

POLSKIE TOWARZYSTWO FARMACEUTYCZNE

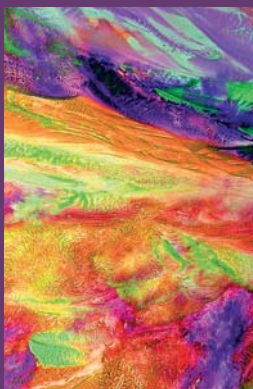
BROMATOLOGIA I CHEMIA TOKSYKOLOGICZNA

ISSN 2353-9054

KWARTALNIK

1

TOM XLVII WARSZAWA 2014



BROMATOLOGIA I CHEMIA TOKSYKOLOGICZNA

Czasopismo poświęcone zagadnieniom badań ochrony
zdrowia i środowiska

Wersja internetowa wydawanego czasopisma jest wersją pierwotną

TOM XLVII

2014

Nr 1

TREŚĆ

<i>G. Cichosz, H. Czczot</i> : Tłuszcz mlekowy w profilaktyce chorób dieto zależnych	1
<i>M. Gil, E. Glodek</i> : Częstość spożycia wybranych źródeł tłuszczu wśród studentek Uniwersytetu Rzeszowskiego w zależności od wskaźnika BMI	10
<i>E. Glodek, M. Gil</i> : Ocena częstości spożycia wybranych źródeł błonnika pokarmowego wśród studentek Uniwersytetu Rzeszowskiego	18
<i>A. Szczodrowska, W. Krysiak</i> : Ocena częstości spożycia wybranych produktów i potraw oraz poziomu wiedzy na temat zdrowego odżywiania wśród studentów łódzkich szkół wyższych	25
<i>J. Wyka, D. Mazurek, A. Broniecka, E. Piotrowska, M. Bronkowska, J. Biernat</i> : Stan odżywienia młodzieży w wieku 13–15 lat w aspekcie zagrożenia zespołem metabolicznym (ZM)	32
<i>M. Bronkowska, K. Zatońska, K. Łoźna, J. Biernat</i> : Ocena podaży witaminy D i wapnia w racjach pokarmowych osób ze zdiagnozowaną cukrzycą typu 2	41
<i>E. Cieślík, A. Siembida, I. Cieślík, K. Zagłaniczna</i> : Świadomość żywieniowa spożywania ryb i przetworów wśród mieszkańców województwa małopolskiego	49
<i>A. Guzik, E. Sawicka, A. Długosz</i> : Rola estrogenów i czynników środowiskowych w raku prostaty	57
<i>K. Piasecka-Jóźwiak, M. Świątek, B. Chabłowska</i> : Wykorzystanie przeciwgrzybowych właściwości szczepów bakterii fermentacji mlekowej do biokonserwacji żywności	64
<i>A.M. Salejda, G. Krasnowska</i> : Bioaktywne składniki jaja kurzego – możliwości aplikacyjne w biokonserwacji mięsa oraz jego przetworów	72
<i>R. Świetlik, M. Trojanowska</i> : Specjacja fizyczna metali ciężkich w naparach kawy	82
<i>T. Kleiber, T. Szablewski, K. Stuper-Szablewska, R. Cegielska-Radziejewska</i> : Określenie wpływu stresu manganowego na zawartość pierwiastków śladowych w liściach pomidora (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.)	89
<i>Z. Goluch-Koniuszy, M. Rygielska</i> : Ocena wpływu, na modelu zwierzęcym, zamiany sacharozy w diecie sukralozą (E 955) na wybrane torry metaboliczne ustroju	96
<i>A. Parzych</i> : Ocena zawartości oraz porównanie właściwości fitokumulacyjnych niklu w wybranych roślinach leczniczych Doliny Słupi	106
<i>N. Mazurkiewicz, J. Podlasińska</i> : Zawartość rębci w grzybach wielkoowocnikowych z obszaru województwa zachodniopomorskiego	114

Grażyna Cichosz, Hanna Czeczot¹⁾

TŁUSZCZ MLEKOWY W PROFILAKTYCE CHORÓB DIETYZALEŻNYCH

Katedra Mleczarstwa i Zarządzania Jakością
Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie
Kierownik: prof. dr hab. *B. Staniewski*

¹⁾ Katedra i Zakład Biochemii I Wydziału Lekarskiego
Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego
Kierownik: prof. dr hab. *A. Barańczyk-Kuźma*

Hasła kluczowe: tłuszcz mlekowy, działanie antymiażdżycowe, antynowotworowe, immunostymulacyjne.

Key words: milk fat, antisclerosis activity, anticancer activity, immune stimulating activity.

Tłuszcz mlekowy jest wyjątkowym składnikiem mleka. Niestety, ze względu na wysoką zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych (KT) oraz cholesterolu jest on – całkowicie bezzasadnie – utożsamiany z miazdżycą. Istnienie korelacji między spożyciem nasyconych KT, a podwyższonym poziomem cholesterolu całkowitego oraz LDL-cholesterolu nie świadczy wcale o zagrożeniu dla zdrowia. Nigdy jednoznacznie nie udowodniono zależności między wysokim poziomem cholesterolu, a zwiększoną umieralnością z powodu chorób serca. Co więcej, wykazano, że niski poziom cholesterolu koreluje z rosnącą zachorowalnością na nowotwory (1).

Antymiażdżycowe właściwości tłuszczu mlekowego

Wbrew popularyzowanej od dawna hipercholesterolowej teorii miazdżycy, ani nasycone KT, ani cholesterol egzogeny nie są decydującymi czynnikami w powstawaniu i rozwoju miazdżycy. Hipercholesterolemia związana jest z inhibicją przemian enzymatycznych cholesterolu endogennego, najczęściej przez KT izomerii *trans* obecne w margarynach i żywności o wysokim stopniu przetworzenia. Pierwszą reakcją enzymatyczną, bez której cholesterol nie może być metabolizowany, jest estryfikacja wielonienasyconym KT o konfiguracji *cis*. Przyczyną hipercholesterolemii, oprócz obecności w diecie sztucznych KT izomerii *trans*, jest także niedobór WNKT n-3 w diecie (2).

Tłuszcz mlekowy zawiera KT, niezbędne do estryfikacji cholesterolu, tj. kwas linolowy n-6 oraz α -linolenowy n-3 (w optymalnych dla zdrowia proporcjach), a także jednonienasycony kwas oleinowy n-9. Skuteczność poszczególnych KT w regulacji profilu lipidowego krwi zależy od ilości wiązań nienasyconych. Dlatego kwas α -linolenowy n-3 po przekształceniach do długołańcuchowych wielonienasyconych pochodnych (EPA i DHA) jest bardziej skuteczny niż kwas linolowy n-6.

Skuteczność kwasu oleinowego, w regulacji profilu lipidowego krwi, wynika z jego wysokiej zawartości w tłuszczu mlekowym (do 35%) (3). Hipocholesterolemiczne działanie kwasu oleinowego jest wieloczynnikowe i polega na ograniczaniu wchłaniania cholesterolu pokarmowego, obniżaniu poziomu frakcji LDL, zmniejszonej lepkości krwi, a także na obniżaniu ciśnienia krwi.

Zawartość – uznawanych za niezbędne – WNKT n-6 i n-3 w tłuszczu mlekowym jest wprawdzie niewielka (od 3,5 do 5,0%), jednak zapotrzebowanie organizmu człowieka na te kwasy nie jest duże. Według kardiologów amerykańskich oraz neurofizjologów kanadyjskich dzienne zapotrzebowanie wynosi zaledwie 4,5 g WNKT n-6 i 1 g WNKT n-3. W regulacji metabolizmu lipidów istotne są także krótko- i średniołańcuchowe nasycone KT (unikalny składnik tłuszczu mlekowego), które ograniczają syntezę triglicerydów oraz cholesterolu endogenego (3). Z licznych badań doświadczalnych (na zwierzętach), klinicznych i epidemiologicznych wynika, że zaburzenia profilu lipidowego nie mają jednak decydującego wpływu na powstawanie i rozwój miażdżycy (4).

Główną przyczyną miażdżycy są zaburzenia homeostazy pro- i antyoksydacyjnej organizmu na korzyść prooksydacji, w związku z niedoborem w diecie antyoksydantów, zwłaszcza lipofilnych. Zastąpienie tłuszczów zwierzęcych roślinnymi skutkuje 10-krotnie mniejszym spożyciem aktywnych biologicznie witamin A, D i E. W profilaktyce miażdżycy kluczową rolę odgrywają antyoksydanty tłuszczu mlekowego, ze względu na wysoką aktywność, a także wyjątkową termostabilność (5). W organizmie człowieka antyoksydanty wspomagają endogenne mechanizmy obronne, unieczynniając RFT w komórkach i narządach narażonych na stres oksydacyjny (układ oddechowy, sercowo-naczyniowy, nerwowy). Ich skuteczność wynika z synergizmu, tj. możliwości regeneracji jednych kosztem innych. Koenzym Q₁₀ odtwarza α -tokoferol z rodnika tokoferylowego, z kolei α -tokoferol regeneruje β -karoten. Ponadto, w unieczynnianiu RFT i końcowych produktów peroksydacji lipidów strukturalnych antyoksydanty lipofilne mogą współdziałać z antyoksydantami hydrofilnymi. Witamina C oraz glutation (GSH) może regenerować rodnik tokoferylowy do α -tokoferolu. Koenzym Q₁₀ w formie zredukowanej (ubichinolu), skuteczniej niż α -tokoferol czy β -karoten, chroni błony komórkowe i lipoproteiny LDL przed peroksydacją. Działanie koenzymu Q₁₀ polega na wytwarzaniu energii w komórkach, poprzez przenoszenie elektronów w łańcuchu oddechowym i udział w powstawaniu ATP. Szczególnie wrażliwy na niedobór koenzymu Q₁₀ jest mięsień sercowy (6).

Najbardziej skuteczne w hamowaniu procesów peroksydacji lipidów w strukturach komórek oraz lipoprotein osocza są: skoniugowany kwas linolowy (CLA), α -tokoferol, witamina A oraz β -karoten, witamina D₃ i fosfolipidy. Dzięki wysokiej aktywności antyoksydacyjnej CLA hamuje procesy zapalne w komórkach, ponadto zapobiega im obniżając stężenie kwasu arachidonowego n-6 w fosfolipidach. Poza tym, CLA wpływa na obniżenie stężenia cholesterolu całkowitego, frakcji LDL oraz triglicerydów w osoczu. W profilaktyce miażdżycy CLA działa wielokierunkowo: reguluje profil lipidowy krwi, zapobiega hipertriglicydemii, a tym samym otyłości oraz cukrzycy typu 2 i – co najważniejsze – zapobiega stanom zapalnym. Przeciwwapalne działanie CLA jest równoznaczne z działaniem antymiażdżycowym, a także antynowotworowym (7, 8).

Przeciwzapalnie działają również pozostałe antyoksydanty tłuszczu mlekowego. Jednym z ważniejszych jest α -tokoferol (witamina E), który zapobiega oksydacji lipidów strukturalnych w błonach komórkowych, współdziałając z selenem i aminokwasami siarkowymi. Ze względu na zdolność do unieczynniania tlenu singletowego bezcenne w zapobieganiu miażdżycy są β -karoten i witamina A, które uzupełniają antyoksydacyjne działanie witaminy E oraz D₃ (9, 10).

Działanie antymiażdżycowe, a także neuroprotektoryjne i antynowotworowe, wykazują fosfolipidy tłuszczu mlekowego. Antyoksydacyjne i przeciwzapalne właściwości fosfolipidów wynikają z wyższej niż w triglicerydach zawartości WNKT, optymalnych proporcji WNKT n-6 i n-3, a ponadto zdolności do wiązania kationów (11, 12).

Bioaktywne składniki tłuszczu mlekowego (WNKT n-6 i n-3, antyoksydanty, krótko- i średniołańcuchowe nasycone KT) uczestniczą w różnych przemianach biochemicznych, dzięki czemu regulują metabolizm lipidów oraz cholesterolu endogennego. Ich antymiażdżycowe działanie jest wielokierunkowe i polega na estryfikacji cholesterolu oraz intensyfikacji jego przemian, zapobieganiu oksydacji cholesterolu oraz lipidów strukturalnych w komórkach i narządach a także ograniczaniu syntezy cholesterolu wątrobowego i triglicerydów.

Antynowotworowe właściwości tłuszczu mlekowego

Tłuszcz mlekowy wpływa korzystnie na homeostazę pro- i antyoksydacyjną organizmu. Oprócz aktywnych, działających synergicznie antyoksydantów jest źródłem unikalnych składników o udokumentowanym w badaniach klinicznych działaniu antynowotworowym. Należą do nich m.in. naturalne izomery *trans* kwasów tłuszczowych, tj. kwas wakcenyowy i skoniugowany kwas linolowy – CLA (8, 13). Główny izomer *trans* tłuszczu mlekowego – kwas wakcenyowy hamuje aktywność enzymów uczestniczących w transformacji nowotworowej. Powstający z niego skoniugowany kwas linolowy – CLA wykazuje działanie antymutagenne i antykancerogenne. W doświadczeniach na zwierzętach wykazano, że CLA, obecny w diecie w ilości 0,05–1,5%, hamuje indukowane chemicznie nowotwory skóry, sutka, żołądka i okrężnicy (14, 15).

CLA jest zdecydowanie bardziej skuteczny, niż stosowane równocześnie tokoferole i WNKT n-3 z tłuszczu ryb i ssaków morskich. Przeciwnowotworowe działanie CLA obserwowano już przy niskiej dawce – zaledwie 1% tłuszczu diety. Natomiast tłuszcze rybne, dla osiągnięcia porównywalnego efektu, muszą być stosowane w dawce ok. 10-krotnie większej (14, 16, 17). Potwierdzeniem antynowotworowych właściwości CLA są wyniki opracowań epidemiologicznych. W krajach o największym spożyciu bogatych w CLA serów dojrzewających (Francja, Włochy, Grecja) umieralność z powodu raka piersi jest znacznie mniejsza, niż w krajach o niższym spożyciu tych produktów (Belgia, Holandia, Wielka Brytania) (18). Należy podkreślić, że prozdrowotne działanie serów dojrzewających nie może być utożsamiane wyłącznie z obecnością CLA. W profilaktyce nowotworów skuteczne są również inne składniki tłuszczu mlekowego: α -tokoferol, β -karoten, witaminy A i D₃, krótkołańcuchowe nasycone KT, fosfolipidy, lipidy eterowe, koenzym Q₁₀ (19).

Krótko- i średniołańcuchowe nasycone KT stanowią 25% wszystkich nasyconych KT. Wchłaniane są bez udziału kwasów żółciowych, przenikają do krwi równie szyb-

ko jak glukoza i nie podlegają estryfikacji. Wolne krótko- i średniołańcuchowe KT indukują wzrost, dojrzewanie oraz różnicowanie komórek nabłonka w przewodzie pokarmowym. Krótkołańcuchowe KT (masłowy, propionowy, walerianowy oraz izowalerianowy) wchłaniane w jelicie cienkim i grubym regulują adsorpcję wody oraz elektrolitów, są konieczne do tworzenia prawidłowej struktury i funkcjonowania nabłonka, wpływają terapeutycznie na różnego rodzaju patologie, np.: stany zapalne (16). Znaczne ilości krótko- i średniołańcuchowych nasyconych KT powstają dzięki aktywności mikroflory jelitowej. Kwas masłowy wywołuje apoptozę (programowaną śmierć) komórek nowotworowych wątroby, jest skuteczny w leczeniu nowotworów sutka, okrężnicy oraz jelita grubego. Jego aktywność antyproliferacyjną zwiększa witamina A i D₃. Wykazano, że w populacjach o wyższym poziomie witaminy D₃ w diecie, zachorowalność na raka piersi, jajnika, jelita grubego i prostaty, a także schorzenia o podłożu autoimmunologicznym jest mniejsza (20, 21).

Fosfolipidy, wchodzące w skład otoczki kuleczki tłuszczowej zawierają zdecydowanie więcej nienasyconych KT niż triglicerydy (22). Dzięki aktywności antyoksydacyjnej działają ochronnie na śluzówkę przewodu pokarmowego, struktury mózgu, wątroby, śledziony czy nerek (23, 24). Uczestniczą również w interakcji komórka – komórka, różnicowaniu, proliferacji, transbłonowej transmisji jako receptory dla wielu hormonów i czynników wzrostu. W fosfolipidach tłuszczu mlekowego kwas linolowy n-6 i α -linolenowy n-3 występuje w optymalnych proporcjach (średnio 4:1). Dzięki temu możliwe jest powstawanie z kwasu α -linolenowego n-3 hormonów tkankowych tzw. eikozanoidów o działaniu immunostymulującym, a także antynowotworowym.

Niektóre z fosfolipidów tj. sfingomieliny odznaczają się, udokumentowanym w badaniach klinicznych, działaniem antynowotworowym (25). Sfingomielina, stosowana w ilości 0,025–0,1% w diecie myszy z indukowanym chemicznie nowotworem okrężnicy, a także u myszy, którym wszczepiono ludzkie komórki nowotworowe hamowała rozwój raka – o ponad 50% po 4 tygodniach. Fosfolipidy mleka stymulują fagocytozę oraz apoptozę komórek nowotworowych dzięki obecności tzw. lipidów eterowych (alkilogliceroli i alkiloglicerofosfolipidów). Makrofagi aktywowane przez lipidy eterowe zdolne są do wydzielania ponad 60 różnorodnych substancji biorących udział w hamowaniu reakcji ostrego i przewlekłego stanu zapalnego, a co ważniejsze w rozpoznawaniu komórek nowotworowych. Ponieważ alkiloglicerole działają wieloczynnikowo, to są skuteczne w bardzo małych stężeniach (26).

