013.
- Ahn H.W., Park C.H., Chung S.E. [2011], *Waterproof and Breathable Properties of Nano-web Applied Clothing*, „Textile Research Journal”, nr 81.
- Avloni J., Henn A., Lau R. [2007], *Development and Applications of Nano- and Micro-scale Layers of Conductive Polymers Applied onto Various Surfaces*, „Polymers in Electronics”, nr 1.
- Bashir T., Skrifvars M. [2012], *Production of PEDOT Coated Conductive Fibres for Smart & Interactive Textile Applications*, Abstarcts of 4th International Conference pt. „Smart Materials, Structures, Systems”, Montecatini Terme, June 10–14, Italy.
- Błoński M. [2008], *Nanowłókna oczyszczają wodę*, „Kopalnia Wiedzy.pl”, dostęp: 8.01.2013.
- Body Sensor Networks* [2006], ed. G.Z. Yang, Springer, London.
- Beringer J.N. [2005], *Nanotechnology in Textile Finishing. State of the Art and Future Prospect*, Hohenstein Institutes, Boston.
- Carneiro J.O. i in. [2011], *Photocatalytic Activity and UV-Protection of TiO₂ Nanocoatings on Poly(lactic acid) Fibres Deposited by Pulsed Magnetron Sputtering*, „Journal of Nanoscience and Nanotechnology”, vol. 11.
- Chen J. et al. [2007], *Research and Application of Biotechnology in Textile Industries in China*, „Enzyme and Microbial Technology”, nr 7.
- Chowdhury M.M.R. [2012], *Electrospinning Process. Nanofibers and their Applications*, <http://www.cottonbangladesh.com/January2009/ElectroSpinning.htm>, dostęp: 6.06.2012.
- Cieślak D. [2004], *mp3blue*, <http://www.pcworld.pl/news/69107/mp3blue.html>, dostęp: 11.12.2012.
- Eadie L. Ghosh T.K. [2011], *Biomimicry in Textiles: Past, Present and Potential*, „Journal of the Royal Society Interface”, 16 February.
- Foltynowicz Z., Jakubiak P. [2002], *Poly(lactid Acid) – Biodegradable Polymer Obtained from Vegetable Resources*, „Polimery”, nr 47.
- Gniotek K., Stempień Z., Zięba J. [2003], *Tekstronika – nowy obszar wiedzy*, „Przegląd Włókienniczy” nr 2.
- Fibretronic TM [2012], <http://fibretronic.com/>, dostęp: 9.12.2012.
- Fürstner R., Barthlott W. [2005], *Wetting and Self-Cleaning Properties of Artificial Superhydrophobic Surfaces*, „Langmuir”, vol. 21, nr 3.
- Hipler U.C., Elsner P., Fluhr J.W. [2006], *A New Silver-Loaded Cellulosic Fiber with Antifungal and Antibacterial Properties*, „Current Problems in Dermatology, Biofunctional Textiles and the Skin”, series ed. G. Burg, vol. 33.
- Hurford R.D. [2009], *Types of Smart Clothes and Wearable Technology*, „Smart Clothes and Wearable Technology”, eds. J. McCann i D. Bryson, Woodhead Publishing Ltd., Oxford, Cambridge, New Delhi.
- Innowacje i transfer technologii. Słownik pojęć* [2008], red. K.B. Matusiak, Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa.
- Innowacje w sektorze tekstylny-odzieżowym na rynku europejskim* [2008], red. Z. Wysockińska, Politechnika Łódzka, Łódź.

- Kam N.W.S. *et al.* [2004], *Nanotube Molecular Transporters: Internalization of Carbon Nanotube-Protein Conjugates into Mammalian Cells*, „Journal of the American Chemical Society”, nr 22.
- Kirilovs E., Kukle S. [2010], *Biopolimers and their Development and Use*, „Scientific Journal of RTU”, nr 9.
- Krucińska I. [2007], *Diagnoza potencjału jednostek badawczo-rozwojowych i procesu komercjalizacji badań*, Społeczna Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Zarządzania w Łodzi, Łódź.
- Król I.A. i in. [2010], *Surowce o właściwościach elektroprzewodzących w wyrobach wysokospecjalistycznych*, „Techniczne Wyroby Włókiennicze”, nr 3–4.
- Langer K., Langer J.J. [2009], *E-tekstyny*, „Biulder. Materiały i Technologie”, www.ebuilder.pl/index.php?act=article&sub=print&id=4575, dostęp: 18.12.2012.
- Liu H. [2012], *Nanomaterials Improve Cellular Interactions for Medical Implants*, Abstracts of 4th International Conference „Smart Materials, Structures, Systems”, Montecatini Terme, June 10–14, Italy.
- Liu Y. *et al.* [2009], *Engineering of Bio-Hybrid Materials by Electrospinning Polymer-Microbe Fibers*, „PNAS”, vol. 106, nr 34.
- Machnowski W., Kotlińska A. [2008], *Nowe możliwości zastosowania enzymów proteolitycznych w obróbce wyrobów z włókien jedwabiu naturalnego*, „Przegląd Włókienniczy. Włókno. Odzież. Skóra”, nr 2.
- Malinowski R. [2008], *Polimery biodegradowalne*, Teka Kom. Bud. Ekspł. Masz. Elektrotech. Bud. – OL PAN.
- Malmivaara M. [2009], *The Emergence of Wearable Computing [w:] Smart Clothes and Wearable Technology*, eds. J. McCann, D. Bryson, Woodhead Publishing Ltd., Oxford, Cambridge, New Delhi.
- Min G. [2009], *Power Supply Sources for Smart Textiles [w:] Smart Clothes and Wearable Technology*, eds. J. McCann, D. Bryson, Woodhead Publishing Ltd., Oxford, Cambridge, New Delhi.
- Mosse A. [2012], *Adaptive Textiles for the Home*, Proceedings of 4th International Conference „Smart Materials, Structures, Systems”, Montecatini Terme, June 10–14, Italy.
- Nanomateriały inżynierskie, konstrukcyjne i funkcjonalne* [2010], red. K. Kurzydłowski, M. Lewandowska, PWN, Warszawa.
- Olejniak M. [2008], *Nanokompozyty polimerowe – rola nanododatków*, „Techniczne Wyroby Włókiennicze”, nr 1–2.
- Pachła J. [2011], *Ubrania przyszłości. Rażą prądem, ratują życie*, Money.pl.
- Pantelopoulos A., Bourbakis N.G. [2010], *A Survey on Wearable Sensor-Based Systems for Health Monitoring and Prognosis*, „Journal IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews”, vol. 40, nr 1.
- Prince A.P. [2012], *Nanotextiles*, „World of Garment-Textile-Fashion”, <http://www.fibre-2fashion.com/industry-article/8/713/nano-textiles1.asp>, dostęp: 9.06.2012.
- Qian L., Hinestroza J.P. [2004], *Application of Nanotechnology for High Performance Textiles*, „Journal of Textile and Apparel. Technology and Management”, vol. 4, nr 1.
- Schumm *et al.* [2010], *Unobtrusive Physiological Monitoring in an Airplane Seat*, „Personal and Ubiquitous Computing”, vol. 14, nr 6.
- Startner T. [1996], *Human-Powered Wearable Computing*, „IBM Systems Journal”, vol. 35, nr 3 i 4.

- Struszczyk M.H., Olejnik M. [2010], *Obecne i przyszłe zapotrzebowanie rynku na włókiennicze wyroby medyczne*, „Techniczne Wyroby Włókiennicze”, nr 3–4.
- Sumanasinghe R.D., King M.W. [2003], *New Trends in Biotextiles – the Challenge of Tissue Engineering*, „Journal of Textile and Apparel, Technology and Management”, vol. 3, nr 2.
- Širc J. et al. [2012], *Morphological Characterization of Nanofibres: Methods and Application in Practice*, „Journal of Nanomaterials”, <http://www.hindawi.com/journals/jnm/2012/327369/>, dostęp: 10.01.2013.
- Tęśiorowski Ł., Frydrysiak M., Zięba J. [2011], *Bezprzewodowy system monitorowania częstości rytmu oddechu i temperatury ciała*, „Elektronika – Konstrukcje, Technologie, Zastosowania”, nr 1.
- Urban Lizard Ltd. [2012], <http://urbanlizard.co.uk/>.
- Vrieze de S. et al. [2012], *Filtration Performance of Electrospun Polyamide Nanofibres Loaded with Bacteriocides*, „Textile Research Journal”, vol. 82, nr 1.
- Walter et al. [2011], *The Smart Car Seat: Personalized Monitoring of Vital Signs in Automotive Applications*, „Personal and Ubiquitous Computing” (on line), Springer, <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2039113&dl=ACM&coll=DL&CFID=230040179&CFTOKEN=46740133>, dostęp: 15.12.2012.
- Yeatman E.M., Mitcheson P. [2012], *Energy Harvesting from Motion for Body Sensor Networks*, Proceedings of 4th International Conference „Smart Materials, Structures, Systems”, Montecatini Terme, June 10–14, Italy.
- Željko S. et al. [2011], *Application of TiO₂ Nanoparticles for Obtaining Self-Decontaminating Smart Textiles*, „Scientific Technical Review”, vol. 61, nr 3–4.

The Product Innovations of Textile Branch

This paper describes selected product innovations that have occurred in the textile industry thanks to the application of nanotechnology, biotechnology and textronics. The larger context is the opportunities and risks associated with the development and commercialisation of these processes. Beyond providing products to satisfy basic human needs including clothing and interior decoration, the modern textile industry manufactures functional textiles with a wide range of applications. Apart from the positive innovations that have occurred in the industry, the paper also looks at those factors that make the development and commercialisation of textiles difficult as well as concerns about their impact on human health and the environment during the use and maintenance of products.

Keywords: product innovations, nanotextiles, biotextiles, textronics.

Katarzyna Strojny

Studia Doktoranckie Wydziału Finansów
Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

Wdrażanie budżetu zadaniowego na przykładzie administracji celnej

Streszczenie

Budżet zadaniowy jest elementem nowego podejścia do finansów publicznych. Jego istotą jest zarządzanie środkami publicznymi przez cele. Budżetowanie zadaniowe ma wpłynąć na efektywniejsze i bardziej przejrzyste gospodarowanie środkami publicznymi oraz umożliwić sprawne planowanie gospodarcze w dłuższym okresie. W artykule zaprezentowano rozwiązania dotyczące budżetu zadaniowego w wybranych krajach Unii Europejskiej i wdrażanie budżetu zadaniowego w Polsce. Wskazano zalety i przewagi tego rozwiązania w stosunku do klasycznego budżetowania. W części praktycznej pracy przedstawiono rozwiązania zaproponowane dla administracji celnej oraz działania przydzielone administracji celnej, cele, mierniki. W podsumowaniu wskazano problemy, jakie pojawiły się w kontekście budżetu zadaniowego w administracji rządowej.

Słowa kluczowe: budżet zadaniowy, administracja celna, finanse publiczne, nowe zarządzanie publiczne.

1. Wprowadzenie

Zagadnienia związane z podniesieniem efektywności wydatkowania środków publicznych pozostają w polu zainteresowania administracji rządowych i samorządowych w wielu krajach. Problematyka ta nabiera szczególnego znaczenia w chwili ograniczonych wpływów budżetowych wynikających z aktualnego kryzysu i problemów gospodarczych w wielu krajach. Konieczność poprawy efektywności wydatkowania środków publicznych związana jest bezpośrednio z rosnącym zaangażowaniem sektora rządowego i samorządowego w wiele

inicjatyw modernizacyjnych i inwestycyjnych w naszym kraju. Wzrost znaczenia administracji publicznej widoczny jest przykładowo w wykorzystaniu i rozdystrybucowaniu środków pochodzących z funduszy europejskich. Na racjonalizację i poprawę efektywności wydatkowania wspomnianych środków, szczególnie wobec zagrożeń, z jakimi borykają się europejskie i światowe gospodarki, ma wpływ budżetowanie zadaniowe.

Celem artykułu jest zaprezentowanie istoty budżetowania zadaniowego oraz podobnych rozwiązań funkcjonujących w wybranych krajach Unii Europejskiej. Przedstawione zostaną również jego zalety i przewaga w stosunku do układu tradycyjnego oraz etapy wdrażania tego rozwiązania w Polsce i podstawy prawne. W praktycznej części artykułu zamieszczono reguły i zasady wdrożenia tego rozwiązania w administracji rządowej na przykładzie administracji celnej.

2. Istota budżetowania zadaniowego oraz jego przewaga nad budżetem tradycyjnym

2.1. Uwagi wstępne

Jedną z odpowiedzi na pojawiające się problemy finansów publicznych jest budżet zadaniowy. Jego istotą jest zarządzanie środkami publicznymi przez cele. Są one skonkretyzowane, a ich realizacja następuje według określonej hierarchii. Na każdym etapie realizacji zadań w ramach określonego celu za pomocą odpowiednich mierników mierzy się ich efektywność. Zatem budżet zadaniowy pozwala ustalić, które zadania dla danego celu są najważniejsze i zmierzyć jak zostały wykonane [Pietrzak, Polański i Woźniak 2008, s. 114]. Inaczej definiuje budżet zadaniowy S. Owsiak [2005, s. 294], pokazując równocześnie i jednoznacznie istotę tego zagadnienia. Jest to bowiem „Plan finansowy podmiotu publicznego [...], w którym, niezależnie od obowiązującej klasyfikacji dochodów i wydatków budżetowych, zapisane są konkretne zadania charakteryzujące się niejednorodnością. Zadanie ma określony (ilościowo i jakościowo) cel, koszt, wskaźnik efektywności, wskazana jest także osoba odpowiedzialna za jego realizację”. Jaka jest przewaga budżetu zadaniowego nad tradycyjnym? Do korzyści, jakie niesie wdrożenie budżetowania zadaniowego do finansów publicznych, można zaliczyć:

- zmianę podejścia z wydatkowania środków publicznych na zarządzanie środkami publicznymi (np. uzyskanie najlepszych efektów przy danych nakładach),
- poprawę alokacji środków publicznych dzięki pojawieniu się zobiektywizowanych kryteriów podejmowania decyzji (porównanie wysokości koniecznych do poniesienia kosztów i uzyskanych z danego zadania efektów przy zachowaniu standardów jakościowych),

- dokonanie wyszczególnienia zadań według poziomu istotności dla rozwoju społeczno-gospodarczego (według priorytetów),
- dokładną analizę proponowanych do realizacji zadań z punktu widzenia efektywności (jakie koszty są konieczne do poniesienia i jakie będą rezultaty) oraz racjonalności (czy zadanie jest niezbędne do osiągnięcia zamierzonego celu),
- ograniczenie marnotrawstwa w wydatkowaniu środków publicznych poprzez zastosowanie odpowiednich wskaźników i mierników oraz zwiększenie odpowiedzialności dysponentów za wykonanie zadania (poprzedzone wzrostem kompetencji),
- zmianę podejścia urzędników państwowych do dysponowania środkami publicznymi (wzrost odpowiedzialności indywidualnej poprzez system weryfikacji wykonania poszczególnych, przypisanych obowiązków, konieczność współpracy między poszczególnymi jednostkami organizacyjnymi),
- konieczność polepszenia komunikacji z obywatelami w celu prawidłowego sformułowania zadań publicznych,
- zwiększenie przejrzystości działania władz państwowych poprzez tworzenie budżetu w nowym układzie,
- możliwość monitorowania postępów w realizacji zadania i stopnia osiągnięcia zamierzonych rezultatów,
- przeciwdziałanie korupcji dzięki odpowiednim wskaźnikom i miernikom, za pomocą których następuje ocena wykonania zadania [*Planowanie budżetowe...* 2008, s. 318].

Tabela 1. Podstawowe charakterystyki budżetu tradycyjnego i zadaniowego

Budżet tradycyjny <i>narzędzie wydatkowania</i>	Budżet zadaniowy <i>narzędzie rządzenia</i>
Utrudnione powiązanie wydatków z celami i zadaniami rządu – tradycyjna klasyfikacja budżetowa	Umożliwia powiązanie wydatków z celami i zadaniami, co pozwala na funkcjonalne uporządkowanie wydatków według zadań – nowa klasyfikacja budżetowa
Brak powiązania wydatków z kategoriami skuteczności i efektywności	Zarządzanie wydatkami w kierunku zwiększenia skuteczności efektywności poprzez system ewaluacji
Brak wieloletniej projekcji wydatków na zadania	Długofalowe podejście – trzyletnie projekcja wydatków dla dysponentów według zadań
Brak integracji wydatków	Globalne podejście do wydatków sektora finansów publicznych – konsolidacja według zadań
Utrudniona hierarchizacja wydatków	Hierarchia wydatków i instrumentów według istotności dla zadań rządu

cd. tabeli 1

Budżet tradycyjny	Budżet zadaniowy
Resortowe podejście	Sprzyja międzyresortowej współpracy w rządzie i pozostałych instytucjach sektora publicznego
Brak czytelnej informacji o polityce wydatkowej ministerstwa – niska transparentność	Czytelna informacja o wydatkach w nowej klasyfikacji budżetowej – umożliwia komunikację ze społeczeństwem
Ukierunkowuje dyskusję w sejmie na pojedyncze pozycje wydatkowe	Umożliwia merytoryczną dyskusję w sejmie o zadaniach rządu.