Prozdrowotne działanie tłuszczu mlekowego na układ pokarmowy polega na stymulacji funkcjonowania nabłonka jelitowego przez krótko- i średniołańcuchowe nasycone KT, a także zdolności do wiązania toksyn bakteryjnych i rotawirusów przez prostaglandyny. Wykazano, że nasycone KT C10, C12 i C18, podobnie jak sfingolipidy, wykazują działanie przeciwbakteryjne, dzięki czemu tłuszcz mlekowy zapobiega wrzodom żołądka, łagodzi stany zapalne jelit m.in. w chorobie Leśniowskiego-Crohna i wrzodziejącego zapalenia jelit (27). Antyoksydanty tłuszczu mlekowego działają ochronnie również na nabłonek dróg oddechowych, co potwierdzono w trwających 2 lata badaniach dotyczących 2978 dzieci chorych na astmę (28). Zapobieganie stanom zapalnym śluzówki jelita oraz nabłonka układu oddechowego jest równoznaczne z działaniem antynowotworowym.

Tłuszcz mlekowy nie stanowi zagrożenia otyłością

Tłuszcze zawarte w żywności są nie tylko źródłem energii. W organizmie człowieka wykorzystywane są m.in. do budowy podstawowych struktur każdej komórki tj. błon komórkowych oraz najważniejszego organu jakim jest mózg i system nerwowy. Dlatego tłuszcze są równie istotne dla zachowania zdrowia człowieka jak białka, a w pewnych okresach życia (podczas formowania mózgu i systemu nerwowego w życiu płodowym, w dzieciństwie, u młodzieży podczas dojrzewania płciowego) nawet ważniejsze (16).

Mimo to tłuszcze utożsamiane są z otyłością. Prawdą jest, że 1 g tłuszczu dostarcza aż 9 kcal, podczas gdy 1 g białka i węglowodanów zaledwie 4 kcal. Z tego powodu od ok. 30 lat lansowana jest dieta light, o której „skuteczności” w profilaktyce chorób dietozależnych najlepiej świadczy aktualny stan zdrowia Amerykanów. Paradoksalnie epidemia otyłości i cukrzycy typu 2 jest konsekwencją stosowania niskotłuszczowej, wysokowęglowodanowej diety typu light. Obecne w żywności o wysokim stopniu przetworzenia, sztuczne izomery *trans* kwasów tłuszczowych oraz nadmiar cukrów prostych w diecie są główną przyczyną epidemii otyłości i cukrzycy typu 2.

Sztuczne izomery *trans* wbudowują się w strukturę fosfolipidów błon komórkowych, co powoduje zmiany w funkcjonowaniu kanałów jonowych, receptorów, przenośników, prowadzące do zaburzeń metabolizmu, a tym samym dysfunkcji komórek, tkanek i narządów. Natomiast nadmierna konsumpcja cukrów prostych stanowi metaboliczną pułapkę, definiowaną jako reaktywna hipoglikemia, która (podobnie jak sztuczne izomery *trans*) prowadzi do insulinooporności i cukrzycy typu 2. Szczególne zagrożenie otyłością stanowi fruktoza. Metabolizowana poza kontrolą organizmu, w całości przetwarzana jest w triglicerydy, z których następnie powstaje tkanka tłuszczowa. Fruktaza jest główną przyczyną tzw. jelita drażliwego i zaćmy cukrzycowej, hamuje wytwarzanie energii (ATP) w organizmie, zwiększa łaknienie.

W odróżnieniu od cukrów prostych tłuszcze zmniejszają apetyt. Trawione są głównie w jelicie z wytworzeniem wolnych KT, z których w wątrobie wytwarzane są ciała ketonowe, wydzielane do krwi. Stężenie ciał ketonowych we krwi identyfikowane jest przez ośrodkowy układ nerwowy jako jeden z sygnałów sytości. Dlatego tłuszcz mlekowy, spożywany w ilości proporcjonalnej do zapotrzebowania organizmu, nie stanowi żadnego zagrożenia otyłością. Bardzo istotny w zapobieganiu otyłości jest CLA. W produktach mleczarskich występuje w ilości 2,9–6,1 mg/g tłuszczu, z czego 75 do 93% to forma biologicznie aktywna. Dzięki unikalnej strukturze, CLA hamuje działanie enzymów odpowiedzialnych za kumulację lipidów. Wpływa równocześnie na metabolizm tkanki tłuszczowej, hamując jej powstawanie a ponadto intensyfikuje proces spalania tłuszczu czyli lipolizę (7).

Immunostymulacyjne właściwości tłuszczu mlekowego

Wszystkie składniki tłuszczu mlekowego – aczkolwiek w odmienny sposób – stymulują funkcjonowanie przewodu pokarmowego, który jest głównym skupiskiem komórek odpornościowych. Nasycone KT, podobnie jak fosfolipidy, hamują wzrost *Helicobacter pylori*, ograniczają zdolność patogenów (*L. monocytogenes*, *Campylobacter jejuni*, *E. coli*, *Salmonella enteritidis*) do przeżycia i kolonizacji przewodu pokarmowego (29).

Krótko- i średniołańcuchowe nasycone KT są najlepszym źródłem energii. Wchłaniane w jelicie bez udziału kwasów żółciowych, przenikają do krwi równie szybko jak glukoza, regulują adsorpcję wody oraz elektrolitów. Dzięki temu indukują wzrost, dojrzewanie oraz różnicowanie komórek nabłonka w przewodzie pokarmowym, tym samym wpływają terapeutycznie na różnego rodzaju patologie, np.: stany zapalne (16).

Również WNKT odrywają istotną rolę w zachowaniu prawidłowych funkcji układu odpornościowego. Proporcje kwasu linolowego n-6 i α -linolenowego n-3 w tłuszczu mlekowym są optymalne dla zdrowia (średnio 3,5:1). Dzięki temu możliwe są przemiany biochemiczne kwasu α -linolenowego n-3. Eikozanoidy powstające z KT n-3, w porównaniu do ich analogów wytwarzanych z KT n-6, mają mniejszą aktywność biologiczną, jednak odznaczają się wszechstronnym prozdrowotnym działaniem (przeciwzapalnym, przeciwzkrzepowym, przeciwalergicznym, przeciwnowotworowym, a także immunostymulacyjnym).

Wyjątkowe działanie immunostymulacyjne wykazuje CLA (30). Zastosowany w diecie różnych gatunków zwierząt powodował wzrost poziomu immunoglobulin IgA, IgG, IgM. Niezależnie od wpływu na syntezę immunoglobulin, CLA reguluje przemiany eikozanoidów, moduluje działanie interleukin oraz leukotrienów. Tym samym zabezpiecza różne tkanki organizmu przed szkodliwym działaniem prozapalnych cytokin. Ponadto CLA działa immunomodulacyjnie, poprzez wpływ na: proliferację oraz aktywność limfocytów i makrofagów, zwiększanie cytotoksyczności limfocytów T oraz zdolności fagocytarnej leukocytów a także neutralizację endotoksyn bakteryjnych. W odróżnieniu od tłuszczu z ryb i ssaków morskich CLA jest skuteczny przy niskiej dawce – ok. 1% tłuszczu diety.

Oprócz CLA w stymulacji układu immunologicznego istotne są także pozostałe antyoksydanty tłuszczu mlekowego. Immunostymulacyjne działanie fosfolipidów wynika przede wszystkim z obecności lipidów eterowych. Alkiloglicerole i alkiloglicerofosfolipidy są substratami do tworzenia związków biologicznie aktywnych, których powstawanie (regulowane przez procesy enzymatyczne) prowadzi do uruchomienia przez organizm własnych mechanizmów stymulujących układ immunologiczny. Nawet w bardzo małych stężeniach lipidy eterowe aktywują makrofagi, stymulują fagocytozę oraz apoptozę komórek nowotworowych (26).

Wszystkie witaminy obecne w tłuszczu mlekowym stymulują funkcjonowanie układu odpornościowego. Witamina A wpływa na funkcjonowanie odporności wrodzonej; jest niezbędna w dojrzewaniu oraz różnicowaniu komórek układu odpornościowego. Zapewnia ciągłość błon śluzowych układu pokarmowego, oddechowego, moczowo-płciowego. Wpływa na wytwarzanie lizozymu oraz mucyny działającej ochronnie na błony śluzowe. Retinol wpływa na aktywność i liczbę makrofagów, a także nasilenie produkcji transformującego czynnika wzrostu – TGF- β , który bierze udział w gojeniu ran (6).

Korzystny wpływ β -karotenu na układ odpornościowy wynika z polienowej struktury, która umożliwia absorpcję światła. β -karoten neutralizuje wolne rodniki, powstające pod wpływem promieniowania UV, a także tlen singletowy. Długotrwałe stosowanie β -karotenu w diecie skutkuje wzrostem liczby limfocytów, a także aktywności komórek NK, niezbędnych do likwidacji infekcji wirusowych oraz hamowania apoptozy niektórych komórek nowotworowych (6, 9).

Stężenie witaminy E w limfocytach jest 10-krotnie większe niż w erytrocytach. Prawdopodobnie α -tokoferol hamuje aktywność kinazy białkowej C, przekazującej sygnały z receptorów w komórkach monocytów i limfocytów do cytokin. Możliwe jest także wytwarzanie przez aktywowane makrofagi czynników immunosupresyjnych, m.in. PGE₂ i nadtlenu wodoru. Oprócz działania immunosupresyjnego PGE₂ reguluje równowagę limfocytów Th1 i Th2. A zatem, osłabiając syntezę PGE₂, α -tokoferol, pośrednio stymuluje odpowiedź immunologiczną komórkową zależną od Th1 (27).

Tłuszcz mlekowy jest jednym z lepszych źródeł witaminy D₃ w diecie. Synteza 1,25(OH)₂D₃ może zachodzić również w komórkach układu immunologicznego – makrofażach. Witamina D₃ odpowiada za produkcję cytokin przez limfocyty Th1, indukcję różnicowania monocytów, wydzielanie przeciwciał przez limfocyty B oraz hamowanie proliferacji limfocytów T. Defekt w wydzielaniu przez makrofagi 1,25(OH)₂D₃ jest prawdopodobnie przyczyną autoimmunizacji. Witamina D₃ może hamować demielinizację tkanki nerwowej w stwardnieniu rozsianym oraz niszczenie β -komórek trzustki (21).

Podsumowanie

Wszystkie składniki tłuszczu mlekowego, również uznawane za aterogenne nasycone KT, odznaczają się wysoką aktywnością biologiczną. Krótko i średniołańcuchowe nasycone KT regulują adsorpcję wody oraz elektrolitów, dzięki czemu indukują wzrost, dojrzewanie oraz różnicowanie komórek nabłonka w przewodzie pokarmowym. Natomiast długołańcuchowe nasycone KT, podobnie jak fosfolipidy, ograniczają zdolność patogenów, m.in. *Helicobacter pylori*, do kolonizacji przewodu pokarmowego.

Tłuszcz mlekowy zawiera nienasycone KT, tj. kwas linolowy n-6 oraz α -linolenowy n-3 (w optymalnych dla zdrowia proporcjach), a także jednonienasycony kwas oleinowy n-9 niezbędne do estryfikacji cholesterolu. Nienasycone KT, podobnie jak inne bioaktywne składniki tłuszczu mlekowego, regulują metabolizm lipidów poprzez: intensyfikację metabolizmu cholesterolu endogennego, zapobieganie jego oksydacji a także ograniczanie syntezy cholesterolu wątrobowego i triglicerydów. Dzięki obecności bardzo aktywnych, działających synergicznie, antyoksydantów tłuszcz mlekowy wpływa korzystnie na homeostazę pro- i antyoksydacyjną organizmu. W hamowaniu procesów peroksydacji lipidów w strukturach komórek oraz lipoprotein osocza najbardziej skuteczne są: skoniugowany kwas linolowy (CLA), α -tokoferol, witamina A oraz β -karoten, witamina D₃ i fosfolipidy.

Unikalne składniki tłuszczu mlekowego tj. skoniugowany kwas linolowy – CLA oraz lipidy eterowe (alkiloglicerole i alkiloglicerofosfolipidy) charakteryzują się największym spektrum prozdrowotnego działania. W profilaktyce miażdżycy CLA działa wielokierunkowo: reguluje profil lipidowy krwi, zapobiega hipertriglicydemii, a tym samym otyłości oraz cukrzycy typu 2. Dzięki bardzo wysokiej aktywności antyoksydacyjnej CLA zapobiega stanom zapalnym, co jest równoznaczne z działaniem antymiażdżycowym, a także antynowotworowym. Z kolei alkiloglicerole i alkiloglicerofosfolipidy aktywują makrofagi, stymulują fagocytozę i co najważniejsze apoptozę komórek nowotworowych.

Mimo wysokiej zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych i cholesterolu tłuszcz mlekowy nie stanowi zagrożenia miażdżycą, a wręcz przeciwnie. Charakteryzuje się wszechstronnym, prozdrowotnym działaniem (antymiażdżycowym, antynowotworowym, immunostymulacyjnym), co udokumentowano w licznych badaniach i opracowaniach epidemiologicznych. Tłuszcz mlekowy jest – bez wątpienia – najcenniejszym tłuszczem w diecie człowieka. Ze względu na prozdrowotne właściwości powinien być traktowany jako nutraceutyk, czyli żywność, która leczy.

G. Cichosz, H. Czczot

MILK FAT IN PROPHYLAXIS OF METABOLIC DISEASES

PIŚMIENNICTWO

1. *Ben-Jeguda O., De Maria A.N.*: Low LDL-C levels and cancer: Reassuring but still not definitive. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 2008; 52(14): 1150-1151. – 2. *Cohn J.S., Tandy S., Wat E., Kamili A., Chung R., Rowney M., Brown A.*: Dietary milk phospholipid as a cardiovascular nutraceutical. *Atherosclerosis. Suppl.*, 2009; 10(2): 354. – 3. *Cichosz G.*: Aterogenne właściwości tłuszczu mlekowego rzeczywistość czy mit?. *Przegląd Lekarski*, 2007; 4(64): 32-34. – 4. *Behrend L., Henderson G., Zwacka R.M.*: Reactive oxygen species in oncogenic transformation. *Biochem. Soc. Trans.*, 2003; 31: 1441-1444. – 5. *Landmark-Mansson H., Akesson B.*: Antioxidative factors in milk. *British J. of Nutr.*, 2000; 84(1): 103-110. – 6. *Cichosz G., Czczot H.*: Tłuszcz mlekowy – źródło antyoksydantów w diecie człowieka. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2011; 44(1): 8-16. – 7. *Blankstad H., Stakkestad J., Fagertum H., Thom E., Wadstein J., Gudmundsen O.*: Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans. *J Nutr.* 2000; 130(12): 2943-2948. – 8. *Bhattacharya A., Banu J., Rahman M., Causey J., Fernandes G.*: Biological effects of conjugated linoleic acids in health and disease. *J. Nutr. Biochem.*, 2006; 17: 789-810. – 9. *Palozza P., Krinsky N.*: Beta-caroten and alpha-tocopherol are synergistic antioxidants. *Arch. Biochem. Biophys.*, 1992; 15: 184-187. – 10. *Overvad K., Diamant B., Holm L.*: Coenzyme Q₁₀ in health and disease, *Eur J. Clin. Nutr.*, 1999; 53(10): 764-70.

11. *Ambroziak A., Cichosz G.*: Fosfolipidy mleka jako nutraceutyk, *Pol. Merk. Lek.*, 2013; 34(199): 62-66. – 12. *Bandarra N. M., Campos R. M., Batista I., Nunes M. L., Empos J. M.*: Antioxidant synergy of alpha-tocopherol phospholipids, *J. AOCS*, 1999; 76: 905-913. – 13. *Kowalska M., Cichosz G.*: Produkty mleczarskie – najlepsze źródło CLA, *Bromat. Chem. Toksyk.*, 2013; 46(1): 1-12. – 14. *Lee, K.W., Lee, H.J., Cho, H.Y., Kim, Y.J.*: Role of the conjugated linoleic acid in the prevention of cancer. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2005; 45(2): 135-144. – 15. *Dhiman T.R., Ure A.L., Walters J.L.*: Omega 3 Fatty Acid Research, Conjugated linoleic acid: An Anticancer Fatty Acid Found in Milk and Meat, *Teale M.C.*, New York: Nova Science Publishers, 2006; 175-214. – 16. *Rafalski H.*: Znaczenie fizjologiczne poszczególnych kwasów nasyconych w prewencji nowotworów i miażdżycy naczyń krwionośnych człowieka. *Mat. II Symp. Olej z wiesiołka w profilaktyce i terapii. Stołyhwo A., Tuszyński A.*: *Agrophatm*, 1998; 303-311. – 17. *Bartnikowska E., Obiedziński M.W., Grześkiewicz S.*: Sprężone dieny kwasu linolowego – niedawno wykryte związki o działaniu antykancerogennym występujące w mleku i jego przetworach, *Przegl. Mlecz.* 1999; 3: 86-91. – 18. *Bialek A., Tokarz A.*: Źródła pokarmowe oraz efekty prozdrowotne sprzężonych dienów kwasu linolowego (CLA), *Biul. Wydz. Farm., WUM*, 2009; 1: 1-12. – 19. *Parodi P.W.*: Anti-cancer agents in milk fat, *Austr. J. Dairy Technol.*, 2003; 58(2): 114-118. – 20. *Gross M.D.*: Vitamin D and Calcium in the Prevention of Prostate and Colon Cancer: New Approaches for the Identification of Needs, *J. Nutr.*, 2005; 135: 326-331.