Źródło: *Budżet zadaniowy w Polsce...* 2007 s. 30].

Wprowadzaniu nowych rozwiązań w administracji towarzyszyć mogą również pewne zagrożenia. W wypadku budżetowania zadaniowego wskazuje się na możliwość powstania problemów związanych na przykład z koniecznością wprowadzenia radykalnych zmian, które w zasadniczy sposób różnią się od dotychczasowego planowania budżetowego. Podejmowanie całkiem nowego, odmiennego wyzwania pociągnąć może za sobą powstanie zakłóceń w systemie finansów państwa. Wskazuje się również na możliwość pominięcia w priorytetowych celach obszarów istotnych z punktu widzenia społeczeństwa. Innym problemem może być powrót do nieefektywnych i nieelastycznych praktyk centralnego planowania przez zastosowanie nieodpowiednich mierników [*Budżet zadaniowy w administracji...* 2010, s. 33]. Jednoznaczną przewagę budżetu zadaniowego nad budżetem tradycyjnym można przedstawić również przez porównanie układu tradycyjnego i zadaniowego (tabela 1).

2.2. Budżet zadaniowy w wybranych krajach Unii Europejskiej oraz jego wdrażanie w Polsce

Obecnie budżetowanie takie jest stosowane w wielu krajach europejskich [Adamiec 2010, s. 2–7]. Budżet Francji oparty jest na zarządzaniu przez wyniki. Integralną jego część stanowi roczny plan wyników. W Hiszpanii wieloletnie planowanie powiązane musi być z takimi elementami, jak wieloletnie cele wyrażone w jasny, obiektywny i mierzalny sposób. Określone powinny być działania, które mają służyć realizacji tych celów, zaprojektowane konieczne zasoby finansowe, materialne i osobowe z uwzględnieniem zaciąganych kredytów mających umożliwić zrealizowanie zaplanowanych celów. Wielka Brytania kształtując budżet, opiera się na dwu- lub trzyletniej analizie wydatków państwa. Taki przegląd pozwala zdefiniować odpowiednie limity wydatków dla poszczególnych resortów. Integralną jego częścią jest tzw. umowa o świadczenie publiczne, która wskazuje, jakie rezultaty mają być osiągnięte w wyniku zaplanowanych wydatków. Od niedawna powiązanie

wydatków z założonymi celami polityki państwa wprowadziły również Włochy, gdzie budżet klasyfikowany jest zgodnie z założonymi celami misjami oraz programami – spójny zespół działań administracji publicznej. Zasady te wymagają opracowania załączników oceniających skuteczność działań finansowanych ze środków publicznych oraz ciągłego monitorowania mierników w ciągu roku finansowego. Podstawą przygotowania budżetu rocznego dla rządu centralnego w Finlandii jest wieloletni plan operacyjno-finansowy zawierający najważniejsze cele, poparty odpowiednimi wskaźnikami. Przygotowany na poziomie poszczególnych resortów zawiera jeszcze bardziej szczegółowo zdefiniowane wskaźniki w podziale na grupy odpowiadające konkretnym zakresom czynności. W wypadku takiej konieczności wskaźniki są uzupełniane częścią opisową oraz wskaźnikami oceniającymi jakość osiągniętych wyników. W Portugalii główną osią nowego zarządzania finansami publicznymi jest planowanie finansowe. Wykonanie budżetu definiowane jest nie tylko jako osiąganie odpowiednich rezultatów gospodarczych, ale również oddziaływanie na wybrane struktury społeczne i gospodarcze w kraju. Planowanie finansowe odbywać ma się w perspektywie czteroletniej, a dodatkowo podlegać ma corocznej aktualizacji na podstawie bieżących danych makroekonomicznych. Charakterystyczną cechą budżetu zadaniowego Portugalii są „osie zadaniowe”. Są one pośrednim nieobowiązkowym ogniwem wydatków skupiających wokół siebie część zadań z danego programu. Cele zadań skupionych wokół jednej osi wpisują się w cele strategiczne/operacyjne programu¹. Inne kraje, które w planowaniu finansów publicznych stosują budżetowanie zadaniowe, to również Estonia, Słowenia, Czechy.

Na podstawie przeglądu zastosowania budżetu zadaniowego w niektórych krajach Unii Europejskiej można stwierdzić, że istnieje duże zainteresowanie związane z takim sposobem podejścia do finansów publicznych. W Polsce za wdrożenie budżetu zadaniowego odpowiedzialny jest Departament Reformy Finansów Publicznych, realizujący projekty systemowe w ramach podzadania 5.1.2 „Wdrażanie systemu zarządzania finansowego w ujęciu zadaniowym”, Priorytetu V „Dobre rządzenie” – PO „Kapitał ludzki”. Reforma ta realizowana była w ramach dwóch projektów: Pierwszy projekt – „Wdrożenie budżetu zadaniowego u wszystkich dysponentów środków budżetowych w latach 2008–2012” miał na celu przygotowanie i wdrożenie budżetu zadaniowego u wszystkich dysponentów w ujęciu rocznym i wieloletnim. Efektem działań z założenia miała być poprawa jakości finansów publicznych. Wzrost przejrzystości i jawności budżetu państwa. Wdrożenie programu miało na celu poprawę efektywności wydatkowania środków publicznych, realną wycenę poszczególnych zadań państwa, koncentrację wydatków publicznych na zadaniach uznanych za priorytetowe w polityce rządu.

¹ Opracowane dotyczące wyjazdu studyjnego przedstawicieli Ministerstwa Finansów do Portugalii realizowanego jako szkolenie, Warszawa 2009, www.mf.gov.pl.

Budżet zadaniowy z założenia miał poprawić koordynację działań administracji publicznej oraz wyeliminować dublujące się funkcje i kompetencje w poszczególnych resortach. Drugi projekt – „Wsparcie przygotowania i wdrożenia budżetu zadaniowego na poziomie centralnym w latach 2008–2012” miał na celu pomoc w procesie doskonalenia metodologii w zakresie przygotowania i wdrażania tego nowatorskiego rozwiązania w ujęciu rocznym i wieloletnim, planowania strategicznego oraz wdrożenia nowych mechanizmów zarządzania finansami publicznymi. Realizacja projektu miała na celu dostarczenie odpowiednich narzędzi informatycznych, przygotowanie wskaźników, wdrożenie systemu monitoringu. W celu sprawnego wprowadzenia zasad budżetowania zadaniowego w Polsce opracowano stosowny harmonogram prac na lata 2008–2015.

Harmonogram ten obejmuje takie etapy, jak:

– 2008 r.: analiza aktów prawnych na potrzeby wdrożenia budżetu zadaniowego oraz przygotowanie założeń do projektów aktów prawnych realizujących funkcjonowanie budżetu zadaniowego oraz wieloletniego planowania budżetowego, opracowanie podstaw metodologicznych,

– 2009 r.: przygotowane metodyki budżetu zadaniowego, przygotowanie wytycznych do sprawozdań z wykonania budżetu zadaniowego, opracowanie wytycznych do systemu informatycznego obsługującego budżet zadaniowy,

– 2010 r.: przygotowanie koncepcji monitoringu realizacji budżetu w nowym układzie wykonawczym oraz zakończenie pierwszego etapu prac nad systemem sprawozdawczym w ujęciu zadaniowym wydatków publicznych,

– 2011 r.: opracowanie bazy mierników dla wszystkich funkcji państwa, zakończenie drugiego etapu prac nad systemem sprawozdawczym w ujęciu zadaniowym wydatków publicznych, przeprowadzenie po raz pierwszy sprawozdawczości i monitoringu w układzie zadaniowym,

– 2012 r.: sporządzenie po raz pierwszy projektu budżetu w układzie zadaniowym równoległe do ujęcia klasycznego na 2013 r., wprowadzenie całościowej bazy mierników, wprowadzenie metodologii efektywnego zarządzania finansami publicznymi na szczeblu centralnym oraz wieloletniego planowania,

– 2013 r.: przygotowanie założeń do systemu ewaluacji budżetu zadaniowego, wdrożenie systemu informatycznego obsługującego budżet zadaniowy,

– 2014 r.: przygotowanie sprawozdania z wykonania budżetu zadaniowego obejmującego realizację budżetu za 2013 r. oraz opracowanie dokumentu ewaluacyjnego o charakterze *ex post* będącego narzędziem wspierającym dla opracowania budżetu na 2014 r.,

– 2015 r. sporządzenie raportu oceniającego wpływ budżetu zadaniowego na finanse publiczne oraz rozliczenie projektów realizowanych w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego².

² Harmonogram prac nad budżetem zadaniowym na lata 2008 – 2015, www.mf.gov.pl.

Główna zmiana legislacyjna dotycząca „zaistnienia” budżetu zadaniowego w finansowaniu publicznym to Ustawa z dnia 27 sierpnia 2009 r. o finansach publicznych, która weszła w życie 1 stycznia 2010 r. W ustawie zdefiniowano pojęcie budżetu zadaniowego wraz z zasadami i trybem sporządzania budżetu państwa w tym układzie. Stworzono również ramy prawne do dalszych prac nad wdrożeniem budżetu zadaniowego w naszym kraju [*Nowe zarządzanie finansami...* 2011, s. 203]. Obecnie w Polsce obowiązuje Rozporządzenie Ministra Finansów z 28 grudnia 2011 r. w sprawie sprawozdawczości budżetowej w układzie zadaniowym, które normuje rodzaje, formy terminy i sposoby sporządzania sprawozdań z wykonania planów finansowych w tym układzie. Jest to akt wykonawczy wyżej wspomnianej do ustawy.

2.3. Budżet zadaniowy na przykładzie administracji celnej

Poniżej zaprezentowano wdrażanie budżetu zadaniowego na przykładzie administracji celnej. Zgodnie z projektem budżetu państwa na 2013 r. w układzie zadaniowym państwo przypisane ma 22 funkcje z czego administracja celna realizuje następujące: zarządzanie finansami państwa – funkcja 4, polityka gospodarcza kraju – funkcja 6 oraz funkcja 11 – bezpieczeństwo zewnętrzne i nienaruszalność granic. Funkcja 4 rozumiana jest jako realizacja zadań związanych z inicjowaniem, opracowaniem oraz kontrolą i sprawozdawczością polityki finansowej państwa oraz koordynacją publicznej działalności finansowej. Funkcja ta obejmuje trzy obszary:

- politykę budżetową państwa,
- finanse publiczne,
- instytucje finansowe.

W drugim obszarze umieszczona została administracja celna, ponieważ w zakresie tego obszaru funkcja ta obejmuje między innymi realizację dochodów i wydatków budżetu państwa, koordynowanie współpracy finansowej, kredytowej i płatniczej z zagranicą, dochodzenie należności Skarbu Państwa, kontrolę ceł, gier losowych i zakładów wzajemnych, rachunkowości oraz prawa dewizowego. Funkcja ta obejmuje działalność w zakresie gospodarowania środkami publicznymi a także zarządzania długiem publicznym. Do działalności tej zaliczyć można między innymi działania kontrolne w zakresie poboru należności budżetu państwa, informatyzację działalności i budowę społeczeństwa informacyjnego. Funkcja 6 – koordynacja polityki gospodarczej kraju sprowadza się do prowadzenia skutecznej polityki gospodarczej, co pociąga za sobą podejmowanie nowych inicjatyw i działań mających na celu zapewnienie stałego wzrostu gospodarczego jak również postępu społeczno-ekonomicznego. Koordynacja polityki gospodarczej kraju obejmuje działalność dysponentów w zakresie spraw gospodarczych i handlowych, turystyki, a także spraw i usług związanych z paliwami,

Tabela 2. Zadania wyznaczone administracji celnej w 2013 r.

Nr zadania	Zadania
04.01	Realizacja należności budżetu państwa
04.02	Działania kontrolne realizowane przez służby skarbowe i celne
06.06	Wykonywanie czynności z zakresu ochrony oraz praw własności intelektualnej
11.04	Gotowość struktur administracyjno-gospodarczych kraju do obrony państwa

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów Ministerstwa Finansów.

Tabela 3. Zadania, podzadania i działania przypisane Służbie Celnej w ramach budżetu zadaniowego (w 2013 r.)

Zadanie	Nazwa podzadania	Nazwa działania
04.01	04.01.01 – Pobór podatków i niepodatkowych należności budżetowych	04.01.01.01 – Pobór podatków i niepodatkowych należności budżetowych
	04.01.02 – Pobór i egzekucja ceł oraz udogodnienia w handlu i podróżach przez granice	04.01.02.01 – Pobór należności wynikających ze zgłoszeń celnych i udogodnienia w handlu i podróżach przez granice
		04.01.02.02 – Wdrożenie programu e-Cło
	04.01.03 – Postępowanie egzekucyjne w zakresie zaległości podatkowych i niepodatkowych	04.01.03.02 – Postępowanie egzekucyjne prowadzone przez Służbę Celną
04.02	04.02.02 – Kontrole wykonywane przez Służbę Celną	04.02.02.01 – Kontrola związana z importem towaru
		04.02.02.02 – Kontrola w zakresie podatku akcyzowego
		04.02.02.03 – Kontrola w zakresie gier hazardowych
06.06	06.06.03 – Ochrona rynku przed przemytem towarów oraz obszaru celnego przed napływem towarów o znaczeniu strategicznym i innych mogących grozić bezpieczeństwu państwa	06.06.03.01 – Ochrona obszaru celnego przed napływem towarów objętych ograniczeniami lub zakazami
		06.06.03.02 – Udaremnienie przepływu wyrobów akcyzowych
11.04	11.04.02 – Pozamilitarne przygotowania obronne	11.04.02.04 – Szkolenia obronne administracji publicznej i przedsiębiorców

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów Ministerstwa Finansów.

energią, telekomunikacją w tym przykładowo ochronę konkurencji, konsumentów, nadzór nad rynkiem, pomoc publiczną, regulacje, wsparcie działalności gospodarczej i handlowej, ochronę własności intelektualnej i przemysłowej. Z kolei funkcja 11 związana jest z obowiązkiem państwa zapewnienia bezpieczeństwa zewnątrz-

nego kraju, co jest niezbędne dla zapewnienia nienaruszalności jego niepodległości i korzystnych warunków realizacji interesów narodowych, a także zabezpieczenia obywatelom warunków do rozwoju cywilizacyjnego, tj. bezpiecznego i godnego życia w pokojowym i ustabilizowanym otoczeniu międzynarodowym. Zadania mające na celu spełnienie tego obowiązku są realizowane w kontekście uczestnictwa Polski w Sojuszu Północnoatlantyckim i w Unii Europejskiej.

Administracja celna bierze udział w realizacji 3 zaprezentowanych funkcji, dlatego postawiono przed nią różne zadania (tabele 2 i 3). W ślad za postawionymi zadaniami określono odpowiednie podzadania i działania. Przedstawionym powyżej zadaniam i podzadaniom odpowiadają konkretnie cele i mierniki.

Obecnie sporządzanie budżetu, zgodnie z wymogami ustawowymi, odbywa się w dwóch układach: tradycyjnym i zadaniowym. Alokacja wydatków z budżetu tradycyjnego do budżetu zadaniowego dotyczy planu, planu po zmianach i wykonania na poziomie działania. Do działań przypisuje się pracowników komórek organizacyjnych (merytorycznych typu komórki odpowiedzialne za pracę systemów ogólnopolskich, komórka egzekucji, komórka dozoru, komórka rozliczeń i podatków) wykonujących czynności związane z realizacją określonych działań. Dla uproszczenia przyjmuje się, że udział osób niepracujących bezpośrednio w komórkach merytorycznych (dyrekcja, wydział finansowo-księgowy, kadry, audyt wewnętrzny itp.) jest proporcjonalny w poszczególnych działaniach, jak i pracujących w komórkach merytorycznych.

Przekładając budżet tradycyjny na budżet zadaniowy, kierować należy się pewnymi regułami. Generalnie alokacja budżetu tradycyjnego na budżet zadaniowy odbywa się zgodnie z treścią ekonomiczną wydatku, bezpośrednio zgodnie z przypisaniem funkcjonariuszy/pracowników cywilnych do działań lub z wykorzystaniem struktury zatrudnienia (odpowiednio struktury zatrudnienia funkcjonariuszy lub struktury zatrudnienia wszystkich pracowników instytucji). Przykładowo paragraf klasyfikacji budżetowej związany z szyciem umundurowania alokowany zostanie według struktury zatrudnienia funkcjonariuszy. Paragrafy związane z zakupem materiałów i usług alokowane są zgodnie ze strukturą zatrudnienia wszystkich pracowników, w wypadku gdy nie istnieje możliwość alokacji bezpośredniej wydatku do działania. Dla paragrafów płacowych alokacja wynagrodzeń odbywa się bezpośrednio zgodnie z przypisaniem funkcjonariuszy/pracowników do działań (wykonanie). Alokacja planu w tym wypadku odbywa się z wykorzystaniem struktury wynagrodzeń funkcjonariuszy/pracowników w danym paragrafie. W wypadku paragrafów związanych z podatkami od nieruchomości, opłatami za zarząd alokacja następuje zgodnie z treścią ekonomiczną, przypisaniem pracowników/funkcjonariuszy do działań lub według struktury zatrudnienia z wyłączeniem pracowników przejść granicznych.

Tabela 4. Cele i mierniki budżetu zadaniowego na poziomie działania dla Służby Celnej na 2013 r.

Symbol działania	Cel	Miernik	Wartość miernika
04.01.01.01	Zapewnienie skutecznej i terminowej realizacji należności podatkowych i niepodatkowych	Dynamika zaległości budżetowych	108,5
04.01.02.01	Zapewnienie skutecznego i efektywnego poboru należności celnych oraz ułatwienie legalnej działalności gospodarczej	Odsetek uzupełniających zgłoszeń celnych we wszystkich zgłoszeniach celnych	42,17%
04.01.02.02	Ułatwienie przepływu towarów oraz wyeliminowanie dokumentów papierowych	Udział dokumentów obsługiwanych elektronicznie w stosunku do wszystkich dokumentów	88,51%
04.01.03.02	Postępowania egzekucyjne prowadzone przez Służbę Celną	Udział wyegzekwowanych należności objętych tytułami wykonawczymi w stosunku do ogólnej kwoty zaległości objętej tytułami wykonawczymi	4,00%
04.02.02.01	Usprawnienie działań kontrolnych w szczególności wykonywanych na przejściach granicznych	Odsetek zgłoszeń celnych poddanych kontroli przed zwolnieniem towaru	2,99%
04.02.02.02	Ograniczenie nieprawidłowości w obszarze podatku akcyzowego	Odsetek kontroli w zakresie podatku akcyzowego, w czasie których stwierdzono nieprawidłowości	53,17%
04.02.02.03	Ograniczenie nieprawidłowości dotyczące funkcjonowania rynku gier hazardowych	Odsetek kontroli w zakresie gier w czasie których stwierdzono nieprawidłowości	13,82%
06.06.03.01	Zapewnienie bezpieczeństwa publicznego oraz ochrona rynku przed napływem towarów zakazanych	Liczba ujawnień naruszenia praw własności intelektualnej	3768
06.06.03.02	Ochrona rynku krajowego i UE przed przemytem wyrobów akcyzowych	Wartość przechwyconego przemytu wyrobów tytoniowych i alkoholowych na jedno działanie kontrolne w ramach wydziałów WZP (w tys. zł)	3,77
11.04.02.04	Przekazanie wybranym grupom pracowników informacji o zakresie i sposobie realizacji zadań obronnych w resorcie finansów	Relacja liczby przeszkolonych pracowników do ogólnej liczby Pracowników zaplanowanych do przeszkolenia	100%

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów Ministerstwa Finansów.

Programy współfinansowane ze środków Unii Europejskiej przypisane są „na sztywno” do konkretnego działania, przykładowo realizacja programu e-clo – budowa elektronicznej administracji realizowana jest w ujęciu zadaniowym w konkretnym specjalnie do tego stworzonym działaniu 04.01.02.02 – Wdrażanie programu e-clo. Program CUSTOMS realizowany jest w ramach działania 04.01.02.01 – Pobór należności wynikających ze zgłoszeń celnych i udogodnień w handlu i podróżach przez granice. Program FISCALIS realizowany jest natomiast w ramach działania 04.01.01.01 – Pobór podatków i niepodatkowych należności budżetowych.

3. Podsumowanie

Idea budżetowania zadaniowego na stałe zagościła w polskich realiach gospodarczych. Przyczynić się miała do poprawy efektywności wydatkowania środków publicznych ich przejrzystości i jasności. Budżetowanie zadaniowe napotyka wiele trudności. Nie odnoszę się tu bezpośrednio do administracji celnej, gdyż nie dotarłam do wymiernych analiz i badań w tej kwestii. Jednak jak wynika z analizy budżetowania zadaniowego, w administracji rządowej zakładany cel nie został osiągnięty w 100% [Misiąg 2013, s. 94]. Planowanie budżetowe nadal odbywa się w układzie tradycyjnym, a ten jest jedynie „przekładany” na budżet zadaniowy, co w efekcie nie pozwala na pełne wykorzystanie możliwości budżetowania zadaniowego, a jedynie przysparza dodatkowej pracy. Znacznie ograniczona jest jego funkcja informacyjna, planistyczna i zarządcza. Plan przewidywany jest w ujęciu rocznym, co jawnie przeczy założeniu o wieloletnim planowaniu budżetowym. Podejście takie uniemożliwia stworzenie efektywnego narzędzia, które sprawiłoby, że alokacja środków publicznych skoordynowana została z długookresowymi celami gospodarczymi i społecznymi naszego kraju. Budżet zadaniowy obecnie to inny sposób prezentowania budżetu w układzie tradycyjnym. Z założenia, w przeciwieństwie do uzyskanych rezultatów, ma on na celu zmianę podejścia do procedur funkcjonowania administracji publicznej z wydatkowej na zarządczą. Warto byłoby również zastanowić się nad odpowiednim powiązaniem mierników i stopnia realizacji zadań w przeciwieństwie do położonego obecnie nacisku na strukturyzację celów i zadań państwa.

Literatura

Adamiec J. [2010], *Budżet zadaniowy w krajach Unii Europejskiej*, „Analizy” nr 10 (35).
Budżet zadaniowy w administracji publicznej [2010], red. P. Perczyński, M. Postuła,
Ministerstwo Finansów, Warszawa.

Budżet zadaniowy w Polsce. Reorientacja z wydatkowania na zarządzanie pieniędzmi publicznymi [2007], red. T. Lubińska, Difin, Warszawa.

Misiąg W. [2013], *Siedem lat wdrażania budżetu zadaniowego refleksje i prognozy*, „Studia BAS”, nr 1(33).

Owsiak S. [2005], *Finanse publiczne. Teoria i praktyka*, PWN, Warszawa.

Planowanie budżetowe a alokacja zasobów [2008], red. S. Owsiak, PWE, Warszawa.

Pietrzak B., Polański Z., Woźniak B. [2008], *System finansowy w Polsce*, t. 2, PWN, Warszawa.

Nowe zarządzanie finansami publicznymi w warunkach kryzysu [2011], red. S. Owsiak, PWE, Warszawa.

Implementation of a Budget Task Force – The Example of the Customs Administration

Implementing a budget task force is part of a new approach to administering public finance. Its essence is the management of public funds by objectives. Budgeting prompts a more efficient and transparent management of public funds and allows for efficient long-term economic planning. The article presents solutions for the budget task force in selected EU countries and discusses the implementation of a budget task force in Poland as well as the advantages and disadvantages of using a task force as opposed to sticking with classic budgeting. The practical section of the work shows a solution proposed for the customs administration. It shows those tasks the customs administration is charged with performing, the objectives, and the measures. The summary examines the problems that arose in the context of the performance budget in government administration.

Keywords: customs administration, public finance, budget task force, new public management.

Justyna Syguła-Cholewińska

Jadwiga Szostak-Kot

Barbara Błyskal

Tomasz Sawoszczuk

Tomasz Lech

Katedra Mikrobiologii

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

Wykorzystanie metody manualnej i instrumentalnej w ilościowej ocenie bakterii przeżywających w tkaninach po procesie prania

Streszczenie

Ocena efektywności procesu prania wymaga sprawdzenia czystości mikrobiologicznej. Nie ma jednoznacznie ustalonych sposobów wyznaczania liczby drobnoustrojów pozostających w tkaninach po praniu. Celem badań było określenie liczby bakterii przeżywających proces prania w zabrudzonych krwią tkaninach. Próbkę tkaniny bawełnianej zaszczipiano trzema gatunkami bakterii, poddawano procesowi prania modelowego, a następnie wyekstrahowane z tkanin drobnoustroje hodowano i zliczano z wykorzystaniem metody manualnej i instrumentalnej. Wykazano, że pranie zainfekowanych tkanin powoduje obniżenie liczby wszystkich badanych gatunków bakterii. Jednakże dwa z badanych szczepów, tj. *Staphylococcus aureus* i *Bacillus cereus* przeżywały w dużej liczbie w kąpielach piorących, co może potencjalnie prowadzić do przenoszenia zakażenia pomiędzy tkaninami. Metoda instrumentalna sprawdza się przy zliczaniu do 500 kolonii bakterii, dodatkowo skraca całkowity czas prowadzenia badań.

Słowa kluczowe: pranie, bakterie, zliczanie kolonii, zabrudzenia krwawe, tkaniny.

1. Wprowadzenie

Higiena tkanin jest bardzo istotna z punktu widzenia osób zatrudnionych w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym czy kosmetycznym, jak również pracowników i pacjentów szpitali, hospicjów i domów opieki społecznej. Tekstylia mogą być bowiem źródłem mikroorganizmów, w tym chorobotwórczych, pochodzących bezpośrednio od człowieka lub z jego płynów ustrojowych, z powietrza, powierzchni sprzętów itp. Usuwanie mikroorganizmów z wyrobów tekstylnych zachodzi w procesie prania, jednakże nie każdy sposób prania zapewnia ten efekt [Wiksell, Pickett i Hartman 1973, Neely i Maley 2000, Fijan, Cencič i Šostar-Turk 2006]. W poszczególnych sektorach wprowadza się pranie przemysłowe, szpitalne czy komercyjne, a jednocześnie każdy ma do czynienia z praniem domowym. Ocena efektywności tych procesów wymaga m.in. sprawdzenia czystości mikrobiologicznej po ich przeprowadzeniu. Nie ma jednoznacznie ustalonych sposobów oznaczania liczby drobnoustrojów pozostających w tkaninach po praniu. Najczęściej oceny dokonuje się metodami spektrofotometrycznymi z zastosowaniem fluorochromów lub metodami hodowlanymi. Te ostatnie, mimo powszechnego stosowania, wymagają dopracowania.

2. Czynniki wpływające na eliminację bakterii w procesie prania

Na proces prania mają wpływ cztery główne czynniki, które wchodzi z sobą w interakcję. Zgodnie z kołem Sinnera czynniki te to [Davis i Ainsworth 1989, Kurz 2003, Lee i in. 2008]: akcja mechaniczna, temperatura, czas, stężenie zastosowanego środka piorącego. Zapewniają one optymalne usuwanie zabrudzeń i najwyższą wydajność procesu. Jeśli jeden z czynników ulega redukcji udział pozostałych musi zostać zwiększony, aby zachować tę samą efektywność prania, w tym efekt dezynfekcyjny. Obserwowane obecnie tendencje w obniżaniu temperatury prania powinny zatem prowadzić do zastosowania większej ilości środka piorącego bądź środka o specjalnym składzie oraz wydłużenia czasu procesu. W większości procedur prania, zwłaszcza w praniu domowym, nie jest to jednak łatwe do osiągnięcia z jednej strony z powodu ograniczeń technicznych (stałe opcje w oprogramowaniu pralek, stałe reżimy czasowe) z drugiej strony ze względu na niską świadomość konsumenta o konieczności takich zmian.

Kolejnym czynnikiem wpływającym w istotny sposób na końcowy efekt prania są zabrudzenia występujące na tkaninach. W przypadku określania skuteczności procesu prania bierze się pod uwagę rodzaj zabrudzenia (jednorodne czy mieszane) oraz stopień zabrudzenia tkanin, występujący po przeprowadzonym procesie [Carthy 1993]. Powszechnie wyróżniamy kilka rodzajów zabrudzeń:

rozpuszczalne w wodzie, olejowe (tłuszcze, oleje), pigmentowe, białkowe, takie jak krew stosowana w prezentowanych badaniach, inkrustacyjne i inne.

Środki piorące

Środki piorące stosowane do prania zawierają różnorodne grupy składników, z których każda ma spełniać odpowiednią funkcję. Podstawowym komponentem proszków są środki powierzchniowo czynne (detergenty anionowe i niejonowe, mydła), które mają za zadanie usunąć wszelkiego rodzaju zabrudzenia z tkanin i przeprowadzić je do roztworu kąpieli piorącej. Eliminacja zanieczyszczeń wspomagana jest także przez aktywne wypełniacze oraz enzymy, głównie proteazy i lipazy.

Wśród składników środka piorącego zasadniczą rolę w zapewnieniu efektu higienicznego prania odgrywają wybielacze chemiczne o aktywności utleniającej. Pod względem sposobu działania wybielacze można zakwalifikować do dwóch grup: wybielacze nadtlenowe i chlorowe. W przypadku tych pierwszych ich działanie związane jest z wytworzeniem reaktywnych form tlenu, które wchodząc w reakcje z wieloma biocząsteczkami występującymi w komórce mikroorganizmu, takimi jak: białka, kwasy nukleinowe, lipidy, powodują ich dysfunkcję, destabilizację struktur komórkowych i w konsekwencji prowadzą do śmierci mikroorganizmów [Bartosz 2004]. Chlorowe wybielacze wykazują skuteczne działanie przeciwdrobnoustrojowe zarówno względem form wegetatywnych, jak i przetrwalników. Zaletą tych związków jest ich wysoka skuteczność w małych stężeniach przy prowadzeniu prania w niskich temperaturach, tj. poniżej 60° C, czego nie obserwuje się w przypadku wybielaczy nadtlenowych. W wyniku prania odzieży w niższych temperaturach z zastosowaniem podchlorynu sodu uzyskuje się porównywalne efekty higieniczne jak przy dezaktywacji termicznej [Rutala i Weber 1997, Terpstra 1998, Scott i Bloomfield 1999]. Jednakże pomimo wysokiej skuteczności przeciwdrobnoustrojowej wybielacze chlorowe są obecnie systematycznie wycofywane w krajach Unii Europejskiej ze względów ekologicznych, a także ze względu na niszczący wpływ na włókno i powodowanie zażółceń.

Czas procesu prania

Czas trwania procesu prania jest odwrotnie proporcjonalny do stężenia środków piorących i akcji mechanicznej. Wiadomo, że odpowiednia interakcja pomiędzy środkiem piorącym, a wyrobem w zadanej temperaturze procesu wymaga pewnego, skończonego okresu. W określonym czasie powstaje równowaga pomiędzy powierzchnią włókien, a kąpielą piorącą, która wpływa na oddzielanie się cząsteczek brudu i ich eliminację. Optymalizacja czasu prania wymaga uwzględnienia tych oddziaływań, a także dawki i rodzaju środków piorących oraz wzięcia pod uwagę aspektów ekonomicznych, jak np. zużycie energii. Przy obec-

ności enzymów w środkach piorących, wydłużanie czasu poszczególnych etapów prania, ze względu na charakter reakcji, nie wpływa na zwiększenie wydajności pralniczej [Milczyński 2002]. Ponadto wydłużony czas prania może powodować wtórne osadzanie się zabrudzeń lub barwników (pochodzących m.in. z zabrudzeń), co przyczynia się głównie do szarzenia pranych wyrobów. Z drugiej strony, zmniejszanie czasu procesu, zwłaszcza działania maksymalnej temperatury, może osłabić efekt higieniczny prania [Terpstra 1998, Terpstra i van Kessel 2005].