21. *Kuryłowicz A., Bednarczuk T., Nauman J.*: Wpływ niedoboru witaminy D na rozwój nowotworów i chorób autoimmunologicznych, *Pol. J. of Endocrinology* 2007; 58(2): 140-152. – 22. *Kelley, N.S., Hubbard, N.E., Erickson, K.L.*: Conjugated linoleic acid isomers and cancer. *J Nutr.* 2007; 137: 2599-2607. – 23. *Smoczyński M., Staniewski B., Kielczewska K.*: Biologiczne właściwości białek otoczki kuleczek tłuszczowych mleka. *Medycyna Wet.* 2011; 67(5): 313-317. – 24. *Spitsberg V.L.*: Bovine Milk Fat Globule Membrane as a Potential Nutraceutical. *J. Dairy Sci.*, 2005; 88(7): 2289-2294. – 25. *Dillehay D.L., Webb*

S.K., Schmelz E.M., Merrill H.: Dietary Sphingomyelin Inhibits 1,2-Dimethylhydrazine-Induced Colon Cancer in CF1 Mice, *J. Nutr.*, 1994; 124(5): 615-620. – 26. *Melvyn R., Werbach M.D.*: Alkylglycerols and Cancer, *J Ortho Med*, 1994, 9(2): 95-102. – 27. *Cichosz G., Czczot H.*: Tłuszcz mlekowy w profilaktyce chorób nowotworowych. *Pol. Merk. Lek.*, 2012; 33(195): 168-172. – 28. *Wijga A., Smit H., Kerkhof M., de Jongste J.C., Gerritsen J., Neijens H., Boshuizen H., Brunekreef B.*, Association of consumption of products containing milk fat with reduced asthma risk in pre-school children: the PIAMA birth cohort study, *Thorax*. 2003; 58: 567-572. – 29. *Strong R.C., Hulstein M.F.E., Meer R.*, Bovine milk fat components inhibit food-borne pathogens, *Int. Dairy J.*, 2002;12: 209-215. – 30. *Song H.J., Grant I., Rotondo D., Mohede I., Sattar N., Heys S.D., Wahle K.W.J.*: Effect of CLA supplementation on immune function in young healthy volunteers. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2005; 59: 508-517.

Adres: 10-719 Olsztyn, ul. M. Oczapowskiego 7

Marian Gil, Elżbieta Głodek

CZĘSTOŚĆ SPOŻYCIA WYBRANYCH ŹRÓDEŁ TŁUSZCZU WŚRÓD STUDENTEK UNIWERSYTETU RZESZOWSKIEGO W ZALEŻNOŚCI OD WSKAŹNIKA BMI

Katedra Przetwórstwa i Towaroznawstwa Rolniczego
Wydziału Biologiczno-Rolniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego
Kierownik: prof. dr hab. *M. Zin*

Celem pracy była ocena częstości spożycia wybranych źródeł tłuszczu przez studentki Uniwersytetu Rzeszowskiego o różnym poziomie wskaźnika wagowo-wzrostowego (BMI). Ocenę dokonano na podstawie badania częstotliwości spożycia wybranych produktów spożywczych stanowiących główne źródło tłuszczu w całodziennej racji pokarmowej. Szacunkowa ocena ogólna na podstawie kwestionariusza Block'a wykazała, że częstość spożycia wybranych źródeł tłuszczu u większości studentek niezależnie od poziomu BMI była prawidłowa.

Hasła kluczowe: zwyczaje żywieniowe, BMI, spożycie wybranych produktów, spożycie tłuszczu.

Key words: nutritional habits, BMI, consumption of selected food products, fat intake.

Racjonalne odżywianie stanowi podstawowy warunek prawidłowego rozwoju oraz sprawności fizycznej i umysłowej człowieka, a nawyki żywieniowe mogą wpływać korzystnie lub też niekorzystnie na stan zdrowia i samopoczucia osób w każdym wieku (1).

Tłuszcze są podstawowym, wysokoenergetycznym składnikiem żywności. Uważa się, że wysoki poziom spożycia tłuszczu, jak i niewłaściwy jego skład mogą powodować zagrożenia chorobami cywilizacyjnymi, jak: otyłość, zaburzenia układu krążenia, nowotwory jelita grubego i piersi, a także osłabienie układu odpornościowego. Szczególnie niebezpieczna jest otyłość występująca na tle wysokiego spożycia tłuszczu, a zwłaszcza niewłaściwego składu kwasów tłuszczowych w diecie (2).

Otyłość stanowi poważny problem społeczny, jest jednym z ważniejszych problemów zdrowotnych współczesnego świata, zwłaszcza krajów uprzemysłowionych. Ze względu na rozpowszechnienie jest chorobą społeczną, przewlekłą i jednocześnie czynnikiem ryzyka wielu schorzeń, np. nadciśnienia tętniczego, cukrzycy typu 2., choroby niedokrwiennej serca, kamicy żółciowej czy nowotworów (3). Wykazano, że choroba niedokrwiennej serca odpowiada za 70–80% zgonów w populacji chorych z otyłością i cukrzycą. Zależność ta, jest najbardziej widoczna u młodych kobiet (< 50 r. ż.). W porównaniu z kobietami o BMI < 21 kg/m² kobiety z BMI 23,0–24,9 kg/m² miały o 50% większe ryzyko wystąpienia choroby niedokrwiennej serca, a wśród kobiet z BMI > 29 kg/m² ryzyko było większe aż o 350% (4). W otyłości

powszechne są zaburzenia lipidowe. Występują one na skutek m.in. zwiększonego napływu do wątroby wolnych kwasów tłuszczowych, prowadzącego do wzmożonej produkcji lipoprotein o bardzo niskiej gęstości VLDL, czego skutkiem jest zwiększenie stężenia triglicerydów w surowicy. Inne zaburzenia lipidowe towarzyszące otyłości to niskie stężenie cholesterolu HDL oraz obecność wysocze aterogennych LDL prowadzące do tzw. dyslipidemii aterogennej. Ścisły związek między zaburzeniami lipidowymi, a zwiększonym ryzykiem miażdżycy tętnic jest niepodważalny, a częstość występowania hipercholesterolemii wśród Polaków wynosi ok. 60% (3).

Młodzież akademicka jest specyficznym środowiskiem, podatnym na wpływ mass mediów promujących niekonwencjonalne poglądy żywieniowe. Propagowany w mediach szczupły wygląd staje się wśród młodych ludzi synonimem sukcesu i atrakcyjności oraz gwarantem akceptacji ich nowego otoczenia. Młode kobiety częściej od mężczyzn przywiązują znaczenie do posiadania szczupłej sylwetki. Cel ten osiągają często przez stosowanie różnych diet, zwykle źle zbilansowanych pod względem wartości odżywczej i udziału składników energetycznych. Brak wiedzy u młodych ludzi na temat zasad racjonalnego sposobu żywienia oraz ich nieprzestrzeganie może prowadzić do ukształtowania się złych nawyków żywieniowych, a to powoduje zwiększone ryzyko występowania chorób cywilizacyjnych w przyszłości (5, 6).

Celem pracy była ocena zwyczajowego spożycia produktów stanowiących główne źródła tłuszczu przez studentki Uniwersytetu Rzeszowskiego o różnym poziomie wskaźnika wagowo-wzrostowego (BMI). Ocenę dokonano na podstawie badania częstości spożycia wybranych produktów spożywczych stanowiących główne źródło tłuszczu w całodziennej racji pokarmowej studentek.

MATERIAŁ I METODY

Badanie przeprowadzono w latach 2011–2012 wśród studentek II roku kierunku Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka Uniwersytetu Rzeszowskiego. Spożycie wybranych źródeł tłuszczu określono metodą częstotliwości spożycia korzystając z kwestionariusza *Block'a*. Ten skrócony kwestionariusz *Block'a* został opracowany na potrzeby badań NHANES II i jest wykorzystywany w wielu krajach (7, 8). Wywiad przeprowadzony został techniką audytoryjną podczas zajęć z zakresu żywienia, po zapoznaniu ankietowanych z kwestionariuszem i wyjaśnieniu celu badań. Udział w badaniu był celowy, anonimowy i obejmował grupę 210 studentek.

W wywiadzie zbierano informacje o zwyczajowej częstości spożycia wybranych produktów stanowiących główne źródła tłuszczu w diecie: hamburgery i cheeseburgery, wołowina i steki, kureczaki pieczone, parówki i frankfurterki, tłuste wędliny, sosy do sałatek i majonezy, margaryny i masło, jaja, sery żółte i topione, pełne mleko, chipsy i frytki, lody oraz pączki i ciasta. W kafeterii odpowiedzi znajdowało się pięć kategorii częstości spożycia wybranych produktów stanowiących źródło tłuszczu połączonych z następującą skalą oceny punktowej: mniej niż raz na miesiąc – 0 pkt., 2–3 razy na miesiąc – 1 pkt., 1–2 razy na tydzień – 2 pkt., 3–4 razy na tydzień – 3 pkt., 5 i więcej razy na tydzień – 4 pkt. Uzyskane punkty zsumowano i na tej

podstawie wyodrębniono pięć kategorii respondentów (9, 10), których dieta: zawierała zdecydowanie za dużo tłuszczu (> 27 pkt.), zawierała za dużo tłuszczu (25–27 pkt.), mogłaby być mniej tłusta (22–24 pkt.), była prawidłowa pod względem wyboru produktów zawierających tłuszcz (18–21 pkt.), była najlepsza pod względem wyboru produktów zawierających tłuszcz (< 18 pkt.).

Na podstawie uzyskanych danych dotyczących wysokości i masy ciała obliczono wskaźnik BMI, który stał się podstawą do wyodrębnienia trzech grup studentek: z niedowagą ($BMI < 18,5 \text{ kg/m}^2$), o właściwej masie ciała ($18,5 \text{ kg/m}^2 \leq BMI \leq 24,9 \text{ kg/m}^2$) oraz z nadwagą ($BMI \geq 25,0 \text{ kg/m}^2$).

Średnie wartości wysokości i masy ciała oraz wyliczony wskaźnik BMI przedstawiono w tab. I. Średnie częstotliwości spożycia wg skali *Block'a* (7) wraz z odchyleniami standardowymi z uwzględnieniem wskaźnika BMI ankietowanych przedstawiono w tab. II. Ocenę ogólną częstotliwości spożycia produktów stanowiących źródło tłuszczu w całodziennych racjach pokarmowych badanych studentek wyrażono w postaci odsetka poszczególnych grup o różnych poziomach wskaźnika BMI przedstawiono na ryc. 1. Analizę istotności różnic spożycia wybranych źródeł tłuszczu w grupach o różnym poziomie wskaźnika BMI przeprowadzono za pomocą testu Kruskala-Wallisa z wykorzystaniem pakietu Statistica v.10.0.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Rozciąganie ścian żołądka przez spożytą żywność podczas posiłku daje uczucie sytości, a w przypadku spożywania pokarmu obfitującego w tłuszcz, jego mała porcja słabo rozciąga ściany żołądka, ale ma dużą wartość energetyczną. Uczucie sytości pojawia się dopiero po pewnym czasie od rozpoczęcia posiłku. Zanim zostanie zaspokojone uczucie głodu, zjada się więc większą ilość wysokoenergetycznego pożywienia. Pokarmy bogatoenergetyczne wybiera się również ze względu na większe walory smakowe, co sprawia, że są spożywane w większych ilościach, ponadto pokarmy te nie wymagają dłuższego żucia, co pozwala na szybkie jedzenie posiłków. Tłuszcz spożywany w posiłkach jest łatwo magazynowany w tkance tłuszczowej, a koszt energetyczny związany z tymi przemianami jest niższy niż dla węglowodanów (11).

Grupami produktów dostarczającymi najwięcej tłuszczów w posiłkach młodzieży wg badań *Stachury* i wspólnie były: inne tłuszcze – 24,8%, mięso, przetwory mięsne i ryby – 24,4%, mleko i produkty mleczne – 15,4%, masło i śmietana – 11,3%, cukier i wyroby cukiernicze – 8,2%, pieczywo i produkty zbożowe – 6,6 % oraz jaja – 5,5% (12).

Charakterystykę parametrów antropometrycznych badanej grupy studentek zamieszczono w tab. I. Przedstawiono w niej średni wzrost i masę ciała oraz obliczony na ich podstawie wskaźnik BMI w porównywanych grupach. Zdecydowana większość ankietowanych (78,5%) odznaczała się wskaźnikiem BMI wskazującym na prawidłową masę ciała. Masa ciała 12,9% studentek była niższa od zalecanej, najmniej liczną grupę stanowiły studentki z masą ciała wskazującą na nadwagę (8,6%). Podobny rozkład proporcji wzrostowo-wagowych wśród studentek opisano w pracach *Szponara* i *Krzyszchey* (13), *Semeniuk* (6) i *Wołos* i wspólnie (14).

Tabela I. Charakterystyka badanej populacji
Table I. Characteristic of the study population

Wyszczególnienie	Ogółem	Niedowaga	Normowaga	Nadwaga
Liczebność	210	27	165	18
	$\bar{x} \pm S$	$\bar{x} \pm S$	$\bar{x} \pm S$	$\bar{x} \pm S$
Wzrost	166,2 ± 5,0	167,7 ± 6,3	166,1 ± 4,8	164,6 ± 4,7
Masa ciała	58,4 ± 7,1	50,5 ± 4,1	58,1 ± 5,2	72,3 ± 6,0
BMI	21,1 ± 2,5	17,9 ± 0,5	21,0 ± 1,0	26,7 ± 2,1

Analiza danych dotyczących częstości spożycia wybranych produktów będących głównymi źródłami tłuszczu (tab. II) pokazuje, że najczęściej wybieraną grupą produktów było masło lub margaryna. W przypadku tych produktów widoczne jest zróżnicowanie pomiędzy grupami. Wskaźnik częstości spożycia masła lub margaryny w grupie z niedowagą wynosił 3,19 pkt., u studentek z masą ciała w normie 2,88 pkt. natomiast w grupie z nadwagą tylko 2,33 pkt.

Tabela II. Częstość spożycia wybranych produktów przez studentki Uniwersytetu Rzeszowskiego o różnym poziomie BMI (pkt)*

Table II. Frequency of consumption of selected products by the students of the University of Rzeszów with different levels of BMI (pkt)

Wyszczególnienie	Ogółem	Niedowaga	Normowaga	Nadwaga
	$x \pm S$	$x \pm S$	$x \pm S$	$x \pm S$
Hamburgery, cheeseburgery	0,24 ± 0,50	0,33 ± 0,55	0,24 ± 0,50	0,17 ± 0,38
Wołowina, steki, pieczeń	0,97 ± 0,84	1,00 ± 0,78	0,96 ± 0,85	1,06 ± 0,80
Kurczak smażony	1,42 ± 0,78	1,37 ± 0,74	1,46 ± 0,79	1,17 ± 0,71
Parówki, frankfurterki	0,85 ± 0,87	0,93 ± 0,73	0,82 ± 0,88	1,00 ± 0,97
Tłuste wędliny, mielonki, bekon	0,60 ± 0,83	0,85 ± 1,13	0,59 ± 0,78	0,28 ± 0,57
Sosy do sałatek, majonez	1,33 ± 0,98	1,37 ± 0,88	1,35 ± 1,01	1,11 ± 0,90
Margaryna lub masło	2,87 ± 1,36	3,19 ± 1,04	2,88 ± 1,39	2,33 ± 1,46
Jaja	1,95 ± 0,79	1,78 ± 0,85	1,95 ± 0,79	2,22 ± 0,65
Sery żółte i topione	2,24 ± 0,99	2,37 ± 0,97	2,25 ± 0,98	2,00 ± 1,08
Pełne mleko	2,15 ± 1,29	1,96 ± 1,13	2,13 ± 1,32	2,61 ± 1,24
Chipsy i frytki ziemniaczane,	0,82 ± 0,79	1,04 ± 0,81	0,81 ± 0,78	0,56 ± 0,78
Lody	0,96 ± 0,85	0,93 ± 0,87	0,97 ± 0,86	0,94 ± 0,80
Pączki, ciasta, ciastka	1,83 ± 1,07	2,11 ± 0,97	1,84 ± 1,10	1,39 ± 0,85
Suma	18,33 ± 4,87	19,22 ± 4,90	18,34 ± 4,93	16,89 ± 4,17

* – częstość spożycia produktów mierzono zgodnie ze skalą punktową od 0 pkt. (mniej niż raz na miesiąc) do 4 pkt. (5 i więcej razy na tydzień).

Wśród produktów ważnych dla zdrowego żywienia i jednocześnie stanowiących źródło tłuszczów zaliczyć należy pełne mleko. Studentki z nadwagą częściej (2,61 pkt.) wybierały pełne mleko, nieco rzadziej spożywane było ono przez studentki

z masą ciała w normie (2,13 pkt.) i najrzadziej przez studentki z niedowagą (1,96 pkt.). Niewystarczające spożycie mleka wśród studentek potwierdzają badania *Kowalskiej* (15) oraz *Myszkowskiej-Ryciak* i współpr. (5).

Badania *Adamskiej* i współpr. (1) wykazały, że zmiany w spożyciu mleka i produktów mlecznych (w tym serów żółtych) na koszt serów twarogowych przyczyniają się do zmniejszenia udziału tłuszczów w diecie, jednak sery twarogowe zawierają mniejsze ilości wapnia i cechują się mniej korzystną proporcją wapnia do fosforu. Odpowiedni stosunek Ca : P, który po przeliczeniu na jednostki wagowe powinien wynosić 1,3 : 1, odgrywa bardzo istotną rolę w utrzymaniu homeostazy wapniowo-fosforanowej. Wśród produktów mlecznych najkorzystniejszy stosunek Ca : P, mianowicie 1,13, mają sery dojrzewające. W grupie studentek z nadwagą zauważyć można mniejszą częstość spożywania serów żółtych i topionych. Wskaźnik częstości spożycia tej grupy produktów dla studentek z nadwagą wynosił 2,00 pkt., dla studentek z masą ciała w normie 2,25 pkt. a dla studentek z niedowagą wynosił 2,37 pkt.

Ocena spożycia słodczy wśród studentów prowadzona przez *Kowalską* (15) pokazała, że wśród badanych studentów co piąty codziennie spożywał słodczy, a prawie 57% przynajmniej raz w tygodniu. Studentki w porównaniu ze studentami znacznie częściej deklarowały spożycie słodczy. Oceniając częstość spożycia słodczy w zależności od poziomu wskaźnika BMI można stwierdzić, że studentki z nadwagą w większym stopniu od pozostałych ankietowanych ograniczały spożywanie produktów cukierniczych (pączki, ciasta, ciastka) (1,39 pkt.), nieco częściej produkty te były spożywane przez studentki z masą ciała w normie (1,84 pkt.) a najczęściej przez ankietowane z niedowagą (2,11 pkt.).

Największą częstość spożycia jaj stwierdzono w grupie studentek z nadwagą (2,22 pkt.), rzadziej były spożywane przez studentki z masą ciała w normie (1,95 pkt.) i najrzadziej przez studentki z niedowagą (1,78 pkt.).

Rzadkie spożywanie lodów tłumaczy fakt, że są one wybitnie sezonowym produktem. Wskaźniki częstości spożycia tych produktów były zbliżone we wszystkich grupach i wahały się od 0,93 do 0,97 pkt..

Istotne źródło tłuszczu w diecie stanowią produkty typu fast food (16). W grupie tej najwyższą zawartością tłuszczu odznaczają się frytki ziemniaczane – 15,8 g tłuszczu/100 g produktu, a w następnej kolejności kebaby – 14,0 g, hamburgery – 10,4 g i pizza – 10,1 g tłuszczu/100 g produktu gotowego do spożycia. Należy pokreślić, że chipsy ziemniaczane, tak chętnie spożywane przez dzieci i młodzież, zawierają przeciętnie ok. 40 g tłuszczu/100 g produktu.

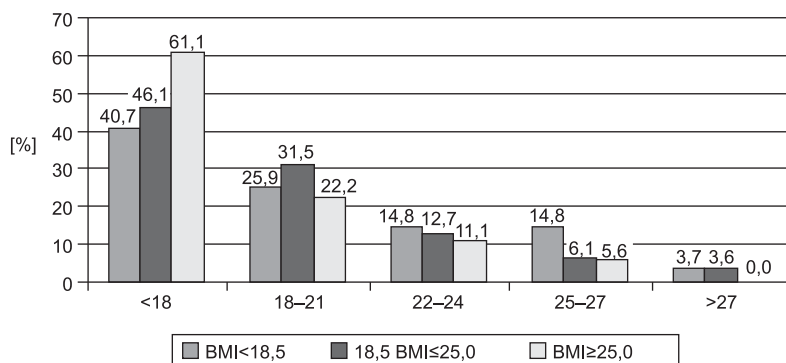
Spożycie frytek i chipsów wśród studentek było zróżnicowane. Studentki z nadwagą ograniczały udział tych produktów w swojej diecie i wskaźnik częstości spożycia tych produktów wynosił 0,56 pkt. Studentki z niedowagą częściej wybierały produkty z tej grupy (1,04 pkt.)

Kolejne produkty zaliczane do żywności typu fast food, czyli cheeseburgery i hamburgery należały do produktów najrzadziej spożywanych przez ankietowane studentki. Wskaźnik częstości spożycia w grupie studentek z nadwagą wynosił 0,17 pkt., nieco wyższy poziom tego wskaźnika wystąpił w grupie studentek z masą ciała w normie (0,24 pkt.) i najwyższy poziom zanotowano w grupie studentek z niedowagą (0,33 pkt.). Sytuację taką należy ocenić pozytywnie, gdyż są to zazwyczaj produkty o wysokiej wartości energetycznej i niskiej wartości odżyw-

czej, a ograniczanie ich spożywania należy do podstawowych zaleceń zdrowego odżywiania. Sporadyczne spożywanie żywności fast food potwierdzają badania Szponara i Krzyszychy (13).

Preferowanie potraw tłustych oraz tłuszczów zarówno roślinnych, jak też zwierzęcych stwarza ryzyko występowania nadmiaru tłuszczu w diecie, co sprzyja rozwojowi nadwagi i otyłości (1). Jest to grupa produktów o znacznie zróżnicowanej wartości energetycznej uzależnionej od rodzaju produktu oraz sposobu obróbki kulinarnej. Częstość spożycia produktów z grupy obejmującej wołowinę, steki i pieczeń była wyrównana we wszystkich grupach a poziom wskaźnika (0,96–1,06 pkt.) świadczy, że należą one do produktów rzadziej spożywanych. Najrzadziej kurczaki smażone spożywały ankietowane z nadwagą (1,17 pkt.), częściej studentki z niedowagą (1,37 pkt.), a najczęściej z masą ciała w normie (1,47 pkt.). Parówki i frankfurterki były rzadziej spożywanymi produktami przez ankietowane studentki. W grupie studentek z nadwagą wskaźnik częstości spożycia wynosił 1,00 pkt, rzadziej były spożywane w grupie z niedowagą (0,93 pkt.) a najrzadziej w grupie z masą ciała w normie (0,82 pkt.). Rzadziej wybieranymi produktami były tłuste przetwory mięsne. Wskaźnik spożycia kształtował się na niskim poziomie i wahał się od 0,85 pkt. w grupie ankietowanych z niedowagą, 0,59 pkt. wśród studentek z masą ciała w normie, a najniższy jego poziom stwierdzono w grupie ankietowanych z nadwagą (0,28 pkt.).

Analiza częstości spożywania sosów do sałatek czy majonezów potwierdza wcześniej zauważoną tendencję do ograniczania spożywania produktów o wyższej zawartości tłuszczu wśród studentek nadwagą i odmienne zachowanie żywieniowe w grupie studentek z niedowagą.



Ryc. 1. Rozkład częstości spożycia wybranych źródeł tłuszczu w zależności od wskaźnika BMI.

Fig. 1. Distribution of intake frequency of various fat sources vs. BMI.

Podsumowanie częstości spożycia produktów stanowiących źródła tłuszczu (ryc. 1.) przez studentki potwierdza wcześniejsze przypuszczenia dotyczące ograniczania częstości spożywania produktów bogatych w tłuszcz przez studentki z nadwagą o czym świadczy fakt, że znaczna część tej populacji (61,1%) uzyskała wynik ogólnej oceny niższy niż 18 pkt. Dla porównania, podobny udział tłuszczu w diecie doty-

czyli 40,8% ankietowanych studentek z niedowagą. Uzyskane wyniki korespondują z wynikami *Myszkowskiej-Ryciak* i współpr. (5), która wykazała model żywienia realizowany przez studentki aktywne był gorszy niż studentek mniej aktywnych fizycznie. Może to wskazywać, że większa aktywność fizyczna czy właściwa masa ciała mogą być pretekstem do niewłaściwych zachowań żywieniowych.

Analiza statystyczna częstości spożycia wybranych źródeł tłuszczu w całodziennych racjach pokarmowych studentek nie wykazała różnic istotnych statystycznie pomiędzy grupami o różnym poziomie wskaźnika BMI.

Zwrócić uwagę należy także na tę część badanych, której dieta zawiera zbyt dużo tłuszczu i zdecydowanie za dużo tłuszczu. Biorąc pod uwagę tę część grupy studentek z nadwagą może to być prawdopodobną przyczyną kłopotów z utrzymaniem właściwej masy ciała. Także studentki o wskaźniku BMI wskazującym na prawidłową masę ciała, których ogólna ocena wskazuje na zbyt duży udział tłuszczu w diecie powinny podjąć starania do jego ograniczenia i zwracać uwagę na prawidłowy bilans energetyczny.

WNIOSKI

1. Nie stwierdzono statystycznie istotnych zależności pomiędzy częstością spożycia produktów stanowiących źródło tłuszczów w diecie badanych studentek a wskaźnikiem BMI.

2. Częstość spożywania wskazującą na wysoki i bardzo wysoki poziom tłuszczu w diecie stwierdzano częściej w przypadku studentek z niedowagą (18,5%) i z masą ciała w normie (9,7%) niż w przypadku kobiet z nadwagą, gdzie wysoki udział tłuszczu w diecie dotyczył tylko 5,6% tej grupy, co może wskazywać, że masa ciała była czynnikiem skłaniającym studentki do ograniczania częstości spożycia produktów bogatych w tłuszcz.

M. Gil, E. Głodek

FREQUENCY OF INTAKE OF SELECTED SOURCES OF FAT AMONG FEMALE STUDENTS AT UNIVERSITY OF RZESZÓW AND BMI

Summary

The aim of this study was to assess the consumption of sources of fat by the female students at University of Rzeszów with different levels of Body Mass Index (BMI). The assessment was made by examining the frequency of consumption of selected food products constituting the major source of fat in the diet. Block food frequency questionnaire was used in the study. BMI values were calculated from the results of determinations of body height and weight, which were then used to classify the subjects into three groups: with underweight ($BMI < 18.5 \text{ kg/m}^2$), normal weight ($18.5 \text{ kg/m}^2 \leq BMI \leq 24.9 \text{ kg/m}^2$) and overweight ($BMI > 25 \text{ kg/m}^2$). In the majority of respondents (78.5%), BMI was normal. Body weight in 12.9% of the female students was below the normal range, while the smallest proportion (8.6%) of the students were overweight. The overall assessment showed that the diet of most female students, regardless of BMI level, was correct in terms of fat intake. Wrong dietary habits detected among the female students included excessive consumption of hard and processed cheese, eggs, crisps, chips, fried meats, cakes and pastries as well as insufficient intake of milk.

PIŚMIENNICTWO

1. Adamska E., Ostrowska L., Adamska E., Maliszewska K., Citko A., Waszczeniuk M., Przystupa W., Majewski R., Wasilewska A., Milewski R., Krętowski A., Górski M.: Różnice w nawykach i preferencjach żywieniowych osób dorosłych w zależności od wieku. *Roczn. PZH*, 2012; 63(1): 73-81. – 2. Achremowicz K., Szary-Sworst K.: Wielonienasycone kwasy tłuszczowe czynnikiem poprawy stanu zdrowia człowieka. *ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005; 3 (44): 23-35. – 3. Szponar L., Mojska H.: Czy i jakie tłuszcze są potrzebne? W: *Zasady prawidłowego żywienia dzieci i młodzieży oraz wskazówki dotyczące zdrowego stylu życia*. red. Jarosz M., Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa 2008; 137-150. – 4. Szymocha M., Bryła M., Maniecka-Bryła I.: Epidemia otyłości w XXI wieku. *Epidemia otyłości w XXI wieku. Zdrowie Publiczne* 2009; 119(2): 207-212. – 5. Myszkowska-Ryciak J., Kraśniewska A., Harton A., Gajewska D.: Porównanie wybranych zachowań żywieniowych studentek Akademii Wychowania Fizycznego i Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. *Probl. Epidemiol.* 2011; 92(4): 931-934. – 6. Semeniuk W.: Zwyczaje żywieniowe studentów z Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie stosujących diety alternatywne. *ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009; 4(65): 227-235. – 7. Block G.: A review of validations of dietary assessment methods. *Am. J. Epidemiol.*, 1982; 115: 492-505. – 8. Szczepańska J., Wądołowska L., Słowińska M. A., Niedźwiedzka E., Biegańska J.: Ocena częstości spożycia wybranych źródeł błonnika pokarmowego oraz ich związku z masą ciała studentów. *Bromat. Chem. Toksykol.* 2010; 43(3): 382-390. – 9. Roszkowski W.: *Podstawy nauki o żywieniu człowieka* (praca zbiorowa). SGGW Warszawa 2005. – 10. Szczepańska J., Wądołowska L.: Badanie częstości spożycia wybranych źródeł tłuszczu wśród kobiet o różnej masie ciała i zawartości tłuszczu w ciele, *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2011; 44(3): 290-297.
11. Ostrowska L.: Leczenie dietetyczne otyłości – wskazówki dla lekarzy praktyków, *Forum Zaburzeń Metabolicznych*, 2010; 1: 22-30. – 12. Stachura A., Pisulewski P.M., Kopeć A., Leszczyńska T., Bieżanowska-Kopeć R.: Oszacowanie spożycia tłuszczów ogółem oraz kwasów tłuszczowych przez młodzież wiejską Beskidu Żywieckiego. *ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009; 66(5): 119-131. – 13. Szponar B., Krzyszycha R.: Ocena sposobu odżywiania studentów Uniwersytetu Medycznego w Lublinie w roku akademickim 2007–2008, *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2009; 42(2): 111-116. – 14. Wołos J., Tarach J.S., Klatka M.: Występowanie otyłości i środowiskowych czynników ryzyka miażdżycy w grupie studentów uczelni wyższych w Lublinie. *Endokrynol. Otyłość* 2009; 5, 2, 66-72. – 15. Kowalska A.: Zwyczaje żywieniowe studentów Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. *Roczn. PZH*, 2010; 61(3): 277-282. – 16. Ostrowska L., Stefańska E., Jastrzębska M., Adamska E., Wujek A., Waszczeniuk M.: Ocena wpływu zmiany nawyków żywieniowych na wybrane parametry metaboliczne u osób otyłych redukujących masę ciała. *Roczn. PZH*. 2012; 63(1): 83-90.

Adres: 35-601 Rzeszów, ul. Zelwerowicza 4

Elżbieta Głodek, Marian Gil

OCENA CZĘSTOŚCI SPOŻYCIA WYBRANYCH ŹRÓDEŁ BŁONNIKA POKARMOWEGO WŚRÓD STUDENTEK UNIWERSYTETU RZESZOWSKIEGO

Katedra Przetwórstwa i Towaroznawstwa Rolniczego
Wydziału Biologiczno-Rolniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego
Kierownik: prof. dr hab. *M. Zin*

W pracy przeanalizowano częstość spożycia wybranych źródeł błonnika pokarmowego przez 210 studentek w wieku 21–22 lata o różnym poziomie BMI. Do oceny częstotliwości spożycia wybranych źródeł błonnika pokarmowego wykorzystano kwestionariusz Block'a. W celu określenia częstotliwości spożycia owoców, soków owocowych, surówek, ziemniaków, roślin strączkowych, pieczywa jasnego, pieczywa ciemnego oraz innych produktów zbożowych zastosowano skalę 5-stopniową. W badanej grupie stwierdzono brak wystarczającego spożycia błonnika w całodziennej racji pokarmowej (> 30 pkt.), a całodzienne racje pokarmowe większości osób były ubogie w błonnik (< 20 pkt.). W całodziennym pożywieniu większości studentek głównym źródłem błonnika było pieczywo jasne bądź ciemne oraz owoce i warzywa.

Hasła kluczowe: studentki, błonnik pokarmowy, częstość spożycia, BMI, owoce, warzywa, produkty zbożowe.

Key words: female students, dietary fiber, frequency of consumption, BMI, fruit, vegetables, cereals.

Rozwój współczesnej technologii i cywilizacji doprowadził do zmiany stylu życia i sposobu żywienia poszczególnych społeczeństw. Zmiany cywilizacyjne spowodowały wzrost spożycia żywności wysoko przetworzonej, czego skutkiem było zmniejszenie w diecie ilości błonnika pokarmowego, niezbędnego do prawidłowego funkcjonowania organizmu oraz pojawienie się negatywnych skutków niedoboru błonnika (1). Dlatego zwiększenie spożycia błonnika pokarmowego jest ważnym czynnikiem mającym znaczenie w profilaktyce oraz leczeniu chorób metabolicznych (2). Błonnik pokarmowy dzięki zdolnościom wiązania wody, tworzenia żeli oraz właściwościom sorpcyjnym pełni szereg istotnych funkcji fizjologicznych. Poprawia perystaltykę jelit, zmniejsza ryzyko wystąpienia uchyłków jelita i guzków krwawniczych oraz nowotworów jelita grubego (3). Odgrywa także ważną rolę w prewencji i otyłości, ponieważ jego pęcznienie powoduje wolniejsze opróżnienie żołądka i wydłużenie odczucia sytości, ponadto wielu badaczy wykazuje zależność między wysokim spożyciem błonnika a zmniejszeniem ryzyka chorób układu krążenia, nowotworów i cukrzycy (3, 4). Uzasadnia to zainteresowanie takimi źródłami błonnika jak

owoce, warzywa i produkty zbożowe. Są one źródłem cennych składników odżywczych biorących udział w obniżaniu ryzyka rozwoju chorób dietozależnych (5). Badania prowadzone wśród młodzieży akademickiej mają za zadanie weryfikację, a w przyszłości eliminację nieprawidłowych nawyków żywieniowych przez podjęcie odpowiednich działań profilaktycznych, zmierzających do wskazania prawidłowych zasad racjonalnego żywienia w tej grupie społecznej (6).