Temperatura

Temperatura procesu prania powinna być dobierana głównie do rodzaju pranych wyrobów. Ze względu na skład surowcowy, a więc charakter fizykochemiczny włókna, wyroby lniane i bawełniane mogą być poddawane praniu w wyższych temperaturach niż wyroby z włókien syntetycznych czy naturalnych pochodzenia zwierzęcego, jak wełna i jedwab. Również rodzaj wykończenia ma wpływ na wrażliwość wyrobu na temperaturę kąpieli piorącej [Perenich i Rhonda 1993]. Podwyższanie temperatury zwiększa energię kinetyczną jonów powierzchniowych, co ułatwia usuwanie zabrudzeń, a po osiągnięciu pewnych wartości, ma działanie dezynfekcyjne.

Zabrudzenia

Zabrudzenia odzieży krwią i innymi płynami ustrojowymi zwierząt, fragmentami tkanek, pyłem kostnym, skrzepami lub treścią przewodu pokarmowego, jakie występują np. podczas produkcji żywności, mogą stanowić bogate źródło substancji odżywczych dla mikroorganizmów. Podobnie drobniny surowców roślinnych (części łodyg, korzeni, liści, kwiatów) oraz substancje czynne, pozyskiwane w czasie ich ekstrakcji, wykorzystywane w produkcji kosmetyków czy farmaceutyków, osadzając się na tkaninach, tworzą sprzyjające środowisko do utrzymywania się potencjalnie patogennych drobnoustrojów. Należy zwrócić uwagę również na inne zanieczyszczenia organiczne np. pochodzące z gleby, które dotyczą tkanin używanych zwłaszcza podczas wstępnego oczyszczania surowców pochodzenia roślinnego. Zatem tekstylia zabrudzone związkami organicznymi stają się dogodnym miejscem bytowania mikroorganizmów, które mogą się na nich namnażać i przetrwać przez długi czas. Ważne zatem staje się określenie czy zabrudzenia organiczne występujące na tkaninach chronią mikroorganizmy przed ich usunięciem z wyrobu w trakcie prania. W przypadku nieefektywnej higienizacji wyrobu w procesie prania (np. przez dobór nieodpowiednich warunków lub przy silnym skażeniu wsadu) tekstylia stają się rezerwuarem drobnoustrojów, stanowiąc źródło skażenia, co może zagrozić bezpieczeństwu zdrowotnemu wytwarzanego produktu, pracowników i konsumentów.

Celem badań było określenie liczby bakterii, przeżywających proces prania w tkaninach zabrudzonych krwią, z wykorzystaniem metody manualnej i automatycznego licznika do zliczania kolonii bakteryjnych.

3. Materiały i metody badań

Tkanina. Badania prowadzono na tkaninie o 100% zawartości bawełny (wątek = osnowa), niepoddanej obróbce wykańczalniczej. Z materiału wycinano próbki o wymiarach 5 × 5 cm, które poddawano sterylizacji w autoklawie. Na wyjąłowane kwadraty nanoszono następnie zabrudzenia z odwłóknionej krwi baraniej, zawierającej 65% osocza i 35% elementów morfotycznych. Próbki pozostawiano do wyschnięcia w temperaturze 22–25°C przez 24 godziny i dopiero wówczas zaszczepiano zawiesinami bakterii testowych [Szostak-Kot i in. 2011].

Bakterie. W badaniach wykorzystano trzy gatunki bakterii *Staphylococcus aureus* CBM1 (ATCC 25923), *Escherichia coli* CBM17 (ATCC 25922), *Bacillus cereus* (BBP-3), z których przygotowywano zawiesiny w płynie fizjologicznym o gęstości 6×10^8 CFU/ml (2 McF). Pomiarów gęstości zawiesiny bakterii dokonywano na densytometrze DENSIMAT firmy bioMérieux [Jekiel, Szostak-Kot i Syguła-Cholewińska 2011].

Inokulacja tkanin bakteriami. Przygotowane zawiesiny bakterii nanoszono na próbki zabrudzonej tkaniny bawełnianej w ilości 1 ml na próbkę, a następnie inkubowano w temperaturze 22–25°C, połowę próbek przez 24 godziny, a pozostałe przez 7 dni [Syguła-Cholewińska, Szostak-Kot i Błyskał 2012]. Czas inkubacji został dobrany na podstawie wcześniejszych badań nad przeżywalnością bakterii prowadzonych na tkaninach niezabrudzonych i w obecności zabrudzeń krwawych [Szostak-Kot, Syguła-Cholewińska, Jekiel 2010, Szostak-Kot 2011].

Dla wszystkich badanych szczepów bakterii wykonywano posiew w sześciu powtórzeniach dla każdego z wyznaczonych kroków badawczych. Dwie próbki stanowiły próby kontrolne, dwie kolejne po okresie inkubacji były poddawane praniu zasadniczemu, a dwie następne pełnemu cyklowi prania.

Proces prania modelowego. Próbki zabrudzonej tkaniny zaszczepionej bakteriami po 24-godzinach od zainfekowania umieszczano pojedynczo w kolbach szklanych z roztworem kąpieli piorącej i poddawano procesowi prania modelowego. Kąpiel piorącą stanowił 0,5% roztwór standaryzowanego środka piorącego w wodzie destylowanej [PN ISO C01-05], a moduł kąpieli wynosił 1:50. Proces prania składał się z etapu prania zasadniczego i trzech płukań. Pranie zasadnicze prowadzono w temperaturze 40°C przez 12 minut, na wytrząsarce Elan typu 357, przy akcji mechanicznej 50 ± 2 obrotów na minutę [Fijan, Šostar-Turk i Cencič 2005]. Po praniu zasadniczym część próbek tkanin przenoszono pojedynczo do

zlewek z jałową wodą destylowaną i poddawano trzykrotnemu płukaniu przez 3 minuty, dokonując ręcznego wstrząsania co 15 sekund [ISO 15797]. Po zakończonym procesie prania próbki tkanin przenoszono do kolb z jałowym płynem fizjologicznym i poddawano ekstrakcji. W analogiczny sposób przeprowadzono proces prania próbek tkaniny po 7 dniach inkubacji od zainfekowania.

Dla każdego testowanego gatunku mikroorganizmu liczbę bakterii określano:

– w ekstraktach pozyskanych z zabrudzonej tkaniny zaszczerpionej zawiesiną danej bakterii po 24 godzinach i 7 dniach inkubacji, niepoddanej praniu – próbki kontrolne,

– w ekstraktach z zabrudzonej tkaniny zainfekowanej i poddanej następnie praniu zasadniczemu po 24 godzinach i 7 dniach inkubacji,

– w ekstraktach z zabrudzonej tkaniny zainfekowanej i poddanej pełnemu cyklowi prania, tj. praniu zasadniczemu z trzema etapami płukań, po 24 godzinach i 7 dniach inkubacji.

Dodatkowo, analizy przeprowadzono w:

– kąpieli piorącej pozostającej po wypraniu tkaniny,

– wodzie po ostatnim płukaniu.

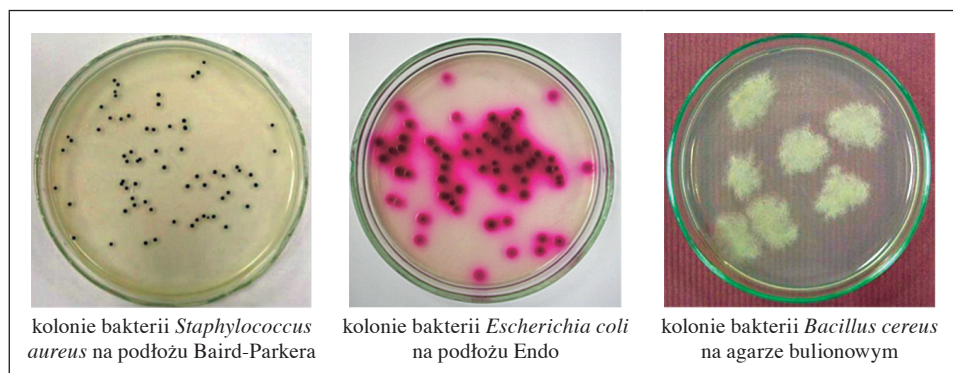
Ekstrakcja drobnoustrojów z tkaniny. Ekstrakcję bakterii pozostających na zabrudzonej tkaninie po praniu i na próbkach kontrolnych przeprowadzono na wytrząsarce typu Elan 357, przez 6 minut przy 250 rpm, zgodnie z procedurą opracowaną na podstawie wyników poprzednich doświadczeń [Syguła-Cholewińska, Szostak-Kot i Błyskal 2012]. Z otrzymanych ekstraktów tkanin, kąpieli piorących pozostających po praniu zabrudzonych, zaszczerpionych bakteriami próbek tkaniny i wody po ostatnim płukaniu próbek sporządzano dziesięciokrotne seryjne rozcieńczenia. Uzyskane rozcieńczenia wysiewano na podłoża hodowlane metodą wysiewu powierzchniowego. Ponadto próbki tkanin po ekstrakcji umieszczano na podłożach hodowlanych w celu zaobserwowania wzrostu bakterii, które pozostały na zabrudzonej tkaninie po procesie prania i ekstrakcji.

Oznaczanie liczby drobnoustrojów metodą hodowlaną. Hodowle prowadzono w temperaturze $36\pm 2^{\circ}\text{C}$ przez 24 godziny na podłożach selektywnych. Bakterie *Escherichia coli* hodowano na agarze Endo, *Staphylococcus aureus* na podłożu Baird-Parkera, a bakterie *Bacillus cereus* na podłożu ogólnym do hodowli bakterii – agarze bulionowym [Atlas 1997]. Po hodowli zliczano wyrosłe na pożywkach, charakterystyczne dla danej bakterii kolonie widoczne na fot. 1.

Zliczanie kolonii prowadzono dwoma sposobami:

– metodą manualną,

– metodą instrumentalną z zastosowaniem automatycznego licznika kolonii i oprogramowania komputerowego Easy Count 2 model 7510/AES AES CHEMUNEX (rys. 2).



Fot.1. Charakterystyczny wzrost bakterii na podłożach hodowlanych

Źródło: opracowanie własne.



Fot. 2. Automatyczny licznik kolonii z oprogramowaniem komputerowym Easy Count 2 model 7510/AES AES CHEMUNEX

Źródło: opracowanie własne.

W metodzie manualnej zliczania dokonuje bezpośrednio obserwator, zaznaczając znacznikiem policzone kolonie, natomiast aparat do liczenia kolonii z oprogramowaniem komputerowym Easy Count 2 model 7510/AES AES CHEMUNEX posiada dwie opcje zliczania „Click and Count” i „Supercount”. Po wprowadzeniu danych na temat próbki (nazwy, krotności rozcieńczenia) oraz po wyborze progu czułości kamery i zaznaczeniu obszaru zliczania, w pierwszej z opcji aparat zlicza kolonie po zadaniu polecenia „zlicz”. W drugiej z opcji „Supercount” po samodzielnym zliczeniu kolonii przez aparat istnieje możliwość weryfikacji wyników przez obserwatora poprzez wskazanie kursorem dodatkowych, niezarejestrowanych automatycznie kolonii. Dodatkowo w pomiarach dokonywanych automatycznie po zliczeniu kolonii i wprowadzeniu danych o krotności rozcieńczenia danej próbki oprogramowanie wyznacza liczby badanych bakterii z uwzględnieniem poprawki statystycznej, zawierającej w sobie błędy zliczeniowe aparatu.

4. Wyniki badań

4.1. Oznaczenie liczby kolonii bakterii dla zabrudzonej tkaniny poddanej praniu 24 godziny od zainfekowania

W celu sprawdzenia przeżywalności bakterii w zabrudzonych tkaninach w procesie prania określono liczbę kolonii badanych bakterii w ekstraktach z tkanin po kolejnych etapach prania oraz w pozostających po wypraniu tkanin kąpielach piorących i wodzie po płukaniu.

Tabela 1. Liczba kolonii *Staphylococcus aureus* dla zabrudzonej krwią tkaniny niepoddanej i poddanej praniu po 24 godzinach od zainfekowania

Tkanina	Rozcieńczenia 1 ml ekstraktów z tkanin					
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶
Zliczanie manualne						
Próba kontrolna 1	w.j.	>1000	>300	80	9	1
Próba kontrolna 2	w.j.	>1000	>300	103	10	0
Tkanina po praniu zasadniczym 1	>300	>300	37	3	0	0
Tkanina po praniu zasadniczym 2	>300	91	15	1	0	0
Kąpiel piorąca 1	w.j.	>300	>300	141	10	1
Kąpiel piorąca 2	w.j.	>300	140	8	2	0
Tkanina po pełnym cyklu prania 1	22	0	0	0	0	0
Tkanina po pełnym cyklu prania 2	4	0	5	1	0	0
Woda po płukaniu 1	3	0	0	0	0	0
Woda po płukaniu 2	42	10	0	0	0	0
Zliczanie instrumentalne						
Próba kontrolna 1	1832	1497	908	79	9	1
Próba kontrolna 2	1746	1350	687	97	10	0
Tkanina po praniu zasadniczym 1	1566	522	32	3	0	0
Tkanina po praniu zasadniczym 2	739	89	16	1	0	0
Kąpiel piorąca 1	1235	1753	896	141	10	1
Kąpiel piorąca 2	1811	818	176	22	3	0
Tkanina po pełnym cyklu prania 1	21	0	0	0	0	0
Tkanina po pełnym cyklu prania 2	5	2	0	0	0	0
Woda po płukaniu 1	4	0	0	0	0	0
Woda po płukaniu 2	51	9	0	0	0	0

Objaśnienie: w.j. – wzrost jednolity na całej powierzchni płytki

Źródło: opracowanie własne.

Aby określić przeżywalność bakterii *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* i *Bacillus cereus*, wyrosłe na pożywkach kolonie bakterii zliczano dwoma metodami, a uzyskane wyniki w dwóch powtórzeniach, opisane jako próbka 1 i 2, zamieszczono w tabelach. Próbki zabrudzonej tkaniny 1 i 2 zaszczipiano tym samym gatunkiem bakterii, ale poddawano oddzielnie ekstrakcji i praniu. Wyniki zliczeń kolonii bakterii *Staphylococcus aureus* zebrano w tabeli 1, bakterii *Escherichia coli* – w tabeli 2, a *Bacillus cereus* – w tabeli 3.

Jak wynika z tabeli 1, bakteria *Staphylococcus aureus* charakteryzowała się dobrą przeżywalnością w zabrudzonych krwią tkaninach po 24 godzinach od zainfekowania, o czym świadczy intensywny, niepoliczalny manualnie, wzrost tej bakterii na podłożach po hodowli dla rozcieńczeń 10^{-1} – 10^{-3} ml. W przypadku pozostałych rozcieńczeń liczba kolonii pomiędzy próbą kontrolną 1 i 2 była policzalna i porównywalna, zarówno w zliczaniu manualnym, jak i instrumentalnym.

Po praniu zasadniczym tkaniny zainfekowanej *Staphylococcus aureus* liczba bakterii w niej pozostających uległa zredukowaniu. Obecność na poziomie kilkadziesiąt kolonii zarejestrowano w hodowlach z początkowych rozcieńczeń, tj. 10^{-2} i 10^{-3} ml ekstraktów. Obserwowano również pewne różnice w określaniu liczby kolonii techniką instrumentalną a zliczaniem manualnym. Znaczny udział gronkowca stwierdzono w kąpielach piorących, do których bakterie były wypłukiwane w etapie prania zasadniczego. Liczba kolonii wyznaczona z próbek kąpeli piorących była porównywalna do kontrolnych, pomimo obecnego w nich środka piorącego, który mógł hamować wzrost mikroorganizmów. Ponadto wykazano różnice ilościowe pomiędzy obiema próbkami (1 i 2) tkanin po praniu. W przypadku próbki 1 odzyskano więcej bakterii zarówno z ekstraktu z tkaniny, jak i z kąpeli, w której tę próbkę prano. W przypadku zabrudzonej krwią tkaniny poddanej pełnemu cyklowi prania można było zaobserwować radykalne zmniejszenie liczby wyhodowanych bakterii w porównaniu z pozostałymi próbkami tkaniny zainfekowanej *Staphylococcus aureus*. Nieliczne kolonie stwierdzono zarówno w przypadku ekstraktów z wypranej tkaniny, jak i wody po ostatnim płukaniu.

Należy zaznaczyć, że wyekstrahowane próbki tkaniny kontrolnej, jak również po praniu zasadniczym i tej po pełnym cyklu prania, umieszczano na podłożach hodowlanych w celu sprawdzenia obecności bakterii *Staphylococcus aureus* pozostających w tkaninie, pomimo przeprowadzenia ekstrakcji. Na wszystkich próbkach stwierdzono silny wzrost bakterii, dobrze widoczny zwłaszcza w miejscach przylegania próbek do podłoża. Wydaje się więc, że mniejsza liczba bakterii w analizowanych roztworach wynika głównie ze słabszego ich wypłukiwania z zabrudzonych krwią tkanin, a nie ze skutecznej eliminacji gronkowca w procesie prania.