Celem badania była ocena częstości spożycia wybranych produktów stanowiących źródło błonnika pokarmowego w całodziennych racjach pokarmowych studentek kierunku Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka oraz analiza związku z wartością wskaźnika BMI.

MATERIAŁ I METODYKA

Wywiad częstości spożycia wybranych źródeł błonnika został przeprowadzony na II roku kierunku Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka Uniwersytetu Rzeszowskiego w latach 2011–2012. W anonimowym i dobrowolnym badaniu uczestniczyło 210 studentek.

Częstość spożycia wybranych źródeł błonnika pokarmowego określono z wykorzystaniem kwestionariusza Block'a opracowanego na potrzeby badań NHANES II i wykorzystywanego w wielu krajach (5, 7). W przeprowadzonym wywiadzie zebrano informacje o zwyczajowej częstości spożywania owoców, soków owocowych, surówek, ziemniaków, roślin strączkowych, pieczywa jasnego, pieczywa ciemnego oraz innych produktów zbożowych. Do określenia częstotliwości spożycia w/w produktów zastosowano skalę 5-stopniową z określeniami słownymi i przypisanymi im wartościami liczbowymi:

- rzadziej niż raz na tydzień – 0 pkt.,
- mniej więcej raz na tydzień – 1 pkt.,
- 2–3 razy na tydzień – 2 pkt.,
- 4–6 razy na tydzień – 3 pkt.,
- codziennie – 4 pkt. (8).

Częstość spożycia wybranych produktów dostarczających błonnik pokarmowy wyrażono w skali punktowej (0–36 pkt.). Na podstawie sumy uzyskanych punktów wyróżniono 3 grupy respondentów:

- o wystarczającym spożyciu błonnika (> 30 pkt.),
- o niewystarczającym spożyciu błonnika (20–29 pkt.),
- mających dietę ubogą w błonnik (< 20 pkt.).

W grupie badanych studentek mierzono masę ciała (kg) i wysokość ciała (m), a następnie obliczono wskaźnik względnej masy ciała BMI. Uwzględniając wartość wskaźnika BMI respondentki podzielono na trzy grupy: BMI $< 18,5$ kg/m² (27 studentek); BMI 18,5–24,95 kg/m² (165 studentek); BMI $> 24,95$ kg/m² (18 studentek).

Wyniki przedstawiono jako odsetek próby częstotliwości spożycia w grupach o różnym poziomie wskaźnika BMI. Wartości średnich cech przypisanych kategoriom częstości spożycia porównano testem Kruskala-Wallisa. Analizę statystyczną wykonano za pomocą pakietu statystycznego Statistica 10.0.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

W badanej grupie studentek największą grupę stanowiły studentki z prawidłową masą ciała, których wskaźnik BMI mieścił się w przedziale 18,5–24,95 kg/m² (78,6%). Niedowagę (BMI < 18,55 kg/m²) stwierdzono u 12,9%, a nadwagę (BMI > 24,95 kg/m²) u 8,6% ankietowanych studentek. Podobny rozkład wskaźnika BMI w grupach studentek zaobserwowali w swoich badaniach *Szczepańska* i współpr. oraz *Szponar* i *Krzyszzycha* (9, 10). Częstość spożycia wybranych źródeł błonnika pokarmowego przez badane studentki przedstawiono w tab. I. Wyniki uzyskane metodą częstości spożycia żywności z wykorzystaniem kwestionariusza Block'a (7) wskazują, na brak wystarczającego spożycia błonnika w całodziennej racji pokarmowej (> 30 pkt.) w badanej grupie. Niewystarczające spożycie błonnika (20–29 pkt.) stwierdzono u 14,8% studentek z niedowagą, 17,6% posiadających właściwą masę ciała i 22,2% studentek z nadwagą. Całodziennie racje pokarmowe ubogie w błonnik (< 20 pkt.) odnotowano u 85,2% studentek o wskaźniku BMI < 18,55 kg/m², u 82,4% respondentek o BMI 18,5–24,95 kg/m² oraz u 77,8% studentek o wskaźniku BMI > 24,95 kg/m². Niskie spożycie błonnika ocenionego ilościowo wśród studentek wykazali *Szczepańska* i współpr., *Socha* i współpr., *Harton* i *Myszkowska-Ryciak* oraz *Przysławski* i współpr. (5, 11, 12, 13).

Tab e l a I. Ocena częstości spożycia wybranych źródeł błonnika pokarmowego

Table I. Evaluation of frequency of consumption of selected dietary fibre sources

Spożycie błonnika	BMI (kg/m ²)		
	<18,5	18,5–24,9	>24,9
	% grupy		
> 30 pkt.	0	0	0
20 – 29 pkt.	14,8	17,6	22,2
< 20 pkt.	85,2	82,4	77,8

W tab. II przedstawiono wyniki dotyczące deklarowanej częstotliwości spożycia różnych źródeł błonnika pokarmowego w całodziennym pożywieniu badanych studentek i wyrażono je w postaci odsetka w grupach o różnym poziomie wskaźnika wagowo-wzrostowego. Stwierdzono, że w codziennej racji pokarmowej studentek najważniejszymi źródłami błonnika pokarmowego były pieczywo ciemnie i jasne oraz owoce i warzywa. Codzienne spożycie pieczywa ciemnego pszennego i żytniego deklarowało 27,8% studentek mających nadwagę, 23% o prawidłowej masie ciała i 14,8% z niedowagą. Jasne pieczywo codziennie spożywało 11,1% studentek z nadwagą, 23,0% posiadających prawidłową masę ciała i 14,8% z niedowagą. Codzienne spożycie warzyw deklarowało 22,2% respondentek o wskaźniku BMI > 24,9 kg/m², 13,9% o BMI 18,5–24,9 kg/m² i 18,5% o BMI < 18,5 kg/m². Stwierdzono także, że dużo studentek deklarowało spożywanie owoców codziennie. Owoce w całodziennym pożywieniu występowały u 25,9% studentek z niedowagą, 16,4% o prawidłowej masie i 22,2% z nadwagą.

Tabela II. Częstość spożycia źródeł błonnika przez kobiety o różnym poziomie wskaźnika BMI

Table II. Frequency of consumption of dietary fibre sources by female students with different levels of BMI

Częstość spożycia BMI (kg/m ²)	Rzadziej niż raz na tydzień		Mniej więcej raz na tydzień		2-3 razy na tydzień		4-6 razy na tydzień		Codziennie						
	<18,5	18,5-24,9	<18,5	18,5-24,9	<18,5	18,5-24,9	<18,5	18,5-24,9	<18,5	18,5-24,9					
% grupy															
Sok owocowy	7,4	10,3	11,1	37,0	30,3	38,9	40,7	33,3	27,8	11,1	19,4	16,7	3,7	6,7	5,6
Owoce (nie wliczając soków owocowych)	7,4	2,4	5,6	22,2	18,2	11,1	33,3	43,0	38,9	11,1	20,0	22,2	25,9	16,4	22,2
Surówki	11,1	12,7	5,6	22,2	30,9	33,3	44,4	43,6	38,9	18,5	9,7	16,7	3,7	3,0	5,6
Ziemiaki	7,4	17,6	44,4	18,5	19,4	11,1	44,4	44,2	22,2	22,2	15,8	16,7	7,4	3,6	5,6
Rośliny strączkowe	66,7	64,2	72,2	29,6	30,3	27,8	3,7	4,8	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Inne warzywa	0,0	4,8	0,0	14,8	19,4	5,6	44,4	42,4	33,3	22,2	19,4	38,9	18,5	13,9	22,2
Wysokobłonnikowe zboża lub otręby	48,1	29,7	11,1	22,2	33,3	27,8	18,5	18,2	44,4	7,4	9,7	16,7	3,7	9,1	0,0
Ciemne pieczywo pszenne i żytnie	29,6	23,6	11,1	22,2	18,8	16,7	22,2	20,0	33,3	11,1	14,5	11,1	14,8	23,0	27,8
Jasne pieczywo, herbatniki, bułeczki maślane	18,5	12,7	27,8	7,4	19,4	22,2	22,2	26,7	22,2	25,9	17,0	16,7	25,9	24,2	11,1

Badania dotyczące oceny częstotliwości spożywania owoców i warzyw wśród studentów prowadził Czaja i współpracownicy (14). Z badań tych autorów wynika, że większość studentek Politechniki Gdańskiej (ponad 20%) spożywała dwie porcje warzyw każdego dnia lub spożywała warzywa nieregularnie. Największa grupa studentek Politechniki Gdańskiej (30%) deklarowała nieregularne spożywanie owoców oraz, że spożywała je dwa razy w ciągu dnia (ponad 25%). Większe spożycie owoców i warzyw deklarowały studentki Akademii Medycznej w Gdańsku, bowiem najwięcej respondentek (40%) spożywała dwie porcje warzyw dziennie i blisko 30% dwie porcje owoców każdego dnia. Wyniki te dowodzą, że studentki gdańskich uczelni spożywały więcej owoców i warzyw w porównaniu ze studentkami Uniwersytetu Rzeszowskiego.

Niewielki odsetek studentek, niezależnie od wartości wskaźnika BMI, deklarował codzienne spożycie ziemniaków, surówek i soków owocowych. Wśród ankietowanych nie było studentek które codziennie spożywały wysokobłonnikowe zboża i otręby, natomiast 9,1% studentek o prawidłowej masie i 3,7% z niedowagą codziennie spożywało te produkty.

Badania dotyczące sposobu odżywiania studentów Uniwersytetu Medycznego w Lublinie prowadzili Szponar i Krzyszycha (6). Analiza wyników tych badań wskazywała, że 39,8% studentek codziennie spożywało warzywa i 28,4% studentek codziennie spożywało owoce.

Częste spożywanie (4–6 razy na tydzień) warzyw stwierdzono u 22,2% studentek z niedowagą, 19,4% z prawidłową masą i 38,9% u studentek z nadwagą. Pieczywo jasne 4–6 razy w tygodniu spożywało 25,9% respondentek z niedowagą, 25,9% z prawidłową masą ciała i 17,0% z nadwagą. Ziemniaki były spożywane 4–6 razy w tygodniu przez 22,2% studentek z niedowagą 15,8% z prawidłową masą ciała i 16,7% z nadwagą. Surówki 4–6 razy w tygodniu spożywało 18,5% studentek z niedowagą, 9,7% z prawidłową masą ciała i 16,7% z nadwagą. Soki owocowe 4–6 razy na tydzień piło 11,1% studentek z niedowagą, 19,4% z prawidłową masą ciała i 16,7% z nadwagą. W badaniach Szczepańskiej i współpracownicy (9) także stwierdzono, że duża liczba studentek spożywała owoce, soki owocowe, pieczywo jasne, ziemniaki i warzywa 4 i więcej razy w tygodniu.

Ważnym źródłem błonnika są surówki, które 2–3 razy w tygodniu spożywało 44,4% studentek z niedowagą, 43,6% studentek z prawidłową masą ciała i 38,9% z nadwagą oraz inne warzywa, które spożywało odpowiednio 44,4%, 42,4 i 33,3% studentek. Równie liczna grupa respondentek deklarowała spożycie ziemniaków 2–3 razy w tygodniu (44,4%, 44,2, 22,2% odpowiednio z niedowagą, prawidłową masą ciała i nadwagą), natomiast spożycie soków owocowych deklarowało 40,7%, 33,3% i 27,8% studentek charakteryzujących się odpowiednio niedowagą, prawidłową masą ciała i otyłością. W badaniach Szczepańskiej i współpracownicy (5) spożywanie 2-3 razy w tygodniu soków owocowych deklarowało 65% studentów, ziemniaków 64%, surówek 57% i innych warzyw 54%. Spożycie pieczywa, zarówno jasnego jak i ciemnego, jako źródła błonnika pokarmowego miało również duże znaczenie w diecie badanych studentek. Spożycie pieczywa ciemnego 2–3 razy w tygodniu deklarowało 22,2%, 20,0% i 33,3% studentek, a pieczywa jasnego 22,2%, 26,7%, 22,2% studentek odpowiednio z niedowagą, o prawidłowej masie ciała i z nadwagą.

Znaczna część respondentek, 37,0%, 30,3% i 38,9% (odpowiednio z niedowagą, prawidłową masą ciała i nadwagą), deklarowała spożycie soków owocowych mniej więcej raz na tydzień. Na podstawie wyników badań stwierdzono, że dużo studentek odpowiednio z niedowagą, nadwagą i otyłością, tylko raz w tygodniu spożywała pieczywo jasne (7,4%, 19,9%, 22,2%), pieczywo ciemne (22,2%, 18,8%, 16,7%), surówki (22,2%, 30,9%, 33,3%) i owoce (22,2%, 18,2%, 11,1%). Pozytywnym zachowaniem żywieniowym jest spożywanie raz w tygodniu potraw z roślin strączkowych, co deklarowało 29,6% respondentek o BMI < 18,5 kg/m², 30,3% o BMI 18,5–24,9 kg/m² i 27,8% o BMI > 24,9 kg/m².

Duży odsetek badanych studentek odpowiednio z niedowagą, prawidłową masą ciała i nadwagą rzadziej niż raz w tygodniu deklarowało spożycie potraw z nasion roślin strączkowych (66,7%, 64,2%, 72,2%), wysokobłonnikowych zbóż i otrąb (41,8%, 29,7%, 11,1%), pieczywa jasnego (18,5%, 12,7%, 27,8%) i pieczywa ciemnego (29,6%, 23,6%, 11,1%).

W badaniu częstości spożycia wybranych źródeł błonnika w całodziennych racjach pokarmowych kobiet nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie pomiędzy grupami o różnym poziomie wskaźnika BMI. Ograniczeniem niniejszej pracy mogła być liczebność próby oraz dysproporcje w liczebności grup co mogło wpłynąć na osłabienie zależności pomiędzy zmiennymi. Dla szerszego opisu zjawiska konieczne byłoby prowadzenie dalszych badań z wykorzystaniem metod ilościowej oceny spożycia produktów stanowiących źródło błonnika, określenie wartości energetycznej całodzienniej racji pokarmowej i poziomu aktywności fizycznej.

Z badań nad zawartością w pożywieniu błonnika pokarmowego w Polsce wynika, że w grupie osób dorosłych spożycie tego składnika waha się u kobiet od 19,4 do 20,0 g/osobę/dobę. Do grupy ludzi o najwyższym spożyciu błonnika pokarmowego należą w Polsce wegetarianie (12). Jak podaje *Traczyk i Ziemiański* (16) spożycie błonnika pokarmowego u wegetarian wynosiło średnio 60 g/osobę/dzień. Nowelizacja norm żywieniowych dla populacji polskiej przedstawia wystarczające spożycie (AI) dla mężczyzn i kobiet w wieku 19–65 lat na poziomie 25 g/dobę (17).

WNIOSKI

1. W badanej grupie stwierdzono niewystarczające spożycie błonnika w całodzienniej racji pokarmowej (20–29 pkt.), a całodziennie racje pokarmowe większości osób były ubogie w błonnik (< 20 pkt.).

2. W badaniu nie stwierdzono zależności pomiędzy wskaźnikiem BMI a częstością spożycia produktów stanowiących źródło błonnika.

3. Wyniki badań wskazują na potrzebę edukacji żywieniowej studentek w zakresie częstości spożywania produktów bogatych w błonnik pokarmowy i jego prozdrowotny wpływ na organizm człowieka. Stwierdzono także potrzebę dalszego badania sposobu odżywiania się studiujących kobiet.

E. Głodek, M. Gil

ASSESSMENT OF FREQUENCY OF INTAKE OF SELECTED SOURCES
OF DIETARY FIBRE AMONG FEMALE STUDENTS OF RZESZOW UNIVERSITY

Summary

The paper analysed the frequency of consumption of selected dietary fibre sources by 120 students aged 21-22 with varying levels of BMI. The study was conducted in 2011-2012 at the Faculty of Food Technology and Human Nutrition of the Rzeszow University. Block food frequency questionnaire was used to assess the frequency of intake of selected sources of dietary fibre. In order to determine the frequency of intake fruits, fruit juices, salads, potatoes, legumes, white bread, wholemeal bread and other cereal products, a 5-score scale (less than once a week - 0 score, roughly once a week - 1 score, 2-3 times a week - 2 scores, 4-6 times a week - 3 scores, every day - 4 scores) was used.

It was found that none of the students had an adequate intake of dietary fibre, while diets of most subjects were fibre-deficient. White or wholemeal bread, fruits and vegetables were the major sources of dietary fibre in the majority of the female students.