Tabela 2. Liczba kolonii *Escherichia coli* dla zabrudzonej krwią tkaniny niepoddanej i poddanej praniu po 24 godzinach od zainfekowania

Tkanina	Rozcieńczenia 1 ml ekstraktów z tkanin					
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶
Zliczanie manualne						
Próba kontrolna 1	>300	>300	>300	104	22	2
Próba kontrolna 2	>300	>300	>300	125	21	0
Tkanina po praniu zasadniczym 1	>300	65	7	1	0	0
Tkanina po praniu zasadniczym 2	>300	34	6	0	0	0
Kąpiel piorąca 1	211	27	4	0	0	0
Kąpiel piorąca 2	125	12	1	0	0	0
Tkanina po pełnym cyklu prania 1	416	33	5	0	0	0
Tkanina po pełnym cyklu prania 2	48	13	0	1	0	0
Woda po płukaniu 1	85	15	0	0	0	0
Woda po płukaniu 2	308	37	0	1	0	0
Zliczanie instrumentalne						
Próba kontrolna 1	1608	1275	518	100	21	2
Próba kontrolna 2	1121	1204	537	125	21	0
Tkanina po praniu zasadniczym 1	466	68	7	1	0	0
Tkanina po praniu zasadniczym 2	340	34	6	0	0	0
Kąpiel piorąca 1	201	27	6	0	0	0
Kąpiel piorąca 2	110	14	0	0	0	0
Tkanina po pełnym cyklu prania 1	(.) ^a	34	5	0	0	0
Tkanina po pełnym cyklu prania 2	49	14	0	0	0	0
Woda po płukaniu 1	90	13	0	0	0	0
Woda po płukaniu 2	259	29	0	1	0	0

^a wzrost miejscowy w postaci kolonii zlewających się, brak możliwości interpretacji

Źródło: opracowanie własne.

W porównaniu ze *Staphylococcus aureus* wzrost drugiego z badanych gatunków bakterii, tj. *Escherichia coli*, widoczny w hodowlach prowadzonych po ekstrakcji z zabrudzonych próbek kontrolnych tkaniny po 24 godzinach od zainfekowania był bardziej intensywny (por. tabela 1 i 2). Policzalną liczbę kolonii obserwowano dopiero w przypadku rozcieńczeń 10⁻⁴ i 10⁻⁵ ml ekstraktów dla obu próbek 1 i 2 (tabela 2), utrzymującą się na porównywalnym poziomie przy obu sposobach zliczeń. Podobną tendencję obserwowano w badaniach tkanin niezabrudzonych [Szostak-Kot, Syguła-Cholewińska, Jekiel 2009], pomimo że obie bakterie zostały posiane na tkaniny przy zastosowaniu zawiesin o takiej

samej gęstości. Po przeprowadzeniu prania zasadniczego obserwowano znaczące ograniczenie liczby przeżywających bakterii *Escherichia coli* zarówno w hodowlach ekstraktów z wypranych tkanin, jak i kąpielach piorących. W ekstraktach z tkanin bakterie były wykrywane głównie w pierwszych trzech rozcieńczeniach. Podobnie jak w przypadku prania zasadniczego tkanin zainfekowanych *Staphylococcus aureus* obserwowano pewne różnice w liczbie kolonii zliczanych manualnie i instrumentalnie. Z ekstraktów z wypranych tkanin otrzymano więcej kolonii aniżeli z kąpeli piorących, odmiennie jak w przypadku gronkowca (por. tabele 1 i 2). Poddanie zainfekowanych bakterią *Escherichia coli* zabrudzonych tkanin pełnemu cyklowi prania nie wpłynęło na tak znaczne, jak w przypadku *Staphylococcus aureus*, obniżenie liczby tych bakterii. Zarówno w ekstraktach z wypranych tkanin, jak i w wodzie po ostatnim płukaniu wykrywano bakterie na poziomie zbliżonym do wyników z kąpeli piorącej przy praniu zasadniczym. Silny wzrost bakterii był także widoczny na wszystkich próbkach tkaniny umieszczonych na podłożach hodowlanych po ekstrakcji.

Sposób wzrostu *Bacillus cereus* na podłożu hodowlanym (w postaci rozległych, rozgałęzionych kolonii uniemożliwiał dokonanie instrumentalnego pomiaru liczby kolonii za pomocą licznika automatycznego. Z tego powodu w tabeli 3 zamieszczono jedynie wyniki zliczeń manualnych.

Tabela 3. Liczba kolonii *Bacillus cereus* dla zabrudzonej krwią tkaniny niepoddanej i poddanej praniu po 24 godzinach od zainfekowania

Tkanina	Rozcieńczenia 1 ml ekstraktów z tkanin					
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶
Zliczanie manualne						
Liczba kolonii bakterii						
Próba kontrolna 1	>300	>300	73	9	4	0
Próba kontrolna 2	>300	>300	215	28	3	2
Tkanina po praniu zasadniczym 1	w.j.	7	0	0	0	0
Tkanina po praniu zasadniczym 2	80	12	1	0	0	0
Kąpiel piorąca 1	>300	>300	0	0	0	0
Kąpiel piorąca 2	68	16	0	0	0	0
Tkanina po pełnym cyklu prania 1	0	0	0	0	0	0
Tkanina po pełnym cyklu prania 2	0	0	0	0	0	0
Woda po płukaniu 1	6	0	0	0	0	0
Woda po płukaniu 2	11	3	0	0	0	0

Objaśnienie: w.j. – wzrost jednolity na całej powierzchni płytki

Źródło: opracowanie własne.

Jak wynika z danych z tabeli 3, jednolity wzrost *Bacillus cereus* był stwierdzany w dwóch początkowych rozcieńczeniach próbek kontrolnych 10^{-1} i 10^{-2} ml, policzalne kolonie obserwowano dopiero w kolejnych. Podobnie jak w przypadku pozostałych bakterii poddanie zabrudzonej krwią tkaniny praniu wpłynęło na obniżenie liczby *Bacillus cereus*, jednakże w przypadku tej bakterii odnotowano duże różnice ilościowe pomiędzy 1 i 2 próbką zarówno tkanin po praniu, jak i w przypadku kąpeli piorącej. Poddanie zainfekowanych, zabrudzonych tkanin pełnemu cyklowi prania zredukowało liczbę kolonii *Bacillus cereus* do kilku, wykrytych wyłącznie w wodzie po ostatnim płukaniu tkanin. Jednakże intensywny wzrost tej bakterii, podobnie jak pozostałych badanych mikroorganizmów, był stwierdzany na wyekstrahowanych tkaninach po hodowli.

4.2. Oznaczanie liczby kolonii bakterii w zabrudzonych krwią tkaninach poddanych praniu 7 dni od zainfekowania

W analogiczny sposób, jak w pkt 4.1, dokonano określenia liczby kolonii bakterii *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* i *Bacillus cereus* w ekstraktach pozyskanych po praniu tkanin zainfekowanych 7 dni wcześniej. Wyniki obserwacji dla *Staphylococcus aureus* zebrano w tabeli 4, dla *Escherichia coli* przedstawiono w tabeli 5, a dla *Bacillus cereus* – w tabeli 6.

Jak wynika z tabeli 4, bakteria *Staphylococcus aureus* wykazywała intensywny wzrost w hodowlach z pierwszych rozcieńczeń ekstraktów, tj. 10^{-1} i 10^{-2} ml. Policzalną, reprezentatywną liczbę kolonii obserwowano w rozcieńczeniach 10^{-3} – 10^{-4} ml. Przy tysiąckrotnie rozcieńczonej próbce zauważono ponadto różnicę, na poziomie kilkudziesięciu kolonii, pomiędzy zliczeniami metodą manualną a instrumentalną. Bakteria nie była wykrywana w najbardziej rozcieńczonych ekstraktach próbek kontrolnych.

Po praniu zasadniczym, policzalną liczbę kolonii *Staphylococcus aureus*, podobnie jak w próbkach kontrolnych, obserwowano dla środkowych zakresów rozcieńczeń ekstraktów pozyskanych z wypranych tkanin i kąpeli piorących. Tak jak w przypadku tkanin zaszczepionych tą bakterią poddanych praniu po 24 godzinach od zainfekowania (por. tabele 1 i 4) liczba kolonii stwierdzana na podłożach była wyższa w hodowlach z kąpeli piorących niż z wyekstrahowanych tkanin.

Liczba bakterii w hodowlach z zabrudzonych, zanieczyszczonych bakteriami tkanin po pełnym cyklu prania była obniżona w porównaniu z poprzednio omawianymi hodowlami. Dla rozcieńczeń ekstraktów 10^{-1} – 10^{-3} ml, w przypadku obu próbek tkaniny po praniu, obserwowano zmniejszającą się liczbę kolonii *Staphylococcus aureus* wraz ze wzrostem krotności rozcieńczenia. Jednak (wbrew spodziewanej tendencji) przy kolejnych rozcieńczeniach, tj. 10^{-4} i 10^{-5} ml, zaob-

serwowano wzrost bakterii na podłożach dla próbek 1, pomimo że w ekstraktach próbek 2 obecność *Staphylococcus aureus* nie była wykrywana. Wyniki dla rozcieńczeń 10^{-4} i 10^{-5} ml sklasyfikowano więc jako błąd oznaczenia.

Tabela 4. Liczba kolonii *Staphylococcus aureus* dla zabrudzonej krwią tkaniny niepoddanej i poddanej praniu po 7 dniach od zainfekowania

Tkanina	Rozcieńczenia 1 ml ekstraktów z tkanin					
	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}
Zliczanie manualne						
Próba kontrolna 1	>300	>300	144	10	1	0
Próba kontrolna 2	>300	>300	227	11	1	0
Tkanina po praniu zasadniczym 1	>300	>300	90	9	1	0
Tkanina po praniu zasadniczym 2	>300	310	34	3	1	0
Kąpiel piorąca 1	>300	>300	650	47	8	0
Kąpiel piorąca 2	>300	>300	545	61	9	2
Tkanina po pełnym cyklu prania 1	240	22	3	15	(.) ^a	0
Tkanina po pełnym cyklu prania 2	292	27	1	0	0	0
Woda po płukaniu 1	>300	338	57	4	0	0
Woda po płukaniu 2	416	62	10	2	0	0
Zliczanie instrumentalne						
Próba kontrolna 1	1307	524	124	11	1	0
Próba kontrolna 2	1642	842	181	11	1	0
Tkanina po praniu zasadniczym 1	1207	447	86	9	1	0
Tkanina po praniu zasadniczym 2	1052	257	28	3	1	0
Kąpiel piorąca 1	1132	1251	507	60	9	0
Kąpiel piorąca 2	1035	1407	509	61	9	2
Tkanina po pełnym cyklu prania 1	215	21	3	15	228	0
Tkanina po pełnym cyklu prania 2	245	20	1	0	0	0
Woda po płukaniu 1	1175	265	37	5	0	0
Woda po płukaniu 2	312	53	15	2	0	0

^a wzrost miejscowy w postaci kolonii zlewających się, brak możliwości interpretacji

Źródło: opracowanie własne.

Woda po ostatnim płukaniu obu próbek tkaniny zawierała większą o około rząd wielkości liczbę kolonii w porównaniu z ekstraktami z tej wypranej. Obserwowano różnice zarówno pomiędzy próbkami 1 i 2, jak i pomiędzy zliczeniem manualnym i instrumentalnym.

Tabela 5. Liczba kolonii *Escherichia coli* dla zabrudzonej krwią tkaniny niepoddanej i poddanej praniu po 7 dniach od zainfekowania

Tkanina	Rozcieńczenia 1 ml ekstraktów z tkanin					
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶
Zliczanie manualne						
Próba kontrolna 1	>300	>300	>300	417	18	1
Próba kontrolna 2	>300	>300	>300	287	47	4
Tkanina po praniu zasadniczym 1	0	0	0	0	0	0
Tkanina po praniu zasadniczym 2	>300	51	14	1	0	0
Kąpiel piorąca 1	55	2	0	0	0	0
Kąpiel piorąca 2	0	0	0	0	0	0
Tkanina po pełnym cyklu prania 1	0	0	0	0	0	0
Tkanina po pełnym cyklu prania 2	0	0	0	0	0	0
Woda po płukaniu 1	4	0	0	0	0	0
Woda po płukaniu 2	2	0	0	0	0	0
Zliczanie instrumentalne						
Próba kontrolna 1	1403	1144	887	318	17	1
Próba kontrolna 2	1482	1408	899	242	42	4
Tkanina po praniu zasadniczym 1	0	0	0	0	0	0
Tkanina po praniu zasadniczym 2	318	56	11	1	0	0
Kąpiel piorąca 1	58	2	0	0	0	0
Kąpiel piorąca 2	0	0	0	0	0	0
Tkanina po pełnym cyklu prania 1	0	0	0	0	0	0
Tkanina po pełnym cyklu prania 2	0	0	0	0	0	0
Woda po płukaniu 1	4	0	0	0	0	0
Woda po płukaniu 2	2	0	0	0	0	0

Źródło: opracowanie własne.

Bakteria *Escherichia coli* charakteryzowała się silną przeżywalnością w tkaninach w obecności zabrudzeń krwawych po 7 dniach od zaszczepienia (tabela 5). Nawet w dziesięciotysięcznych rozcieńczeniach ekstraktów obu próbek kontrolnych obserwowano około 300 kolonii tej bakterii. Poddanie tkanin praniu zasadniczemu po 7 dniach od wprowadzenia bakterii radykalnie zredukowało liczbę przeżywających ten proces komórek. W przypadku tkaniny po praniu 2 stopień redukcji sięgał trzech rzędów wielkości w porównaniu z kontrolnymi, a wyznaczona liczba kolonii była zbliżona do wyników uzyskanych z próbek ekstraktów z tkaniny wypranej 24 godziny od zainfekowania (por. tabele 2 i 5). W przypadku tkaniny po praniu 1, etap prania zasadniczego wpłynął tak silnie na przeżywalność *Escherichia coli* w tkaninach, że bakteria nie była wykrywana w żadnym

rozcieńczeniu ekstraktu tej próbki, a tylko nieliczne kolonie były obserwowane w hodowlach kąpieli piorącej, pozostającej po jej wypraniu. Dalszą redukcję liczby bakterii obserwowano po kolejnych etapach prania. W rozcieńczeniach ekstraktów tkaniny po pełnym cyklu prania bakteria *Escherichia coli* nie była wykrywana, a jedynie pojedyncze kolonie stwierdzono w wodzie po wypłukaniu próbek.

Kolejną badaną bakterią był zdolny do wytwarzania przetrwalników *Bacillus cereus*. Podobnie jak w badaniu omówionym w pkt 4.1. bakteria ta była zliczana tylko metodą manualną. Z próbek kontrolnych zanieczyszczonych tą bakterią, w obecności zabrudzeń krwawych, po 7 dniach policzalną liczbę kolonii pozyskano z ekstraktów rozcieńczonych 10^{-3} i 10^{-4} ml (tabela 6). W mniej rozcieńczonych próbkach bakterie tworzyły rozległe wzajemnie przerastające się kolonie, co zakwalifikowano jako jednolity wzrost na powierzchni podłoża, niemożliwy do ilościowej interpretacji.

Tabela 6. Liczba kolonii *Bacillus cereus* dla zabrudzonej krwią tkaniny niepoddanej i poddanej praniu po 7 dniach od zainfekowania

Tkanina	Rozcieńczenia 1 ml ekstraktów z tkanin					
	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}
Zliczanie manualne						
Próba kontrolna 1	w.j.	w.j.	68	28	8	1
Próba kontrolna 2	w.j.	w.j.	42	10	1	0
Tkanina po praniu zasadniczym 1	w.j.	w.j.	61	11	0	0
Tkanina po praniu zasadniczym 2	w.j.	w.j.	21	3	0	0
Kąpiel piorąca 1	w.j.	w.j.	w.j.	40	9	0
Kąpiel piorąca 2	w.j.	w.j.	w.j.	37	10	1
Tkanina po pełnym cyklu prania 1	35	11	1	0	0	0
Tkanina po pełnym cyklu prania 2	14	2	0	0	0	0
Woda po płukaniu 1	w.j.	42	8	1	0	0
Woda po płukaniu 2	66	14	3	0	0	0

Objaśnienie: w.j. – wzrost jednolity na całej powierzchni płytki.

Źródło: opracowanie własne.

Poddanie próbek zainfekowanych tkanin praniu zasadniczemu po tygodniu od wprowadzenia bakterii nie wpłynęło na obniżenie liczby *Bacillus cereus*. Liczba kolonii bakterii w hodowlach z ekstraktów z tkanin po praniu była zbliżona do próbek kontrolnych. Takiej sytuacji nie obserwowano w przypadku próbek zaszczerpionych tą bakterią, ale podanych praniu po 24 godzinach (por. tabela 3 i 6). Wówczas liczba bakterii stwierdzana zarówno w ekstraktach z tkanin, jak i w kąpielach piorących była znacząco zredukowana w stosunku do

tych samych próbek siedmiodniowych. Podobnie jak w przypadku *Staphylococcus aureus* liczba bakterii wyhodowanych z kąpeli piorących była wyższa aniżeli z ekstraktów z wypranych tkanin.

Jak wynika z tabeli 6, próbki po praniu zasadniczym i trzech płukaniach charakteryzowały się zmniejszoną liczbą kolonii *Bacillus cereus* w porównaniu z kontrolnymi i poddanymi jedynie praniu zasadniczemu. Redukcja nie była jednakże tak znacząca jak w przypadku *Escherichia coli* (por. tabele 5 i 6), która po pełnym cyklu prania była prawie niewykrywalna. Ponadto zaobserwowano duże rozbieżności w liczbie laseczek *Bacillus cereus* pomiędzy próbkami wody 1 i 2 po ostatnim płukaniu (rozcieńczenie 10^{-1} ml – wzrost jednolity vs. 66 kolonii).

Należy dodać, że podobnie jak w badaniach omówionych w pkt 4.1. na wszystkich wyekstrahowanych próbkach tkaniny (kontrolnej, po praniu zasadniczym i po pełnym cyklu prania) umieszczonych na podłożach hodowlanych uzyskano silny wzrost każdego badanego gatunku bakterii, tj. *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* i *Bacillus cereus*.

4.3. Porównanie manualnej i instrumentalnej metody zliczania kolonii bakteryjnych

Porównując wyniki zliczeń kolonii bakterii *Escherichia coli* i *Staphylococcus aureus* prezentowane w tabelach w pkt 4.1 i 4.2. można zauważyć, że przy niewielkiej liczbie (1–10) kolonii wyrosłych na podłożu właściwie nie obserwuje się różnic pomiędzy metodą manualną i instrumentalną. Przy większej liczbie kolonii występują różnice sięgające kilkunastu kolonii. Powodów tych rozbieżności może być kilka. W przypadku gdy na podłożu widoczne są wzajemnie przerastające się kolonie lub takie, które różnią się nieznacznie barwą od medium, aparat może zliczać mniej kolonii niż jest w stanie wyodrębnić oko doświadczonego obserwatora. W przypadku bardzo drobnych, licznych kolonii, zwłaszcza z połyskiem, jak u *Escherichia coli* rosnącej na podłożu Endo, zliczanie automatyczne sprawdza się lepiej. Dzięki wykorzystaniu opcji oprogramowania „Supercount” możliwe jest wyodrębnienie i powiększenie wybranego obszaru z trudnym do interpretacji wzrostem, co ułatwia obserwację i poprawia zdolność rozróżniania wzrastających blisko siebie kolonii.

Należy pamiętać, że za możliwą do policzenia „nieuzbrojonym” okiem, bez obarczenia wyniku dużym błędem, uznaje się liczbę 300 kolonii bakterii. Dla doświadczonego obserwatora możliwe jest policzenie nawet powyżej 500 kolonii, jednak wraz ze wzrostem ich liczby zwiększa się prawdopodobieństwo uzyskania wyniku z większym błędem. Aparat do liczenia kolonii jest w stanie zliczyć więcej niż 500 kolonii i dla tego zakresu sprawdza się lepiej niż ludzkie oko, jednakże jak wynika z danych w tabelach w pkt 4.1 i 4.2 przy pomiarach

powyżej tysiąca określane wartości są już mniej wiarygodne. Wskazują jednak na pewien przedział liczbowy, podczas gdy w metodzie manualnej ten rodzaj wzrostu można określić jedynie jako zlewający się lub jednolity. Reasumując, w przypadku hodowli o bardzo dużym zagęszczeniu kolonii bakterii żadna z metod nie daje w pełni reprezentatywnych wyników.

Metoda instrumentalna ma również inne mankamenty. Przy nieprawidłowym ustawieniu płytek dochodzi do zaciemnienia ich brzegów, które aparat rozpoznaje błędnie jako kolonie. Ponadto oprogramowanie nie jest dostosowane do zliczania kolonii o różnej morfologii oraz kolonii o znacznych rozmiarach, tj. średnicy przekraczającej 0,5 cm, dlatego nie było możliwe zastosowanie metody instrumentalnej w badaniach *Bacillus cereus*, którego kolonie mogą osiągać średnicę nawet kilka centymetrów.

Poddając interpretacji hodowle z koloniami jednego rodzaju, o intensywnej, dobrze odróżniającej je od podłoża barwie, reprezentatywne wyniki uzyskuje się również w opcji „Click and Count”. Pozwala ona na szybki, możliwy do powtórzenia pomiar, co nie jest bez znaczenia przy konieczności zliczenia dużej liczby płytek. Zaletą tej metody jest również usprawniające pracę automatyczne przeliczenie (po wprowadzeniu danych o krotności rozcieńczenia) liczby kolonii na liczbę bakterii w 1 ml próbki. Ponadto aparat zlicza kolonie najczęściej na 90% obszaru płytki, a wyniki ilościowe dla 100% ekstrapoluje z uwzględnieniem poprawki statystycznej. Zmniejsza to prawdopodobieństwo niedoszacowania rzeczywistej liczby bakterii.

5. Podsumowanie

Pranie tkanin zanieczyszczonych bakteriami w procesie prania modelowego (w temperaturze 40°C w obecności standaryzowanego środka piorącego) prowadzi do redukcji liczby wszystkich badanych gatunków bakterii. W przypadku *Escherichia coli* po etapie prania zasadniczo zmniejsza się liczba bakterii wykrywanych zarówno w ekstraktach z tkanin, jak i w kąpielach piorących. Przy zabrudzonych próbkach, zaszczepionych *Staphylococcus aureus* i *Bacillus cereus*, zwłaszcza poddanych praniu po 7 dniach, w kąpielach piorących stwierdza się znaczną, większą niż w ekstraktach, liczbę tych bakterii. Obecność żywych bakterii w kąpielach piorących w tak dużej liczbie (kilku mln w 1 ml) stwarza ryzyko przenoszenia bakterii pomiędzy tkaninami podczas procesu prania.

Możliwość zastosowania metody manualnej zliczania lub automatycznego licznika kolonii w badaniach ilościowych zależy od liczby i morfologii kolonii. Przy zliczaniu niewielkiej liczby kolonii nie stwierdza się zasadniczych różnic pomiędzy obiema metodami, jednak w przypadku silnego zanieczyszczenia

bakteriami żadna z metod nie jest w pełni reprezentatywna. Przy średniej liczbie kolonii (10–500) najbardziej wiarygodne jest zliczanie instrumentalne z wykorzystaniem automatycznego licznika kolonii w opcji „Supercount”, dającej eksperymentatorowi możliwość weryfikacji otrzymanych wyników. Nie bez znaczenia jest również fakt, że stosowanie metody instrumentalnej skraca całkowity czas wykonywania obliczeń.

Literatura

- Atlas R.M. [1997], *Handbook of Microbiological Media*, ed. L.C. Parks, CRC Press, Inc, New York–Tokyo.
- Bartosz G. [2004], *Druga twarz tlenu. Wolne rodniki w przyrodzie*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Carthy P. [1993], *Home Laundering*, part I: *An Evaluation of the Effectiveness of Laundering Soiled Textiles*, „Journal of Consumer Studies and Home Economics”, vol. 7.
- Davis S., Ainsworth P. [1989], *The Disinfectant Action of Low-temperature Laundering*, „Journal of Consumer Studies and Home Economics”, vol. 13.
- Fijan S., Cencič A., Šostar-Turk S. [2006], *Hygiene Monitoring of Textiles Used in the Food Industry*, „Brazilian Journal of Microbiology”, vol. 37.
- Fijan S., Šostar-Turk S., Cencič A. [2005], *Implementing Hygiene Monitoring Systems in Hospital Laundries in Order to Reduce Microbial Contamination of Hospital Textiles*, „Journal of Hospital Infection”, vol. 61.
- ISO 15797: 2002. Textiles – Industrial washing and finishing procedures for testing of workwear.
- Jekiel K., Szostak-Kot J., Syguła-Cholewińska J. [2011], *Przeżywalność bakterii Staphylococcus aureus na tkaninach użytkowych*, „Przegląd Włókienniczy. Włókno–Odzież–Skóra”, Sigma-NOT, nr 11–12.
- Kurz J. [2003], *Laundering in the Prevention of Skin Infection*, „Current Problems in Dermatology”, vol. 31.
- Milczyński J. [2002], *Pranie bielizny szpitalnej w krajach zachodniej Europy i w Polsce*, „Pralnictwo”, nr 1(12).
- Nelly A.N., Maley M.P. [2000], *Survival of Enterococci and Staphylococci on Hospital Fabrics and Plastic*, „Journal of Clinical Microbiology”, vol. 38, nr 2.
- Perenich T.A., Rhonda P. [1993], *Bacterial Survival on Fabrics Laundered in Cold Water*, „Journal of Consumer Studies and Home Economics”, vol. 17.
- PN ISO 105 C01-C05: Badania odporności wybarwień na pranie: metoda 2.
- Rutala W.A., Weber D.J. [1997], *Use of Inorganic Hypochlorite (Bleach) in Health-care Facilities*, „Clinical Microbiology Reviews”, vol. 10(4).
- Scott E., Bloomfield S.F. [1999], *Investigation of Effectiveness of Detergent Washing, Drying and Chemical Disinfection on Contamination of Cleaning Cloths*, „Journal of Applied Bacteriology”, vol. 68(3).
- Syguła-Cholewińska J., Szostak-Kot J., Błyskal B. [2012], *Methods of Microorganisms' Recovery Surviving on Textile* [w:] *Wybrane problemy jakości wyrobów przemysłowych*, red. J. Żuchowski, Politechnika Radomska–Wydawnictwo, Radom.

- Szostak-Kot J. i in. [2011], *Wpływ zabrudzeń na przeżywalność drobnoustrojów w tkaninach*, Raport z badań statutowych nr 125/KMb/1/2011/S/604.
- Szostak-Kot J., Syguła-Cholewińska J., Jekiel K. [2009], *Studia nad przeżywalnością drobnoustrojów w tekstyliach po procesie prania*, Raport z badań statutowych, Umowa nr 14/KMb/1/2009/S/478.
- Szostak-Kot J., Syguła-Cholewińska J., Jekiel K. [2010], *Kinetyka przeżywania drobnoustrojów na tkaninach*, Raport z badań statutowych, Umowa nr 21/KMb/1/2010/S/534, Kraków 2010.
- Terpstra P.M.J. [1998], *Domestic and Institutional Hygiene in Relation to Sustainability. Historical, Social and Environmental Implications*, „International Biodeterioration and Biodegradation”, vol. 41.
- Terpstra P.M.J., van Kessel I.A.C. [2005], *On the Interference between Sustainable Domestic Technology and Home Hygiene*, Proceedings of the 7th International Commodity Science Conference (IGWT), „Current Trends in Commodity Science”, Poznań.
- Wiksell J.C., Pickett M.S., Hartman P.A. [1973], *Survival of Microorganisms in Laundered Polyester-cotton Sheetting*, „Applied Microbiology”, vol. 25(3).

Manual and Instrumental Methods in the Quantitative Assessment of Bacteria Surviving in Laundered Fabrics

The evaluation of the laundering process requires microbiological cleanness testing. There are no clearly established methods for determining the number of microorganisms surviving in fabrics after washing. The aim of the study was to evaluate the number of bacteria surviving the laundry process in textiles stained with blood. Cotton textile samples were infected with three species of bacteria and subjected to model laundering. Following this process, microorganisms were extracted, cultivated and counted. Two colony counting methods – manual and instrumental – were applied. The results show that laundering infected textiles reduces the number of all the bacteria tested. Nevertheless, two species, i.e. *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus* survived in large numbers when a wash bath was used, which may potentially lead to cross-contamination. The instrumental method proved to be better when there are up to 500 colonies to be measured. It also shortens the total time needed to perform the analysis.

Keywords: laundering, bacteria, colony counting, blood soils, textiles.

Kinga Tataruch

Katedra Chemii Ogólnej

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

Kapsułkowanie – metoda stabilizacji witaminy A w technologii wzbogacania żywności

Streszczenie

Technologia wzbogacania produktów żywnościowych bioaktywnymi składnikami, takimi jak witaminy, ze względu na ich dużą wrażliwość na warunki fizykochemiczne w procesie wytwarzania żywności funkcjonalnej wymaga opracowania nowych i innowacyjnych metod. Niekorzystne działanie czynników temperaturowych, wysokiego ciśnienia, czy też czynników utleniających może powodować obniżenie biologicznej aktywności oraz chemiczną degradację bioaktywnych komponentów. Jednym z wyzwań stawianych technologii wzbogacania żywności jest opracowanie odpowiedniej formułacji rozpuszczalnej w tłuszczach witaminy A. Poszukiwanie nowych nośników witaminy A jest niezwykle ważne ze względu na jej ograniczoną stabilność, nierozpuszczalność w wodzie oraz toksyczny wpływ nadmiaru witaminy na organizm.

W niniejszej pracy podjęto próbę scharakteryzowania właściwości i roli witaminy A jako dodatku bioaktywnego w technologii wzbogacania żywności. Szczególną uwagę zwrócono na potencjalne metody stabilizacji retinolu udoskonalające jego właściwości funkcjonalne.

Słowa kluczowe: witamina A, stabilność, kapsułkowanie, wzbogacanie żywności.

1. Wprowadzenie

Współczesna nauka dostarcza szerokiego zakresu informacji o roli poszczególnych składników pokarmowych w odniesieniu do zdrowego stylu życia i zapo-

bieganiu chorobom cywilizacyjnym. W odpowiedzi na wymagania coraz bardziej świadomych konsumentów, przemysł spożywczy oprócz rozwoju sensorycznej strony produktów mocniej koncentruje uwagę na ich walorach zdrowotnych oraz możliwości wzbogacenia ich o nowe składniki odżywcze. Najnowsze innowacyjne rozwiązania w technologii wytwarzania żywności umożliwiają redukcję niepożądanych składników pokarmowych na rzecz wzbogacania jej w biokomponenty, wykazujące pozytywny wpływ na zdrowie [Hsieh i Offori 2007, s. 65–73].

Wzrastające zainteresowanie wpływem spożywanych pokarmów na zdrowie człowieka przyczyniło się do zastosowania w przemyśle spożywczym nowej generacji substancji dodatkowych (tak zwane dodatki funkcjonalne, bioaktywne i odżywcze), które wzbogacają pokarm w niektóre składniki odżywcze. Kontrolowana zawartość składników odżywczych w żywności odgrywa ważną rolę ze względu na ich wpływ na stan zdrowia człowieka. Nadmiar bądź ich niedobór bywa przyczyną wielu zaburzeń procesów fizjologicznych. Nie bez znaczenia jest również ich zróżnicowana biodostępność w zależności od postaci w jakiej występują.

Technologia wzbogacania produktów żywnościowych bioaktywnymi składnikami, takimi jak: witaminy, mikro- i makroelementy, przeciwutleniacze oraz składniki odżywcze, wymaga opracowania nowych i innowacyjnych metod, ze względu na dużą wrażliwość powyższych składników na warunki fizykochemiczne w procesie wytwarzania żywności funkcjonalnej. Niekorzystne działanie czynników temperaturowych, wysokiego ciśnienia, czy też czynników utleniających może powodować obniżenie biologicznej aktywności oraz chemiczną degradację bioaktywnych komponentów.

W produkcji żywności funkcjonalnej, w której stosuje się dodatki bioaktywne, nanotechnologia stwarza ogromne możliwości wytwarzania materiałów o kontrolowanej strukturze i zaprojektowanych właściwościach fizycznych, chemicznych i biologicznych. Obecnie prowadzonych jest wiele badań dotyczących opracowania nowych technologii kapsułkowania, dostarczania oraz uwalniania składników odżywczych z wykorzystaniem nowych materiałów strukturalnych [Sekhon 2010, s. 1–15; Weiss, Takhistov i McClements 2006, s. 107–116].