PIŚMIENNICTWO

1. *Wojciechowska A., Gil Z.*: Jakość pieczywa pszennego z udziałem błonnika pokarmowego różnego pochodzenia. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009; 6(67): 102-111. – 2. *Hamulka J., Wawrzyniak A., Sosińska S.*: Ocena spożycia błonnika pokarmowego oraz jego frakcji w gospodarstwach domowych w Polsce w latach 1996–2005. *Roczn. PZH*, 2008; 59(2): 211-221. – 3. *Kozłowska L.*: Rola błonnika pokarmowego w utrzymaniu prawidłowej pracy jelit. *Żywność dla zdrowia*, 2010; 13: 23-27. – 4. *Waśkiewicz A.*: Ocena sposobu żywienia mieszkańców prawobrzeżnej Warszawy w aspekcie ryzyka chorób układu krążenia w okresie 8 lat (1993–2001). *Now. Lek.*, 2003; 72(5): 366-370. – 5. *Szczepańska J., Wądołowska L., Słowińska M. A., Niedźwiedzka E., Biegańska J.*: Ocena częstości spożycia wybranych źródeł błonnika pokarmowego oraz ich związku z masą ciała studentów. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2010; (43)3: 382-390. – 6. *Szponar B., Krzyszczka R.*: Ocena sposobu odżywiania studentów Uniwersytetu Medycznego w Lublinie w roku akademickim 2007–2008. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2009; (42)2: 111-116. – 7. *Block G.*: A review of validations of dietary assessment methods. *Am. J. Epidemiol.*, 1982; 115: 492-505. – 8. *Roszkowski W.*: Podstawy nauki o żywieniu człowieka (praca zbiorowa). SGGW, Warszawa 2005. – 9. *Szczepańska J., Wądołowska L., Słowińska M. A., Niedźwiedzka E., Biegańska J.*: Badanie wpływu częstości spożycia wybranych źródeł błonnika na skład ciała studentek, *Probl. Hig. Epidemiol.*, 2011; 92(1): 103-109. – 10. *Kardjalik K., Bryła M., Maniecka-Bryła I.*: Zachowania zdrowotne związane z odżywianiem oraz występowanie nadwagi i otyłości w grupie studentów. *Probl. Hig. Epidemiol.* 2012; 93(1): 71-79.

11. *Socha K., Borawska M.H., Markiewicz R., Charkiewicz W.J.*: Ocena sposobu odżywiania studentek Wyższej Szkoły Kosmetologii i Ochrony Zdrowia w Białymstoku. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2009; (42)3: 704-708. – 12. *Harton A., Myszowska-Ryciak J.*: Ocena sposobu żywienia studentek Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2009; (42)3: 610-614. – 13. *Przyławska J., Stelmach M., Grygiel-Górniak B., Dubec A.*: Ocena sposobu żywienia grupy młodzieży studiującej ze szczególnym uwzględnieniem poziomu spożycia fitosteroli – badania wstępne. *Now. Lek.* 2008; 77(4): 299-304. – 14. *Czaja J., Rypina M., Lebedzińska A.*: Ocena częstotliwości spożycia warzyw i owoców wśród studentów trójmiejskich uczelni. *Roczn. PZH* 2009; 60(1): 35-38. – 15. *Kunachowicz A., Paczkowska M.*: Włókno pokarmowe (błonnik pokarmowy). W: *Normy żywienia człowieka. Podstawy prewencji otyłości i chorób zakaźnych*. *M. Jarosz, B. Bulhak-Jachymczyk*, Warszawa Wydawnictwo Lekarskie PZWL 2008. – 16. *Traczyk I., Ziemiański Ś.*: Porównanie wartości odżywczej racji pokarmowych vegetarian i osób żywiących się tradycyjnie. *Żyw. Człow. Metab.* 2000; 27(1): 55-69. – 17. *Jarosz M.*: Normy żywienia dla populacji polskiej – nowelizacja. POLHEALTH. Instytut Żywności i Żywienia, 2012.

Agnieszka Szczodrowska, Wiesława Krysiak¹⁾

OCENA CZĘSTOŚCI SPOŻYCIA
WYBRANYCH PRODUKTÓW I POTRAW
ORAZ POZIOMU WIEDZY NA TEMAT ZDROWEGO ODŻYWIANIA
WŚRÓD STUDENTÓW ŁÓDZKICH SZKÓŁ WYŻSZYCH

Zespół Analityki Żywności i Środowiska, Instytut Podstaw Chemii Żywności,
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej
Kierownik: dr hab. inż. *J. Leszczyńska*

¹⁾ Zakład Technologii Skrobi i Cukiernictwa, Instytut Chemicznej Technologii Żywności,
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej
Kierownik: prof. dr hab. inż. *E. Nebesny*

Celem pracy było podjęcie próby oceny częstości spożycia niektórych produktów i potraw, a także dokonanie oceny wiedzy żywieniowej studentów łódzkich szkół wyższych studiujących kierunki o profilu związanym i niezwiązanym z żywnością i żywieniem człowieka.

Słowa kluczowe: studenci, wiedza żywieniowa, częstość spożywania posiłków.
Key words: students, nutritional knowledge, frequency of eating meals.

Stan zdrowia człowieka jest kształtowany przede wszystkim przez sposób żywienia, a także aktywność fizyczną (1). Nieprawidłowości w odżywianiu są uznawane za niezmiernie istotny czynnik niesprzyjający zdrowiu (2, 3, 4). W licznych badaniach udowodniono ścisły związek pomiędzy stanem zdrowia człowieka dorosłego, a stanem odżywienia w dzieciństwie – w okresie przed dojrzewaniem kształtują się zachowania żywieniowe (5, 6).

Na uwagę zasługuje fakt, iż wykształcone wzorce odżywiania z wczesnych lat życia mogą ulegać pogłębieniu podczas studiów (7). Ponadto, charakter studiowania może sprzyjać nieprawidłowym nawykom żywieniowym przez utrwalenie nabytych we wcześniejszych okresach życia błędów żywieniowych, które mogą wystąpić w wyniku, np. zróżnicowanych czynników socjalno-bytowych (8, 9).

Celem pracy było podjęcie próby oceny częstości spożycia wybranych produktów i potraw, a także dokonanie oceny wiedzy żywieniowej studentów łódzkich uczelni z kierunków o profilu związanym z żywnością i żywieniem człowieka: Technologia Żywności i Żywienie Człowieka (Politechnika Łódzka), Dietetyka (Uniwersytet Medyczny w Łodzi), a także kierunków o profilu odmiennym: Logistyka (Społeczna Akademia Nauk w Łodzi) i Administracja (Uniwersytet Łódzki).

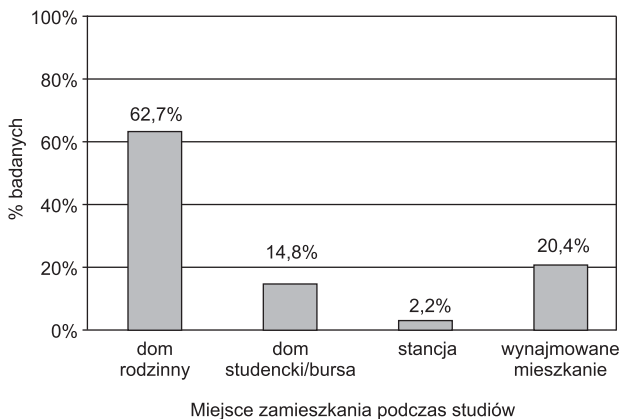
MATERIAŁ I METODY

W badaniu uczestniczyło 555 studentów z największych łódzkich uczelni, tj.: Politechniki Łódzkiej, Uniwersytetu Łódzkiego, Uniwersytetu Medycznego w Łodzi oraz Społecznej Akademii Nauk w Łodzi w wieku 19–26 lat (383 kobiety – 69% i 172 mężczyzn – 31%). Łącznie przebadano 218 osób studiujących kierunki o profilu związanym z naukami o żywności i żywieniu człowieka. Badania przeprowadzono w roku akademickim 2011/2012, metodą sondażu diagnostycznego w oparciu o autorski kwestionariusz ankiety. Wartość energetyczna całodziennych racji pokarmowych spożywanych przez badanych respondentów studiujących kierunki związane i niezwiązane z naukami o żywności i żywieniu człowieka, została oszacowana przy wykorzystaniu Tabel Wartości Odżywczej Produktów Spożywczych i Potraw. W pracy analizowano następujące aspekty: częstość spożywania produktów i potraw, źródła zdobywania wiedzy na temat zdrowego odżywiania.

Wyniki zostały opracowane statystycznie z wykorzystaniem pakietu statystycznego Statistica 10.0 PL firmy StatSoft oraz arkusza kalkulacyjnego Excel 2003. W analizie danych został wykorzystany test U Manna-Whitney'a, przyjmując poziom istotności $p \leq 0,05$.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Deklarowane miejsca zamieszkania studentów podczas studiów przedstawia ryc. 1. Z kolei w tab. I zostały ujęte kwoty przeznaczane na jedzenie przez studentów w ciągu miesiąca.



Ryc. 1. Deklarowane miejsca zamieszkania podczas studiów .

Fig. 1. Declared place of residence while studying .

Analizując warunki socjalno-bytowe ankietowanych studentów stwierdzono, że największy odsetek studentów wskazywał dom rodzinny jako miejsce zamieszkania podczas studiów (62,7%). Pozostali studenci wynajmowali mieszkania (20,4%),

mieszkali w domu studenckim (14,8%) lub na stacji (2,2%). Tym samym, zadając pytanie respondentom o strukturę wydatków związaną z wyżywieniem, uzyskano odpowiedzi znajdujące odzwierciedlenie w poprzednich wynikach, tj. większość (62,2%) studentów wydaje na żywność do 300 zł miesięcznie, co może być spowodowane faktem, iż w związku z zamieszkiwaniem w domu rodzinnym, nie ponoszą tak dużych kosztów jak inni studenci. W przypadku studentów z kierunków związanych i niezwiązanych z naukami o żywności i żywieniu człowieka zauważono, że największy odsetek studentów deklaruje kupowanie produktów za kwoty między 200 zł, a 300 zł. Ponadto stwierdzono, że prawie co 5 student – 19,6% badanych studentów, zadeklarował wydatek powyżej 400 zł, podczas gdy jedynie 18,2% – przeznacza na żywność niższą kwotę (300–400 zł).

Tab e l a I. Kwota przeznaczana na jedzenie w ciągu miesiąca

Table I. Amount of money spent on food during one month

Łączna kwota przeznaczana na żywność (zł)	Studenci z kierunków związanych z naukami o żywności (%)	Studenci z kierunków niezwiązanych z naukami o żywności (%)	Studenci ogółem (%)
poniżej 200	5,1	19,1	23,6
201–300	14,6	23,2	38,6
301–400	9,9	8,5	18,2
powyżej 400	9,7	9,9	19,6

Częstość spożywania poszczególnych grup produktów przez studentów była bardzo zróżnicowana (tab. II). Należy wspomnieć, że do podstawy piramidy prawidłowego odżywiania włączono aktywność fizyczną oraz kontrolę masy ciała (wskaźnik BMI), które są nieodzownymi elementami łączącymi się ze zdrowiem. Wśród studentów studiujących kierunki związane i niezwiązane z naukami o żywności i o żywieniu człowieka stwierdzono niski poziom aktywności fizycznej (10). Zgodnie z najnowszymi zasadami piramidy zdrowego żywienia wg *Waltera C. Willetta*, na poziomie II znajdują się produkty zbożowe, które powinny być spożywane 5 razy dziennie oraz tłuszcze i oleje. Ponad 50% studentów deklarowało codzienne spożywanie ww. produktów. Na kolejnym miejscu znalazły się owoce i warzywa. Większy (ponad 70%) odsetek studentów deklarował codzienne i prawie codzienne spożywanie owoców, niż warzyw i to zarówno w postaci surowej, jak i gotowanej (1–4 razy w tygodniu – odpowiednio: 67,9% i 68,7%). Dane literaturowe (11) wskazują, że studentki z Grodna (804 studentki z różnych wydziałów Uniwersytetu Grodzieńskiego) deklarowały jedynie 2–3 razy w tygodniu spożywanie owoców i warzyw, a studentki z Krakowa (246 studentek z Wydziału Lekarskiego CMU w Krakowie): 4–6 razy w tygodniu. Niepokojące są również wyniki badań *Przybulewskiej i Jandy* (12), które stwierdziły, że jedynie co druga osoba studiująca spożywa codziennie owoce i warzywa oraz mleko i jego przetwory – większość osób deklarowało spożywanie 1 raz w tygodniu produktów z ww. grupy.

Tabela II. Deklarowana częstość spożywania poszczególnych grup produktów

Table II. Declared frequency of consumption of particular food groups

Grupa produktów	Codziennie		3–4×/tydzień		1–2×/tydzień		1–2×/miesiąc		Rzadziej lub wcale	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Owoce	255	45,9	145	26,1	117	21,1	27	4,9	11	2,0
Warzywa surowe	68	12,3	251	45,2	126	22,7	78	14,1	32	5,8
Warzywa gotowane	75	13,5	189	34,1	192	34,6	64	11,5	35	6,3
Produkty mleczne	270	48,6	141	25,4	108	19,5	13	2,3	23	4,1
Produkty zbożowe	302	54,4	145	26,1	65	11,7	28	5,0	15	2,7
Produkty mięsne	250	45,0	212	38,2	68	12,3	17	3,1	8	1,4
Ryby i przetwory	57	10,3	77	13,9	229	41,3	151	27,2	41	7,4
Potrawy o dużej zawartości soli	27	4,9	112	20,2	123	22,2	201	36,2	92	16,6
Potrawy ziemniaczane (frytki, chipsy, puree, itp.)	42	7,6	128	23,1	148	26,7	160	28,8	77	13,9
Fast food (pizza, zapiekanki, hot dog, itp.)	18	3,2%	56	10,1	137	24,7	237	42,7	107	19,3
Słodycze	116	20,9	124	22,3	184	33,2	103	18,6	28	5,0
Napoje	530	95,5	25	4,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0

Ryby i przetwory rybne poprzez dostarczenie do organizmu człowieka niezbędnych kwasów omega-3 i omega-6, powinny być spożywane prawie codziennie. Niestety blisko 70% studentów deklarowała, że spożywa tylko kilka razy w miesiącu przetwory rybne. Następną grupą produktów, które powinny być spożywane przynajmniej 1–2 razy dziennie są produkty mleczne, dostarczające wapń. Uzyskane wyniki wykazały, że blisko 75% respondentów spożywa produkty z asortymentu nabiałowego codziennie i prawie codziennie. W badaniach *Kolarzyk* i współprac. (11) stwierdzono niewystarczające spożycie mleka oraz serów twarogowych wśród studentek z Grodna i Krakowa. Na szczycie piramidy wg *Willett'a* znajdują się najbardziej „zakazane” potrawy i produkty, które w diecie studentów są rzeczywiście ograniczane i rzadko spożywane. Należą do nich: potrawy o dużej zawartości soli (ponad połowa studentów spożywa je kilka razy w miesiącu), potrawy ziemniaczane (1–2 razy w miesiącu deklaruje spożywanie blisko 29% ankietowanych studentów), potrawy typu fast food (1–2 razy w miesiącu spożywa 42,7% studentów). W badaniach *Szczerbiński* i współprac. (13) wykazali, że 65% studentów turystyki i rekreacji Wyższej Szkoły Wychowania Fizycznego i Turystyki spożywało produkty typu fast food kilka razy w miesiącu. Z kolei w przypadku słodyczy zauważamy niepokojący wynik: blisko 75% studentów deklaruje codzienne i prawie codzienne spożywanie tego typu żywności, co jest bardzo niekorzystnym zachowaniem żywieniowym. Z kolei *Kolarzyk*

i współpr. (11) w swoich badaniach stwierdzili, że studentki z Krakowa i Grodna deklarują spożycie słodczy 1 raz w tygodniu.