Poszukiwanie nowych, skutecznych nośników dla dodatków funkcjonalnych oparte jest na kilku podstawowych założeniach. Systemy transportujące składniki odżywcze powinny dostarczać bioaktywnych cząsteczek do miejsc ich działania. Ich główną funkcją jest ochrona zamkniętego składnika przed chemiczną i biologiczną degradacją podczas procesów technologicznych, w trakcie przechowywania oraz transportu do miejsc ich działania. Dodatkowo w sposób kontrolowany powinny uwalniać składniki funkcjonalne przy zmieniających się wartościach pH, siły jonowej czy temperatury. Nośniki witamin, które mogą być potencjalnie dodawane do żywności, powinny być nietoksyczne, bezpieczne, a także przyswa-

jalne przez organizm. Nośniki jak również ich poszczególne komponenty powinny zostać zatwierdzone przez Komitet Naukowy ds. Żywności.

Intensywne badania nad poszukiwaniem systemów transportujących składniki odżywcze i dodatki bioaktywne doprowadziły do opracowania skutecznych metod projektowania i przygotowywania stabilnych i efektywnych preparatów. Technologia nano- i mikrokapsułkowania, znana i wykorzystywana od wielu lat w przemyśle farmaceutycznym i chemicznym jest obecnie stosowana w przemyśle spożywczym do zamykania i dostarczania składników odżywczych, enzymów, komórek i biododatków poprzez ich zamykanie w nano- i mikrokapsułkach. Kapsułkowanie polega na tworzeniu kapsułki (otoczki) wokół stałych lub płynnych składników aktywnych (stanowiących rdzeń kapsułki) i umożliwia ich wprowadzenie do produktów żywnościowych oraz ich kontrolowane uwalnianie w określonym czasie i określonej objętości [Champagne 2007, s. 184–190; Dłużewska 2008, s. 30–35; Gibbs *et al.* 1999, s. 213–224; Janiszewska i Witrowa-Rajchert 2006, s. 40–45; Pothakamury i Barbosa-Canovas 1995, s. 397–406].

Rozwój technik oraz metod kapsułkowania funkcjonalnych składników odżywczych przyczynił się do udoskonalenia i unowocześnienia procesów technologicznych przygotowywania funkcjonalnych nośników w przemyśle spożywczym. Do układu cząstek będących nośnikami substancji odżywczych należą mikrokapsułki, nanokapsułki oraz liposomy. Obecnie do ich produkcji wykorzystuje się procesy (1) tworzenia zasocjowanych koloidów, takich jak miecele i pęcherzyki surfaktantowe czy dyspersje lipidowe [Garti *et al.* 2005, s. 206–218] (2) tworzenia kompleksów inkluzyjnych z cyklodekstrynami [Górska i Kozłowska 2008, s. 80–84] (3) powstawania dwu i trójfazowych nanoemulsji [Garti i Benichou 2004, s. 353–412] oraz (4) przygotowywania nano i mikrocząstek polimerowych [Bodmerie i McGinity 1987, s. 279–812]. Wspomniane wyżej nośniki mogą być wytwarzane: w drodze koacerwacji, ekstruzji, polimeryzacji, inkluzji, z wykorzystaniem suszenia rozpyłowego [Dłużewska 2008, s. 30–35; Samborska 2008, s. 62–69] oraz technologii liposomowej [Taylor *et al.* 2005, s. 587–605].

Jednym z wyzwań stawianych technologii wzbogacania żywności jest opracowanie odpowiedniej postaci rozpuszczalnej w tłuszczach witaminy A oraz jej prowitaminy. Poszukiwanie nowych nośników witaminy A jest niezwykle ważne, ze względu na jej ograniczoną stabilność, nierozpuszczalność w wodzie oraz toksyczny wpływ nadmiaru witaminy na organizm.

W niniejszej pracy scharakteryzowano właściwości i rolę witaminy A jako dodatku bioaktywnego w technologii wzbogacania żywności. Dodatkowo zaprezentowano i omówiono metody stabilizacji układów retinolowych z wykorzystaniem technologii kapsułkowania.

2. Witaminy – funkcjonalne dodatki do żywności

Witaminy są grupą organicznych substancji odżywczych występujących w małych ilościach w pożywieniu i niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Witaminy są katalizatorami reakcji biochemicznych, wchodzi w skład enzymów złożonych, są również niezbędne do wzrostu i zachowania wszystkich funkcji życiowych organizmu [Marks 1979]. W trakcie ewolucji zwierzęta utraciły zdolność do syntezy większości witamin, dlatego też witaminy muszą być w niewielkich ilościach dostarczane z pożywieniem. Niektóre witaminy wytwarzają zwierzęta z odpowiednich związków pochodzenia roślinnego, takie związki nazywane są prowitaminami. Niedobory witamin spowodowane nieprawidłowym odżywianiem, jak również upośledzeniem procesu ich prawidłowego wchłaniania z pokarmu mogą być przyczyną objawów chorobowych. Także przedawkowanie niektórych witamin, szczególnie witamin rozpuszczalnych w tłuszczach takich jak: witamina A lub D, może być przyczyną wystąpienia objawów toksycznych.

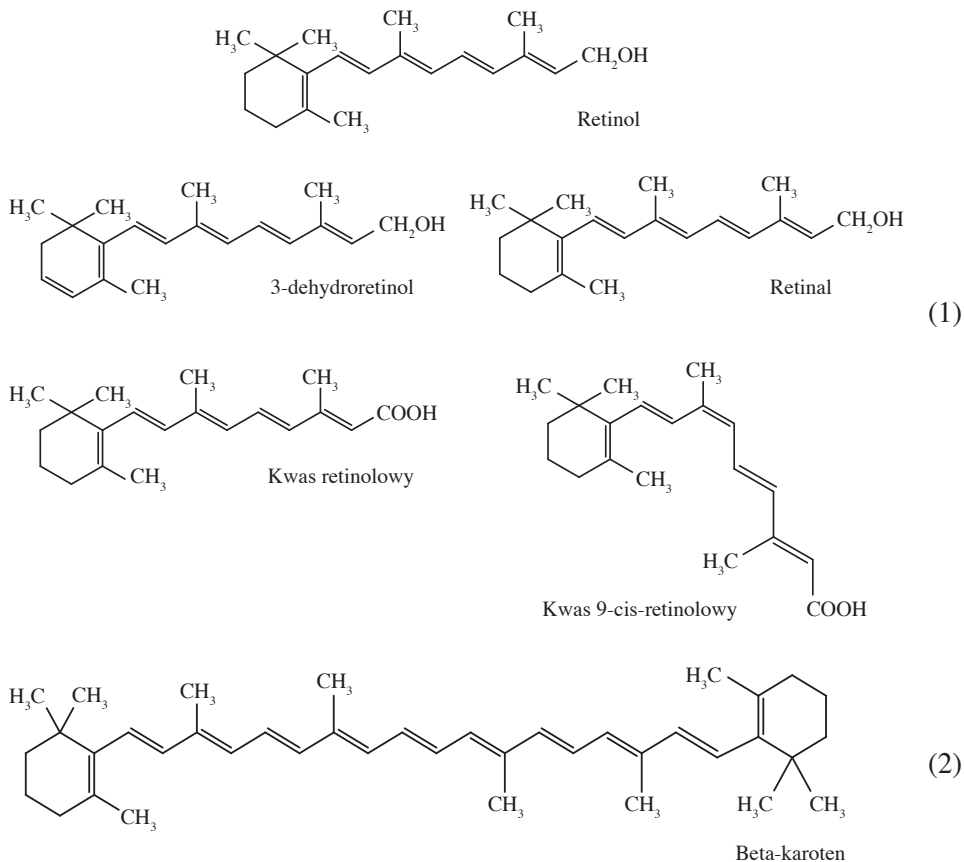
Niedoborom witamin w organizmie zapobiega spożywanie różnorodnych pokarmów bogatych w witaminy. Zawartość witamin w surowcach oraz produktach żywnościowych jest jednym z głównych wskaźników ich jakości oraz prawidłowości stosowanych zabiegów technologicznych. Obecnie na szeroką skalę wykorzystywany jest proces wzbogacania żywności w witaminy, praktyki te stosuje się w celu zwiększenia zawartości naturalnie obecnych w składnikach odżywczych witamin [Świdzki i Waszkiewicz-Robak 2005, s. 20–22].

Ze względu na bardzo zróżnicowaną budowę chemiczną większość witamin wykazuje odmienną wrażliwość na czynniki środowiskowe, w jakich występują, oraz w jakich są przechowywane. Przygotowywanie użytkowych preparatów witaminowych odgrywa istotną rolę w technologii wzbogacania żywności. Złożoność oraz koszt takich procesów może być ważnym czynnikiem ich użyteczności i popularności przemysłowej. Przy opracowywaniu odpowiednich procesów formulacyjnych zwraca się uwagę na możliwość zwiększenia stabilności cząsteczek witamin oraz poprawy ich biodostępności.

3. Witamina A

Aktywność witaminy A wykazuje wiele związków strukturalnie spokrewnionych. W organizmie zwierzęcym oraz produktach pochodzenia zwierzęcego są to tak zwane retinoidy – retinol (witamina A₁) oraz jego pochodne: retinal, 3-dehydroretinol (witamina A₂) oraz kwas retinolowy. W roślinach, grzybach oraz produktach spożywczych pochodzenia roślinnego występują karotenoidy, związki, które są prekursorami witaminy A. Najlicniejszą grupę karotenoidów, stanowią karoteny

α , β oraz γ , które są prowitaminami witaminy A i w organizmie ludzkim są przekształcane do formy aktywnej witaminy. β -karoten i inne karotenoidy prowitaminowe po rozszczepieniu przez jelitową dioksygenazę karotenową, tworzą retinal, który ulega redukcji do retinolu, a następnie estryfikacji i wydzieleniu w chylomikronach razem z estrami utworzonymi z retinolu zawartego w pożywieniu. Wzory strukturalne witamin z grupy A (1) oraz β -karotenu (2) są następujące:



Retinal, czyli aldehyd retinalowy, uczestniczy w procesie widzenia, spełniając rolę grupy prostetycznej dla wyspecjalizowanych, wrażliwych na światło białek opsynowych. W siatkówce oka tworzy receptory odpowiedzialne za proces widzenia nocnego, dziennego i rozróżniania kolorów: rodopsynę (w pręcikach) i jodopsynę (w czopkach). Proces ten oparty jest na reakcji izomeryzacji całkowicie-trans-retinolu (*all-trans-retinol*) do 11-cis-retinolu, który w kolejnej reakcji utleniany jest do 11-cis-retinalu. Produkt reakcji utlenienia reaguje z resztą lizyny cząsteczki opsyny, tworząc rodopsynę. Absorpcja światła przez rodopsynę powoduje izomeryzację

postaci 11-cis do całkowicie-trans oraz zmianę konformacyjną opsyny. W rezultacie retinal odłącza się od białka, inicjując powstawanie impulsu nerwowego.

Witamina A nazywana jest często witaminą wzrostową ze względu na rolę kwasów retinolowych w regulacji procesów wzrostu, rozwoju i różnicowania komórek i tkanek. Kwas retinolowy odgrywa ważną rolę w syntezie hormonów oraz regulacji ekspresji genów poprzez łączenie się z receptorem jądrowym w sekwencji odpowiedzi hormonalnej [Murray, Granner i Rodwell 2006]. β -karoten ma szczególne znaczenie jako naturalny antyutleniacz mogący chronić przed chorobami serca i regulować system immunologiczny [Minguez-Mosquera, Hornero-Mendez i Perez-Galvez 2002].

Niedobór witaminy A jest główną przyczyną ślepoty i stanowi problem o zasięgu światowym. Pierwszymi objawami niedoboru tej witaminy jest utrata rozróżniania koloru zielonego, a następnym zaburzenia adaptacji do słabego oświetlenia oraz kurza ślepotą (upośledzenie widzenia nocnego). Dłużej trwający niedostatek jest przyczyną suchości spojówek prowadzący do keratynizacji rogówek i ślepoty. Ze względu na rolę witaminy A w różnicowaniu komórek układu immunologicznego nawet łagodne niedobory są przyczyną zwiększonej podatności na infekcje.

Ze względu na ograniczoną możliwość ustroju do metabolizowania witaminy A oraz jej lipofilowy charakter, nadmiar witaminy może być toksyczny dla organizmu. Znaczne nagromadzenie witaminy A jest uważane za stan patologiczny. Duże stężenie witaminy we krwi, szczególnie jej wolnej formy niezwiązanej z nośnikiem białkowym osocza wywołuje bóle głowy, nudności i brak apetytu. Powoduje również wzrost ciśnienia płynu mózgowo-rdzeniowego, prowadzi do zaburzenia homeostazy wapniowej oraz pojawienia się zmian skórnych (sucha, łuszcząca się skóra, łysienie) [Binkley i Kruger 2000, s. 138–144].

4. Chemiczna niestabilność witaminy A

Retinol, jego pochodne oraz karoteny stanowią grupę hydrofobowych związków organicznych rozpuszczalnych w rozpuszczalnikach organicznych oraz lipidach. Układ sprzężonych wiązań podwójnych w cząsteczkach związków z grupy witaminy A oraz jej prowitaminy uwrażliwia cząsteczki na działanie wielu czynników fizykochemicznych oraz wpływa na ich stabilność chemiczną i przechowalniczą. Witamina A wykazuje dużą wrażliwość na obecność tlenu oraz światła (szczególnie światła o długości fali poniżej 415 nm), które katalizują procesy oksydacyjnej degradacji oraz izomeryzacji wiązania podwójnego [Carlotti, Rossatto i Gallarate 2002, s. 85–94]. Duża dawka światła uaktywnia dodatkowe procesy fotochemiczne prowadzące do dimeryzacji oraz polimeryzacji cząsteczki retinolu. W wysokiej

temperaturze obserwujemy rozkład witaminy, a w środowisku kwaśnym jony wodorowe uaktywniają wiązania podwójne, ułatwiając utlenienie cząsteczki retinolu [El-Agamey *et al.* 2004, s. 37–48].

5. Technologie stabilizacji witaminy A

Dodawanie do żywności lub stosowanie w jej produkcji składników odżywczych, takich jak witaminy, musi spełniać wymagania zawarte w obowiązujących przepisach, które w krajach Unii Europejskiej są regulowane przyjętą dyrektywą 2006/1925/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 20 grudnia 2006 r. w sprawie dodawania do żywności witamin i składników mineralnych oraz niektórych innych substancji [Dziennik Urzędowy UE 2006]. Przepisy niniejszego rozporządzenia zaliczają witaminę A do istotnych składników odżywczych oraz dopuszczają jej dodawanie do żywności w postaci czterech form chemicznych, a mianowicie: retinolu, octanu retinyłu, palmitynianu retinyłu oraz jej prowitaminy β -karotenu.

Witamina A jest substancją nierozpuszczalną w wodzie, co znacznie ogranicza możliwość jej zastosowania jako dodatku funkcjonalnego do żywności, dlatego też w celu zwiększenia jej biodostępności poszukuje się nowych metod formułacji tej witaminy. Dodatkowo ze względu na dużą niestabilność cząsteczek retinoidów istnieje potrzeba zamykania witaminy A w nośnikach, w celu ochrony białek przed degradacją chemiczną i biologiczną. Stosowane powszechnie metody oraz warunki procesów technologicznych, jakim poddaje się produkty spożywcze oraz warunki ich przechowywania, wpływają na tempo przemian aktywności biologicznej witaminy A. Witamina A w nadmiarze może być toksyczna, potrzebne są zatem układy o kontrolowanym sposobie dostarczania witaminy do organizmu, które stopniowo uwalniałyby witaminę A.

Bezpieczne stosowanie witaminy A w przemyśle spożywczym wymaga zatem zapewnienia stabilności i odpowiedniej trwałości witaminy A w złożonych matrycach artykułów spożywczych. Poniżej zaprezentowano krótki przegląd technologii stabilizacji witaminy A.

Kapsułkowanie liposomowe

Technologia liposomowa oferuje nowoczesne rozwiązania dotyczące zastosowania liposomów w przemyśle spożywczym, między innymi umożliwia zamykanie składników odżywczych oraz ich uwalnianie w odpowiednim i określonym czasie. Liposomy są dobrze zdefiniowanymi strukturami pęcherzykowymi, utworzonymi z naturalnych, nietoksycznych składników (głównie fosfolipidów soi i jaja), co wpływa na ich atrakcyjność jako nośników składników odżywczych. Liposomy posiadają zdolność do kapsułkowania nierozpuszczalnych molekuł,

takich jak witaminy, poprzez ich solubilizację we wnętrzu hydrofobowej warstwy lipidowej.

Potencjał aplikacyjny liposomów w przemyśle spożywczym został starannie omówiony w pracy T.M. Taylora i współautorów [2005, s. 587–605]. Autorzy wykazali zdolność liposomów do stabilizacji i ochrony cząsteczek witamin w produktach żywnościowych, w tym formy aldehydowej witaminy A (retinalu).

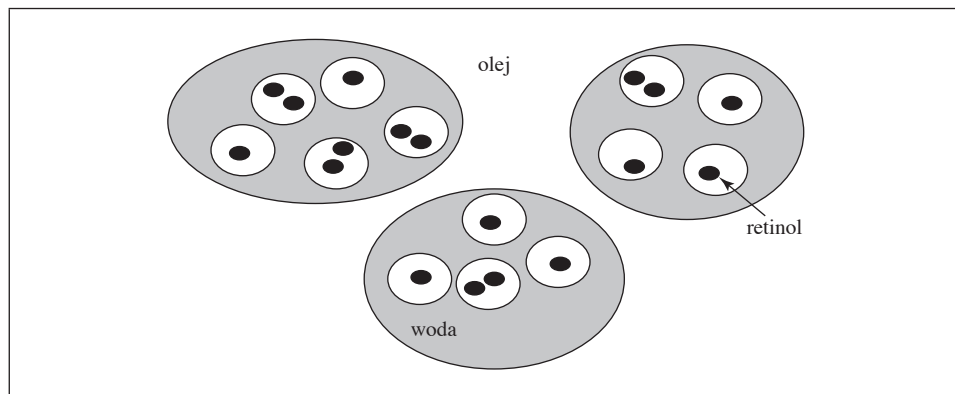
W swoich pracach S. Ko i S.C. Lee [2010, s. 6158–6161] oraz S.C. Lee i współautorzy [2002, s. 358–363] przedstawiają zastosowanie technologii liposomowej do uzyskiwania stabilnych układów retinolowych. Badania wykazały zwiększony poziom stabilności dla witaminy A zamkniętej w zawiesinie liposomowej i poddanej działaniu czynników destabilizujących (temperatura i promieniowanie UV) w porównaniu z wolną formą retinolu w identycznych warunkach eksperymentalnych [Ko i Lee 2010, s. 6158–6161]. Ponadto zbadano wpływ pH oraz obecności antyoksydantów na proces degradacji retinolu w pęcherzykach liposomowych. Dowiedziono, że w pH od 7 do 11 retinol zamknięty w liposomach wykazuje znacznie wolniejszy stopień degradacji aniżeli wolny retinol lub retinol z dodatkiem α -tokoferolu [Lee *et al.* 2002, s. 358–363].

Układy emulsyjne

W przemyśle spożywczym w celu ułatwienia przyswajania hydrofobowych substancji smakowych, zapachowych oraz witamin przygotowuje się mikroemulsje spożywcze [Garti i Benichou 2004, s. 353–412; Garti i *et al.* 2004, s. 183–190]. Mikroemulsje to termodynamicznie stabilne dyspersje oleju w wodzie lub wody w oleju tworzące się spontanicznie w obecności surfaktantów. Układy te charakteryzuje duża powierzchnia międzyfazowa oraz zdolność solubilizacji substancji biologicznie aktywnych.

Technologia tworzenia stabilnych emulsji typu olej w wodzie (O/W), woda w oleju (W/O) oraz emulsji podwójnej typu olej–woda–olej (O/W/O) okazała się niezwykle skuteczną metodą na zwiększanie stabilności i biodostępności witaminy A [Yoshida *et al.* 1999, s. 1–6]. Zaprezentowane wyniki wykazały wysoką efektywność zamykania retinolu w badanych emulsjach oraz największą efektywność stabilizacyjną emulsji typu O/W/O.

O. Kislitza, O. Manaenkov i A. Savin [2009, s. 24–26] zaproponowali nową metodę otrzymywania trwałych emulsji typu O/W zbudowanych z fazy olejowej zdyspergowanej w wodnym roztworze alginianu sodu. Poprzez zainicjowanie procesu sieciowania alginianu, krople oleju przekształcono w mikrokapsuły z rdzeniem zawierającym octan retinolu. W prezentowanych badaniach określono wpływ czynników fizykochemicznych (promieniowanie UV, temperatura, dodatek metali ciężkich, obecność tlenu cząsteczkowego) na proces kapsulacji octanu retinolu oraz jego stabilność w polimerowych nanocząstkach. Przeprowadzone



Rys. 1. Schemat dystrybucji retinolu w emulsji typu O/W/O

Źródło: opracowanie własne.

doświadczenia dowiodły, że proces kapsułkowania zwiększa stabilność biocząsteczki i może stanowić skuteczną metodę ochrony niestabilnej witaminy A przed czynnikami degradującymi [Kislitza, Manaenkov i Savin 2009, s. 24–26].

Kompleksy inkluzyjne z cyklodekstrynami

Spośród wielu technik kapsułkowania, inkluzja cząsteczkowa cieszy się coraz większym uznaniem. Największą zaletą tej techniki jest zapewnienie wysokiej stabilności podatnym na utlenienie składnikom odżywczym poprzez ich włączenie w struktury cyklodekstryn [Górska i Kozłowska 2008, s. 80–84]. Cyklodekstryny stanowią grupę cyklicznych oligosacharydów powstających podczas enzymatycznej hydrolizy skrobi i charakteryzujących się właściwościami kompleksującymi. Powierzchnia cyklodekstryn ma charakter hydrofilowy, dlatego są one rozpuszczalne w wodzie, natomiast wewnątrz ma charakter hydrofobowy. Kompleksowanie molekuł przez cyklodekstryny następuje poprzez niekowalencyjne wiązania pomiędzy inkludowaną cząsteczką a wnęką cyklodekstryn. W trakcie powstawania trwałego kompleksu inkluzyjnego (typu „gospodarz–gość”) nie tworzą się i nie ulegają zerwaniu żadne wiązania o charakterze kowalencyjnym.

Od czasu odkrycia cyklicznych oligosacharydów, rozpoczęto próby modyfikacji właściwości witamin, poprzez ich kompleksowanie z cyklodekstrynami. Hydrofilowe cząsteczki cyklodekstryn tworzą z lipofilową i labilną cząsteczką kwasu retinowego rozpuszczalne w wodzie kompleksy. Proces inkludowania zwiększa ponadstukrotnie rozpuszczalność kwasu retinowego, poprawia stabilność oraz przyswajalność biologiczną witaminy A [Qi i Shieh 2002, s. 133–136].

Efektywne wykorzystanie procesu inkluzji do ochrony retinoidów przed fotoizomeryzacją oraz fotodestrukcją zostało zaprezentowane w pracach E. Semenova

i współautorów [2002, s. 155–158], S. Munoz-Botella [2002, s. 161–170] oraz K.L. Yap i współpracowników [2005, s. 49–56].

Stale nanocząstki lipidowe

W latach 90. XX w. uwaga naukowców skupiła się wokół nowej postaci nośnika substancji aktywnych, alternatywnej wobec tradycyjnych układów koloidalnych, której matrycę stanowiły lipidy stałe w temperaturze pokojowej. Tego typu układy o rozmiarach nanometrycznych uzyskały nazwę „stałe nanocząstki lipidowe SLN” (*solid lipid nanoparticles*). Sztywny rdzeń lipidowy, zbudowany z wysoko oczyszczonych triglicerydów, może silnie wiązać substancje czynne i jednocześnie chronić je przed degradacją chemiczną. Stałe nanocząstki lipidowe najczęściej występują w postaci wodnej zawiesiny, stabilizowanej przez dodatek związków powierzchniowo czynnych (emulgatorów) i innych substancji pomocniczych [Lasoń i Ogonowski 2011, s. 969–967]. Od chwili pierwszego zastosowania stałych nanocząstek lipidowych rozpoczęto intensywne badania nad ich wykorzystaniem jako potencjalnych nośników witaminy A. Prowadzone na szeroką skalę badania doprowadziły do otrzymania wydajnych i stabilnych lipidowych nośników, charakteryzujących się wysoką efektywnością kapsułkowania retinoidów [Carlotti *et al.* 2005, s. 125–136; Jennings i Gohla 2001, s. 149–158; Lim, Lee i Kim 2004, s. 53–61].

6. Podsumowanie

Od ponad 10 lat obserwuje się w Europie zjawisko stosowania dodatków bioaktywnych w tak zwanej żywności funkcjonalnej. Dodatki te stanowią ważny segment związków wykorzystywanych w przemyśle spożywczym. Niektóre z nich, w szczególności zaś witaminy, są substancjami nietrwałymi i pod wpływem takich czynników, jak: wilgoć, tlen z powietrza, promieniowanie UV czy temperatura, mogą zmieniać swoje właściwości bioaktywne, a co za tym idzie także jakość produktu, w którym są stosowane. Prowadzone badania nad stabilnością oraz biodostępnością witaminy A dowiodły, że liposomowe, emulsyjne oraz stałe lipidowe formułacje retinolu i jego pochodnych, jak również ich kompleksy inkluzyjne z cyklodekstrynami potencjalnie możliwe do zaimplementowania w produktach żywnościowych poprawiają stabilność, skuteczność oraz profil bezpieczeństwa witaminy.

Literatura

- Binkley N., Krueger D. [2000], *Hipervitaminosis A and Bone*, „Journal of Nutrition”, vol. 58.
- Bodmerie R., McGinity J.W. [1987], *Poly lactid acid Microspheres Containing Guanidine Base and Guanidine Sulphate Prepared by the Solvent Evaporation Technique*, „Journal of Microencapsulation”, nr 4.
- Carlotti M.E., Rossatto V., Gallarate M. [2002], *Vitamin A and Vitamine A Palmitate Stability over Time and under UVA and UVB Radiation*, „International Journal of Pharmaceutics”, vol. 240, nr 1–2.
- Carlotti M.E. et al. [2005], *Photostability and Stability over Time of Retinyl Palmitate in an O/W Emulsion and in SLN Introduced in the Emulsion*, „Journal of Dispersion Science and Technology”, vol. 26.
- Champagne C.P. [2007], *Microencapsulation for the Improved Delivery of Bioactive Compounds into Food*, „Current Opinion in Biotechnology”, vol. 18, nr 2.
- Dłużewska E. [2008], *Mikrokapsułkowanie dodatków do żywności*, „Przemysł Spożywczy”, vol. 5.
- Dziennik Urzędowy UE [2006], L 404 z dnia 30.12.2006 – Rozporządzenie (WE) nr 1925/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 20 grudnia 2006 r. w sprawie dodawania do żywności witamin i składników mineralnych oraz niektórych innych substancji.
- El-Agamey A. et al. [2004], *Carotenoid Radical Chemistry and Antioxidant/pro-oxidant Properties*, „Archives of Biochemistry and Biophysics”, vol. 430, nr 1.
- Garti N., Benichou A. [2004], *Recent Development in Double Emulsions for Food Applications*, Friberg S., Karsson K., Sjoblom, „Journal Food Emulsions” 4th ed., Marcel Dekker, New York.
- Garti N. et al. [2004], *Solubilization of Active Molecules in Microemulsions for Improved Environmental Protection*, „Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects”, vol. 230.
- Garti N. et al. [2005], *Nano-sized Self-assemblies of Nonionic Surfactants as Solubilization Reservoirs and Microreactors for Food Systems*, „Soft Matter”, vol. 1, nr 3.
- Gibbs B.F. et al. [1999], *Encapsulation in the Food Industry: a Review*, „International Journal of Food Science and Nutrition”, vol. 50.
- Górska A., Kozłowska M. [2008], *Zastosowanie cyklodekstryn w przemyśle spożywczym*, „Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego”, vol. 2.
- Hsieh Y.H.P., Ofori J.A. [2007], *Innovations in Food Technology for Health*, „Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition”, vol. 26.
- Janiszewska E., Witrowa-Rajchert D. [2006], *Mikrokapsułkowanie aromatów*, „Przemysł Spożywczy”, vol. 5.
- Jenning V., Gohla S.H. [2001], *Encapsulation of Retinoids in Solid Lipid Nanoparticles (SLN)*, „Journal of Microencapsulation”, vol. 18.
- Kislitz O., Manaenk O., Savin A. [2009], *Microencapsulation of Retinol-acetate in Alginate Microspheres*, XVIIth International Conference on Bioencapsulation, Groningen, Netherlands.
- Ko S., Lee S.C. [2010], *Effect on Nanoliposomes on the Stabilization of Incorporated Retinol*, „African Journal of Biotechnology”, vol. 9, nr 37.

- Lasoń E., Ogonowski J. [2011], *Stałe nanocząstki lipidowe – charakterystyka, zastosowanie i otrzymywanie*, „Chemik. Nauka–Technika–Rynek”, vol. 65.
- Lee S.C. et al. [2002], *Stabilization of Retinol through Incorporation into Liposome*, „Journal of Biochemistry and Molecular Biology”, vol. 35, nr 4.
- Lim S.J., Lee M.K., Kim C.K. [2004], *Altered Chemical and Biological Activities of All-trans Retinoic Acid Incorporated in Solid Lipid Nanoparticle Powders*, „Journal of Controlled Release”, vol. 100.
- Marks J. [1979], *A Guide to the Vitamins: Their Role in Health and Disease*, MTP, Medical and Technical Publishing Co, England.
- Minguez-Mosquera M.I., Hornero-Mendez D., Perez-Galvez A. [2002], *Carotenoids and Provitamin A in Functional Foods*, CRC Press LLC.
- Munoz-Botella S. [2002], *Differentiating Geometrical Isomers of Retinoids and Controlling Their Photo-isomerization by Complexation with Cyclodextrins*, „Analytica Chimica Acta”, vol. 468.
- Murray R.K., Granner D.K., Rodwell V.W. [2006], *Biochemia Harpera*, The Mc-Graw-Hill Companies, New York.
- Pothakamury U.R., Barbosa Canovas G.V. [1995], *Fundamental Aspect of Controlled Release in Foods*, „Trends in Food Science & Technology”, vol. 6.
- Qi Z., Shieh W.J. [2002], *Aqueous Media for Effective Delivery of Tretinoin*, „Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry”, vol. 44.
- Samborska K. [2008], *Suszenie rozpyłowe w przemyśle spożywczym*, „Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego”, vol. 1.
- Sekhon B.S. [2010], *Food Nanotechnology – an Overview*, „Nanotechnology, Science and Application”, vol. 3.
- Semenova E. et al. [2002], *Stabilization of All-trans-retinol by Cyclodextrins: a Comparative Study Using HPLC and Fluorescence Spectroscopy*, „Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry”, vol. 44.
- Świdzki F., Waszkiewicz-Robak B. [2005], *Składniki bioaktywne w żywności funkcjonalnej*, „Przemysł Spożywczy” vol. 4.
- Taylor T.M. et al. [2005], *Liposomal Nanocapsules in Food Science and Agriculture*, „Critical Reviews in Food Science and Nutrition”, vol. 45, nr 7–8.
- Weiss J., Takhistov P., McClements D.J. [2006], *Functional Materials in Food Nanotechnology*, „Journal of Food Science”, vol. 71, nr. 9.
- Yap K.L. et al. [2005], *Characterization of the 13-cis-retinoic Acid/cyclodextrin Inclusion Complexes by Phase Solubility, Photostability, Physicochemical and Computational Analysis*, „European Journal of Pharmaceutical Sciences”, vol. 25.
- Yoshida K. et al. [1999], *Stability of Vitamin A in Oil-in-water-in-oil-type Multiple Emulsions*, „JAOCS”, vol. 76, nr 2.

Encapsulation – a Method of Stabilising Vitamin A in Food Fortification Technology

The technology of food product fortification through the addition of bioactive ingredients such as vitamins requires the development of innovative methods, due to the high sensitivity of vitamins to the chemical and physical conditions present during the food production process. The adverse effect of temperature, high pressure or oxidising agents

may reduce biological activity and can chemically degrade the bioactive components. One challenge in food fortification technology is developing the appropriate formulations of fat-soluble vitamin A. The search for new carriers of vitamin A is extremely important because of its limited stability, insolubility in water and toxicity in excessive amounts. This study characterises the properties and role of vitamin A as a bioactive additive in food fortification technology. It focuses particularly on potential methods for stabilising retinol in order to enhance its functional properties.

Keywords: vitamin A, stability, encapsulation, food fortification.