Tabela III. Wybrane zachowania żywieniowe w zależności od płci

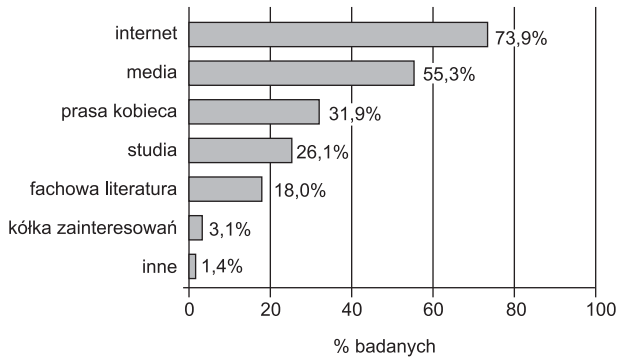
Table III. Selected consumption behaviors vs. gender

Badany parametr	Kobieta (mediana \pm SQ)	Mężczyzna (mediana \pm SQ)
Łączna wartość energetyczna spożywanych posiłków (kcal)	2000 \pm 500 ^A	2500 \pm 500 ^A
Kwota przeznaczana na jedzenie (zł)	300 \pm 75	300 \pm 100
Jak często przyjmowane posiłki? (h)	3 \pm 0,5	3 \pm 0,5
I śniadanie (min.)	10 \pm 5	10 \pm 2,5
II śniadanie (min.)	10 \pm 2,5	5 \pm 5
Obiad (min.)	20 \pm 7,5	20 \pm 2,5
Podwieczorek (min.)	10 \pm 2,5	10 \pm 5
Kolacja (min.)	10 \pm 2,5 ^B	15 \pm 5 ^B
Pojadanie (min.)	10 \pm 2,5 ^C	15 \pm 7,5 ^C
Ilość wypijanych napojów (dm ³ /doba)	2 \pm 0,25 ^D	2 \pm 0,25 ^D

A, B, C, D – różnice istotne statystycznie $p \leq 0,05$

Biorąc pod uwagę dane zgromadzone w tab. III stwierdzono, iż statystycznie istotnymi parametrami są: łączna wartość energetyczna całodziennych racji pokarmowych, czas poświęcany na spożycie kolacji i pojadania, a także ilości wypijanych napojów. Zauważyc można, że kobiety dziennie spożywają racje pokarmowe o znacznie mniejszej wartości energetycznej (2000 \pm 500 kcal), niż mężczyźni (2500 \pm 500 kcal), co wynika z mniejszego dziennego zapotrzebowania energetycznego płci żeńskiej. Ponadto, kobiety poświęcają mniej czasu na spożycie kolacji i pojadanie (co może wiązać się z faktem, że spożywają produkty typu instant, produkty mało przetworzone lub w mniejszej ilości). W przypadku I śniadania, II śniadania, obiadu i podwieczorku zauważono, że studentki i studenci przeznaczają podobny czas na spożycie tych posiłków (odpowiednio: 10 min., 5–10 min., 20 min., 10 min.). W odniesieniu do ilości wypijanych napojów, zauważono, że mężczyźni wypijają porównywalną ilość płynów co kobiety.

Studenci w ankiecie wskazywali jako źródła zdobywania wiedzy żywieniowej środki masowego przekazu, tj. najczęściej podawali Internet (blisko 75%). Ponadto, dużą popularnością cieszyły się media – w tym telewizja, prasa codzienna (55,3%) oraz prasa kobieca (31,9%) (ryc. 2). Należy zwrócić uwagę na fakt, że ¼ studentów podkreśliła, że to właśnie w trakcie studiów zdobywają niezbędną wiedzę żywieniową, co sugeruje, że programy kształcenia powinny zdecydowanie być oparte na przekazywaniu podstawowej wiedzy żywieniowej studentom oraz przedmioty o charakterze związanym z żywnością i żywieniem człowieka powinny obowiązkowo znaleźć się w programie studiów. Także *Kollajtis-Dołowy* i *Boniecka* (14) w swoich badaniach zwróciły uwagę na fakt, że zachowania żywieniowe studentek, uczących się przedmiotów związanych z żywieniem człowieka, były istotnie częściej zgodne



Ryc. 2. Źródła zdobywania wiedzy żywieniowej.

Fig. 2. Sources of knowledge on nutrition.

z zaleceniami żywieniowymi, w porównaniu z grupą studentek, które nie miały przedmiotu związanego z tematyką żywienia człowieka. Podobne wnioski prezentują *Szczęsna* i współpr. (15), którzy stwierdzili, iż różnice w spożyciu owoców i warzyw oraz produktów typu fast food występujące wśród studentów kierunków związanych i niezwiązanych z naukami o żywieniu człowieka mogą być spowodowane zastosowaniem zdobytej wiedzy w codziennym życiu przez „żywieniowców”.

WNIOSKI

1. Stwierdzono, że studenci łódzkich szkół wyższych nie przejawiają prawidłowych nawyków żywieniowych.
2. Czynnikiem wpływającym na sposób odżywiania studentów są warunki socjalno-bytowe.
3. Badana grupa studentów charakteryzowała się zróżnicowanymi preferencjami żywieniowymi.
4. Studenci najczęściej zdobywali wiedzę na temat zdrowego odżywiania ze środków masowego przekazu, m. in. Internetu, mediów i prasy kobiecej.

A. Szczodrowska, W. Krysiak

ASSESSMENT OF THE FREQUENCY OF INTAKE OF SELECTED FOOD PRODUCTS AND DISHES AND THE LEVEL OF FOOD CONSUMPTION CONSCIOUSNESS AMONG STUDENTS OF LODZ UNIVERSITIES

Summary

The aim of the reported study was to evaluate frequency of intake of selected food products and to analyse food consumption consciousness among students of Lodz universities. In total, 555 students aged 19-26 years of major Lodz universities (Lodz University of Technology, University of Lodz, Medical University of Lodz and “Społeczna Akademia Nauk”) took part in the study. Questionnaire surveys were conducted in 2011/20122 academic year. The results showed that students of faculties dealing with

food and nutrition profiles were aware of healthy diets and were more likely to incorporate the principles of healthy nutrition into their everyday dietary practice. Moreover, it was proved that social and living conditions were likely to affect the dietary habits.

PIŚMIENNICTWO

1. *Bieżanowska-Kopeć R., Stańczyk A., Kopeć A., Leszczyńska T.*: Częstość spożycia wybranych produktów bogatych w przeciwutleniacze przez studentów wyższych uczelni województwa mazowieckiego, *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2012; 45(3): 1082-1086. – 2. *Marcysiak M., Ciosek A., Żywica M., Prządak E., Banasiewicz D., Marcysiak M., Zagroba M., Ostrowska B., Skotnicka-Klonowicz G.*: Zachowania żywieniowe i aktywność fizyczna uczniów klas sportowych i ogólnych w Ustrzykach Dolnych. *Problemy Pielęgniarstwa*, 2009; 17(3): 216-222. – 3. *Woźniewicz M., Jeszka J., Sadowska K., Bajerska J.*: Frequency of consumption of products and foods - sources of vitamin D and calcium-among secondary school students. *EJPAU*, 2009; 12: 4, #24. – 4. *Bajerska J., Woźniewicz M., Jeszka J., Wierzejska E.*: Frequency of energy drinks intake vs. physical activity and incidence of overweight and obesity among high school students. *Food. Science. Technology. Quality*. 2009; 4(65): 211-217. – 5. *Bush L. M., Williams R. A.*: Diet and Health: New problems/New solutions. *Food Policy*, 1999; 24: 135-144. – 6. *O'dea J. A.*: Why do kids eat healthful food? Perceived benefits of and barriers to healthful eating and physical activity among children and adolescents. *J. Am. Diet. Assoc.*, 2003; 103(4): 497-501. – 7. *Szczodrowska A., Krysiak W.*: Analiza wybranych zwyczajów żywieniowych studentów łódzkich uczelni, *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2013; 46(2): 186-193. – 8. *Ostrowska A.*: Styl życia a zdrowie. *Z zagadnień promocji zdrowia*. Wyd. IFiS PAN, Warszawa 1999; 180-189. – 9. *Myszkowska-Ryciak J., Kraśniewska A., Harton A., Gajewska D.*: Porównanie wybranych zachowań żywieniowych studentek Akademii Wychowania Fizycznego i Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. *Probl. Hig. Epidemiol.* 2011; 91(4): 931-934. – 10. *Szczodrowska A., Krysiak W.*: Analiza wybranych zwyczajów żywieniowych oraz aktywności fizycznej studentów łódzkich szkół wyższych, *Probl. Hig. Epidemiol.* 2013; 94(3): 518-521.
11. *Kolarzyk E., Szpakow A., Skop A.*: Porównanie częstości spożycia wybranych grup produktów spożywczych przez studentki z Krakowa i Grodna, *Probl. Hig. Epidemiol.*, 2005; 86(1): 36-40. – 12. *Przybulewska K., Janda K.*: Badania ankietowe dotyczące sytuacji bytowej oraz zwyczajów żywieniowych studentów. *Roczn. PZH*, 2004; 55(4): 347-356. – 13. *Szczerbiński R., Karczewski J., Maksymowicz-Jaroszuk J.*: Wybrane zachowania zdrowotne studentów Wyższej Szkoły Wychowania Fizycznego i Turystyki – zachowania żywieniowe. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2011; 44(3): 409-414. – 14. *Kollajtis-Dolowy A., Bontecka I.*: Zachowania prozdrowotne wybranej grupy studentów Akademii Medycznej w Warszawie. *Roczn. PZH*, 2007; 58(1): 273-278. – 15. *Szczęśna T., Wojtala M., Waszkowiak K.*: Wpływ wiedzy żywieniowej, edukacji oraz sytuacji materialnej na preferencje pokarmowe i zachowania żywieniowe studentów akademii rolniczej zamieszkałych w akademiku, *Probl. Hig. Epidemiol.*, 2005; 86(1): 30-33.

Adres: 90-924 Łódź, ul. B. Stefanowskiego 4/10

Joanna Wyka, Dominika Mazurek, Anna Broniecka, Ewa Piotrowska,
Monika Bronkowska, Jadwiga Biernat

STAN ODŻYWIENIA MŁODZIEŻY W WIEKU 13–15 LAT W ASPEKCIE ZAGROŻENIA ZESPOŁEM METABOLICZNYM (ZM)*

Katedra Żywienia Człowieka Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu
Kierownik : dr hab. M. Bronkowska

Do oceny stanu odżywienia 129 dziewcząt i 104 chłopców uczęszczających do szkół gimnazjalnych we Wrocławiu wykorzystano pomiary antropometryczne oraz wybrane wskaźniki biochemiczne krwi. Nadwagę i otyłość zdiagnozowano u 17,9% dziewcząt i 13,5% chłopców. Wysokie stężenie triglicerydów występowało u 14,7% dziewcząt i 21,2% chłopców, natomiast wysokie stężenie cholesterolu frakcji LDL występowało jedynie u 3,1% dziewcząt. U prawie połowy badanych osób zdiagnozowano występowanie przynajmniej jednego czynnika ryzyka zespołu metabolicznego.

Słowa kluczowe: stan odżywienia, młodzież, zespół metaboliczny.
Key words: nutritional status, adolescence, metabolic syndrome.

Stan odżywienia organizmu jest to stan zdrowia wynikający ze zwyczajowego spożycia żywności, wchłaniania i wykorzystywania wchodzących w jej skład składników odżywczych oraz działania czynników fizjologicznych i patologicznych wpływających na te procesy. Zbilansowany sposób żywienia warunkuje dostarczanie odpowiedniej do zapotrzebowania podaży energii i składników odżywczych niezbędnych do prawidłowego rozwoju fizycznego i psychicznego młodzieży (1). Stan odżywienia organizmu jest wypadkową wielu czynników, które możemy podzielić na dwie grupy: czynniki żywieniowe (biodostępność składników pokarmowych z pożywienia, trawienie i wchłanianie składników odżywczych w przewodzie pokarmowym, sposób żywienia i nawyki żywieniowe, a także wiedza żywieniowa) oraz czynniki nieżywieniowe (płeć, wiek, stan fizjologiczny, wzorce kulturowe i religijne, sytuacja społeczno-ekonomiczna i tryb życia). Obecnie znanych jest wiele metod służących ocenie stanu odżywienia organizmu. Można je podzielić na te, w których wykorzystuje się dane o sposobie żywienia i zwyczajach żywieniowych oraz pomiary antropometryczne i badania stężenia wybranych wskaźników biochemicznych krwi (2, 3). Prawidłowo oceniony stan odżywienia pozwala scharakteryzować nadmiary lub niedobory żywieniowe oraz stopień ich nasilenia (4). Ocena stanu odżywienia

* Badania przeprowadzono w ramach grantu KBN nr 312183438 – „Ocena częstości występowania żywieniowych i pozażywieniowych czynników ryzyka zespołu metabolicznego u dziewcząt i chłopców na poziomie różnych etapów okresu dojrzewania”.

organizmu daje możliwość wczesnego wykrycia symptomów związanych z występowaniem zespołu metabolicznego (ZM). Zespół metaboliczny jest terminem określającym współwystępowanie powiązanych ze sobą czynników ryzyka predysponujących do szeregu patologii metabolicznych, w tym chorób sercowo-naczyniowych oraz cukrzycy typu 2 (5). Określone przez zespół badaczy z projektu OLAF kryteria ZM wśród dzieci i młodzieży pozwalają na szybkie zidentyfikowanie poszczególnych schorzeń w chodzących w skład zespołu metabolicznego i efektywne ich leczenie (6, 7, 8, 9).

Celem pracy była ocena stanu odżywienia dziewcząt i chłopców w wieku 13–15 lat uczęszczających do szkół gimnazjalnych miasta Wrocławia w aspekcie częstości występowania składowych zespołu metabolicznego.

MATERIAŁ I METODY

Badania stanu odżywienia zostały przeprowadzone wśród uczniów szkół gimnazjalnych z terenu Wrocławia w okresie od marca do grudnia 2012 r. Badania przeprowadzono w godzinach porannych w czasie lekcji, za zgodą dyrektora i nauczyciela prowadzącego zajęcia. W badaniach wzięli udział uczniowie, którzy spełnili następujące kryteria: wiek, deklarowany dobry stan zdrowia, pisemna zgoda rodziców i ucznia umożliwiająca wykonanie badań wskaźników biochemicznych krwi. Przebadano 233 uczniów, w tym 129 dziewcząt i 104 chłopców. Wyodrębniono trzy grupy wiekowe: 13-latkowie (72 osób), 14-latkowie (107 osób) i 15-latkowie (54 osób). Pomiary antropometryczne obejmowały: masę i wysokość ciała, obwód talii i bioder. Pomiarów masy ciała (z dokładnością do 0,1 kg) oraz wysokości (z dokładnością do 0,1 cm) dokonywano za pomocą wagi lekarskiej ze wzrostomierzem. Na podstawie pomiaru masy ciała i wysokości obliczono wskaźnik wzrostowo-wagowy BMI (kg/m^2). Do pomiarów obwodu talii i bioder wykorzystano taśmę krawiecką. Pomiarów składu ciała dokonano metodą bioimpedancji elektrycznej (BIA) z wykorzystaniem aparatu firmy AKERN Srl. W klasyfikacji badanych gimnazjalistów przyjęto, zgodnie z instrukcją do urządzenia, wartości graniczne określające nadmierną tkankę tłuszczową w organizmie dla dziewcząt powyżej 20%, a dla chłopców powyżej 18%. Pomiar ciśnienia tętniczego krwi wykonano u każdego nastolatka jednokrotnie metodą odsłuchową Korotkowa z manometrem i stetoskopem na tętnicy ramieniowej. Badania biochemiczne krwi obejmowały pomiar stężenia: cholesterolu całkowitego, cholesterolu frakcji HDL, cholesterolu frakcji LDL, triglicerydów, glukozy oraz żelaza we krwi. Oznaczenie stężenia cholesterolu całkowitego (TC), triglicerydów (TG) oraz glukozy wykonano metodą enzymatyczną z wykorzystaniem spektrofotometru. Oznaczenie stężenia cholesterolu frakcji HDL wykonano metodą enzymatyczną po uprzednim zastosowaniu czynnika wytrącającego, natomiast stężenie cholesterolu frakcji LDL obliczono wg wzoru Friedewalda $\text{LDL} = \text{TC} - \text{HDL} - \text{TG}/5$. Oznaczenie stężenia żelaza wykonano metodą spektrofotometryczną po reakcji jonów żelaza z chromogenem w obecności reduktorów z wytworzeniem barwnych kompleksów. Próbkę krwi zostały pobrane i wszystkie wskaźniki zostały oznaczone przez pracowników specjalistycznego laboratorium medycznego. Wyniki badań oceniono w aspekcie częstości występowania składowych zespołu metabolicznego wśród

badanej młodzieży. Testem χ^2 na poziomie istotności $p < 0,05$ badano różnice istotne statystycznie między chłopcami i dziewczętami.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Wyniki pomiarów antropometrycznych i biochemicznych zostały ocenione za pomocą kryteriów diagnostycznych zespołu metabolicznego u dzieci i młodzieży wg projektu OLAF (tab.I).

W badanej grupie mediana wysokości ciała wynosiła dla dziewcząt 1,63 m, dla chłopców 1,66 m. U większości osób w badanej grupie wysokość ciała mieściła się w zakresie normy (5 i 95 pc).

Mediana masy ciała w badanej grupie wynosiła 54 kg (dla dziewcząt 52,5 kg, dla chłopców 57 kg). Prawidłową masą ciała (między 5 i 85 pc) charakteryzowało się 83,2% dziewcząt i 82,6% chłopców. Niedoborowa masa ciała (poniżej 5 pc) występowała wśród 1,4% dziewcząt i 2,9% chłopców. Nadmierna masa ciała (powyżej 85 pc) występowała u 11,6% dziewcząt (głównie u 14-latek) i 12,5% chłopców (głównie u 13-latków). Masę ciała powyżej 95 pc stwierdzono u 3,7% dziewcząt (głównie u 14-latek) i 1,9% chłopców (jedynie u 14-latków).

Tab e l a I. Kryteria diagnostyczne zespołu metabolicznego u młodzieży 13–15 lat, wg projektu OLAF

Tab l e I. Diagnostic criteria of metabolic syndrome among adolescents aged 13-15, according to OLAF

Kryterium	Punkt odcięcia
Obwód talii (otyłość centralna)	> 95 pc dziewczeta 13 lat > 78 cm dziewczeta 14 lat > 79 cm dziewczeta 15 lat > 80 cm chłopcy 13 lat > 83 cm chłopcy 14 lat > 85 cm chłopcy 15 lat > 87 cm
Triglicerydy	130 mg/dl
Cholesterol HDL	< 35 mg/dl
CTK skurczowe i CTK rozkurczowe	CTK _{skur} > 95 pc dziewczeta 13 lat > 129 mmHg dziewczeta 14 lat > 130 mmHg dziewczeta 15 lat > 131 mmHg chłopcy 13 lat > 127 mmHg chłopcy 14 lat > 131 mmHg chłopcy 15 lat > 135 mmHg CTK _{rozk} > 95 pc dziewczeta 13 lat > 76 mmHg dziewczeta 14 lat > 77 mmHg dziewczeta 15 lat > 77 mmHg chłopcy 13 lat > 75 mmHg chłopcy 14 lat > 76 mmHg chłopcy 15 lat > 77 mmHg
Glikemia na czczo	> 100 mg/dl

CKT – ciśnienie tętnicze krwi

Na podstawie pomiarów masy ciała i wysokości obliczono wskaźnik masy ciała BMI. Mediana wskaźnika BMI wynosiła w badanej grupie dziewcząt 20,2 kg/m², u chłopców 19,9 kg/m². Prawidłową wartość wskaźnika BMI (między 10 a 85 pc) wykazano u 78,2% dziewcząt i 84,6% chłopców. Niedożywienie (poniżej 10 pc) występowało u 3,9% dziewcząt (głównie u 14-latek) i 1,9% chłopców. Nadwagę (między 85 a 95 pc) zdiagnozowano u 12,4% dziewcząt i 9,6% chłopców. W obu przypadkach głównie u 14-latków. Otyłość (powyżej 95 pc) występowała u 5,5% dziewcząt (głównie u 14-latek) i 3,9% chłopców (14-latków i 15-latków).

W latach 2005–2006 *Oblacińska* i współpr. (10) przeprowadzili badania oceniające częstość występowania nadwagi i otyłości wśród polskich gimnazjalistów w ramach projektu badawczego Fundacji Badawczej Nutricia. Przebadano 8067 dziewcząt i chłopców w wieku 13–15 lat. Nadwagę i otyłość diagnozowano na podstawie wskaźnika masy ciała BMI oraz siatek centylowych. Wykazano występowanie nadwagi u 14,9% dziewcząt i 11,6% chłopców. Otyłość występowała u 5,7% dziewcząt i 3,3% chłopców. Podobnie jak w badaniach własnych, nadwaga i otyłość częściej występowała wśród dziewcząt oraz wśród 14-latków.

Wolnicka i współpr. (11) przeprowadzili badania wśród młodzieży gimnazjów w Radomsku. Przebadano 658 uczniów (315 dziewcząt i 343 chłopców). Nadwaga i otyłość diagnozowana była na podstawie wskaźnika masy ciała BMI. Wykazano, że 46,7% osób z badanej grupy posiadało prawidłową masę ciała. Należy podkreślić, że autorzy przyjęli 25 i 75 pc jako zakres normy dla prawidłowej masy ciała. BMI powyżej 75 pc występowało u 22,2% dziewcząt i 20,4% chłopców. BMI powyżej 97 pc występowało u 4,8% dziewcząt i 6,4% chłopców.

W 2009 roku *Goluch-Koniuszy* i współpr. (12) przeprowadzili badania stanu odżywienia 560 uczniów szkół gimnazjalnych ze Szczecina (283 dziewcząt i 277 chłopców). Nadwagę i otyłość zdiagnozowano za pomocą wskaźnika masy ciała BMI, dla którego przyjęto następujące punkty odcięcia: 90–97 pc dla nadwagi oraz powyżej 97 pc dla otyłości. Badania te wykazały, że 9,2% dziewcząt oraz 5,1% chłopców miało nadwagę oraz 9,9% dziewcząt i 4,3% chłopców miało otyłość. W badaniach przeprowadzonych w latach 2003–2004 wśród młodzieży szkolnej w wieku 6–19 lat, *Obuchowicz* i współpr. (13) wykazali występowanie otyłości u 4,1% dziewcząt i 3,8% chłopców. Otyłość najczęściej występowała wśród 10-latków. Mniejszy odsetek uczniów z otyłością w porównaniu z wynikami własnymi może wynikać z przyjęcia przez autorów innych kryteriów diagnostycznych (3 i 97 centyl).

Felińczak i współpr. (14) w 2007 roku przeprowadzili badania dotyczące występowania nadwagi i otyłości wśród młodzieży uczęszczającej do szkół podstawowych, gimnazjalnych i ponadgimnazjalnych we Wrocławiu. W badaniu wzięło udział 1800 uczniów wieku 8–18 lat. Do oceny występowania nadwagi i otyłości zastosowano wskaźnik masy ciała BMI oraz wartości graniczne ustalone dla nadwagi i otyłości w zależności od wieku i płci dziecka, opracowane przez IOTF (International Obesity Task Force) i opublikowane przez Cole'a. Wśród młodzieży w wieku 13–15 lat nadwagę diagnozowano, gdy otrzymane wartości BMI mieściły się w zakresie 21,9–23,3 kg/m² dla chłopców i 22,6–23,9 kg/m² dla dziewcząt. Otyłość stwierdzano w zakresie 26,8–28,3 kg/m² dla chłopców i 27,8–29,1 kg/m² BMI. Wśród uczniów szkół gimnazjalnych nadwagę zdiagnozowano u 16,4% dziewcząt i 15,7% chłopców. Podobnie jak w badaniach własnych, taki stan odżywienia określano częściej wśród

dziewcząt niż wśród chłopców. Otyłość zdiagnozowano wśród 2,5% dziewcząt i 2,8% chłopców. W badaniach własnych wykazano większy odsetek osób z otyłością niż w cytowanych badaniach.

W ocenie stanu odżywienia kolejnym istotnym pomiarem jest obwód talii, który daje możliwość diagnozowania otyłości brzusznej. W badanej grupie wartość mediany obwodu talii wynosiła 71 cm (dla dziewcząt 72 cm, dla chłopców 72,5 cm). Prawidłowy obwód talii (między 5 i 95 pc) występował u 88,4% dziewcząt i 83,6% chłopców. Otyłość brzuszna (obwód talii powyżej 95 pc) zdiagnozowano u 9,2% dziewcząt i u 16,4% chłopców. Otyłość centralna występowała głównie u 14-latków. Na podstawie testu χ^2 wykazano istotną różnicę w częstości występowania otyłości brzusznej między dziewczętami i chłopcami (tab. II).

Ostrowska-Nawarycz i współpr. (15) w latach 2005–2006 w ramach programu „Wczesna profilaktyka nadciśnienia tętniczego oraz nadwagi i otyłości u dzieci i młodzieży w Łodzi” przeprowadzili badania stanu odżywienia wśród uczniów szkół łódzkich. Autorzy posłużyli się wskaźnikiem WHtR (stosunek obwodu talii do wysokości ciała), którego wartość graniczna wynosiła 0,5 (> 90 pc). W badaniach wzięło udział 26525 dzieci i młodzieży w wieku 7–19 lat. Wykazano otyłość brzuszna u 5,9% dziewcząt i 7,6% chłopców. Różnice w wynikach uzyskanych w cytowanych i niniejszych badaniach mogą wynikać z zastosowania odrębnych kryteriów oraz większego przedziału wiekowego w badaniach łódzkich.

Tab e l a II. Rozkład percentylowy obwodu talii wśród dziewcząt i chłopców

Tab l e II. Percentiles distribution of waist circumference among girls and boys

Percentyl	<5 pc		5–25 pc		25–75 pc		75–85 pc		85–95 pc		>95 pc	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Płeć												
Dziewczęta	3	2,4	23	17,9	60	46,5	12	9,3	19	14,7	12	9,2*
Chłopcy	0	0	11	10,6	28	26,9	27	25,9	21	20,2	17	16,4*

* różnica statystycznie istotna $p < 0,05$; test χ^2

Podwyższone ciśnienie tętnicze krwi u dzieci i młodzieży może być przyczyną występowania chorób sercowo-naczyniowych i miażdżycy w wieku dorosłym. Ciśnienie skurczowe krwi u 79,8% dziewcząt i u 85,8% chłopców występowało w zakresie normy (między 5 i 95 pc). Największy odsetek dziewcząt z wysokim ciśnieniem skurczowym (powyżej 95 pc) występował wśród 14-latek (3,9%). W grupie 5,6% badanych chłopców (głównie 14-latkowie) wykazano ciśnienie skurczowe >95 pc. Ciśnienie rozkurczowe krwi u 82,9% dziewcząt i u 84,8% chłopców mieściło się w zakresie normy (między 5 i 95 pc). Wysoki poziom ciśnienia rozkurczowego (powyżej 95 pc) występował u 10,1% dziewcząt (głównie u 13-latek) i 7,5% chłopców.

W 2006 r. *Dukalska i współpr. (16)* badali ciśnienie tętnicze u dzieci i młodzieży na terenie Śląska. Wykonano następujące pomiary: masa ciała, wysokość ciała, pomiar ciśnienia tętniczego krwi. Wśród 103 przebadanych osób u 61 zdiagnozowano otyłość (głównie chłopcy), nadciśnienie tętnicze występowało 2-krotnie częściej u chłopców niż u dziewcząt.

Do oceny składu ciała wykorzystano metodę bioimpedancji elektrycznej. Z uzyskanych pomiarów wynikało, że 95,3% dziewcząt i 77,9% chłopców posiadało nadmierną zawartości tkanki tłuszczowej w organizmie. Mediana zawartości tkanki tłuszczowej w organizmie wynosiła 29,5% dla dziewcząt i 22% dla chłopców.

Do oceny stanu odżywienia organizmu wykonano oznaczenia stężeń wybranych wskaźników biochemicznych krwi (glukoza, żelazo, wskaźniki gospodarki lipidowej organizmu). Mediana stężenia glukozy we krwi na czczo wynosiła 82 mg/dl dla dziewcząt i 83,5 mg/dl dla chłopców. Stężenie glukozy we krwi w granicach normy (70–100 mg/dl) występowało u 88,4% dziewcząt i 92,3% chłopców. Wysokie stężenie poziomu glukozy we krwi stwierdzono jedynie u 7% dziewcząt. Mediana zawartości żelaza we krwi badanych osób wynosiła 71 g/dl u dziewcząt i 76,5 g/dl u chłopców. Prawidłowe stężenie żelaza we krwi (34–162 g/dl) wykazano u 89,9% dziewcząt i 90,4% chłopców. Obniżone stężenie żelaza we krwi występowało u 8,5% dziewcząt i u 6,7% chłopców. Wśród badanej grupy oznaczono stężenia następujących wskaźników gospodarki lipidowej organizmu: cholesterolu całkowitego, cholesterolu frakcji HDL, cholesterolu frakcji LDL oraz triglicerydów. Mediana stężenia cholesterolu całkowitego wynosiła 154 mg/dl w grupie dziewcząt i 147,5 mg/dl w grupie chłopców. Wśród badanych stężenie cholesterolu całkowitego na poziomie pożądanym (< 170 mg/dl) i granicznym (170–199 mg/dl) występowało u 92,2% dziewcząt i 95,2% chłopców. Wysokie stężenie cholesterolu całkowitego (> 200 mg/dl) występowało u 7,8% dziewcząt i 4,8% chłopców. Mediana dla cholesterolu frakcji HDL wynosiła 64,5 mg/dl dla całej badanej grupy. Wśród wszystkich badanych stężenie cholesterolu frakcji HDL oznaczono na poziomie pożądanym (> 45 mg/dl) lub granicznym (35–45 mg/dl). Mediana stężenia cholesterolu frakcji LDL wynosiła 68 mg/dl dla dziewcząt i 60,7 mg/dl dla chłopców. Stężenie cholesterolu frakcji LDL na poziomie pożądanym (< 110 mg/dl) i granicznym (110–129 mg/dl) stwierdzono u 96,9% dziewcząt i u wszystkich chłopców. Jedynie wśród 3,1% dziewcząt wykazano wysokie stężenie cholesterolu frakcji LDL (> 130 mg/dl). Wykazano wzrost stężenia cholesterolu całkowitego oraz cholesterolu frakcji LDL wraz z wiekiem badanej grupy młodzieży. Mediana stężenia TG wynosiła 86 mg/dl u dziewcząt i 88,5 mg/dl u chłopców. Stężenie triglicerydów (TG) na poziomie pożądanym (< 90 mg/dl) lub granicznym (90–129 mg/dl) występowało u 85,3% dziewcząt i u 78,8% chłopców. Wysoki poziom TG (> 130 mg/dl) stwierdzono u 14,7% dziewcząt i 21,2% chłopców. Wysokie stężenie triglicerydów występowało częściej u 14-latków i 15-latków niż u 13-latków.

Zatorska-Karpus i współprac. (17) oceniali wartości wskaźników gospodarki lipidowej u dzieci z różnym typem otyłości (otyłość brzuszna i otyłość obwodowa). Wykazano nieprawidłowe wartości stężeń cholesterolu całkowitego w surowicy krwi u 54,8% dzieci, cholesterolu frakcji LDL u 43,6% badanych, cholesterolu frakcji HDL u 54,8% dzieci oraz triglicerydów u 58,1% badanych. Stwierdzono również występowanie zależności między zwiększonym obwodem talii i towarzyszącym obniżonym stężeniem cholesterolu frakcji HDL. W pracy własnej wykazano u 3 dziewcząt z otyłością brzuszną wysokie stężenie triglicerydów we krwi. W przypadku otyłych chłopców wysoki poziom triglicerydów, cholesterolu całkowitego oraz obniżony poziom cholesterolu frakcji HDL występował u 4 osób.

Kuczyńska i współprac. (18) dokonali oceny wartości lipidogramu, układu krzepnięcia krwi i fibrynolizy u dzieci i młodzieży w wieku 4–19 lat. Wyodrębniono trzy grupy:

z nadwagą, otyłością i grupę kontrolną. Wykazano wysokie stężenie triglicerydów we krwi w grupie osób z nadwagą (głównie u dziewcząt) i otyłością (głównie u chłopców). Stężenie cholesterolu całkowitego, cholesterolu frakcji LDL oraz frakcji HDL u wszystkich badanych osób mieściło się w zakresie wartości prawidłowych.

W ostatnich latach na całym świecie odnotowuje się wzrost częstości występowania nadwagi i otyłości wśród dzieci i młodzieży oraz dorosłych. Schorzeniem wspólnym dla zespołu metabolicznego w różnych grupach wiekowych jest otyłość, głównie brzuszna oraz związana z nią insulinooporność, dyslipidemia, a także podwyższone wartości ciśnienia tętniczego krwi (19). W grupie badanej młodzieży wykazano, że jeden czynnik ryzyka zespołu metabolicznego występował u 48,1% badanej grupy (53 dziewczęta i 59 chłopców) (tab. III) i najczęściej było to wysokie stężenie triglicerydów we krwi.

Tab e l a III. Częstość występowania czynników ryzyka zespołu metabolicznego wśród badanej młodzieży
Tab l e III. The prevalence of metabolic syndrome risk factors in adolescent

Liczba czynników ryzyka	Cała grupa n = 233		Dziewczęta n = 129		Chłopcy = 104	
	n	%	n	%	n	%
1 czynnik ryzyka	112	48,1	53	41,1	59	56,7
2 czynniki ryzyka	17	7,3	10	7,8	7	6,7
3 czynniki ryzyka	4	1,7	2	1,6	2	1,9

Dwa czynniki ryzyka ZM zdiagnozowano u 10 dziewcząt i 7 chłopców. Najczęściej występowała otyłość brzuszna oraz wysokie stężenie triglicerydów we krwi, następnie nadciśnienie tętnicze oraz podwyższona glikemia na czczo. Trzy czynniki ryzyka zespołu metabolicznego (otyłość brzuszna, wysokie stężenie TG we krwi, nadciśnienie tętnicze, wysoka glikemia na czczo) zdiagnozowano u 4 osób (2 chłopców i 2 dziewcząt). *Iwanicka* i współpr. (20) w 2005 roku przeprowadzili badania dotyczące diagnozowania zespołu metabolicznego (ZM) wśród dzieci i młodzieży w wieku 8–18 lat (n = 280) z Wrocławia. Wśród badanej grupy wykazano: otyłość brzuszną u 66,8% dzieci, hiperinsulinemię u 30,7% dzieci, insulinooporność u 23% badanych oraz zaniżony poziom stężenia cholesterolu HDL (51,4% dzieci), nadmierne stężenie triglicerydów (30,4% dzieci). Nie wykazano występowania nadciśnienia tętniczego krwi. Otyłość centralna oraz zaburzenia metaboliczne częściej występowały wśród dziewcząt niż wśród chłopców.

WNIOSKI

1. Nadwaga i otyłość występowały częściej wśród dziewcząt niż wśród chłopców.
2. Dwa czynniki ryzyka zespołu metabolicznego zdiagnozowano u 17, a trzy czynniki u 4 spośród wszystkich badanych nastolatków.

J. Wyka, D. Mazurek, A. Broniecka, E. Piotrowska,
M. Bronkowska, J. Biernat

NUTRITIONAL STATE YOUNG PEOPLE AGED 13-15 WITH REGARD TO THE RISK OF METABOLIC SYNDROME (MS)

Summary

In recent years, there has been a continuing growth worldwide of the prevalence of overweight and obesity among children and adolescents. Assessment of nutritional status allows early detection of symptoms associated with metabolic syndrome (MS). Anthropometric measurements were performed and selected biochemical indicators of blood were determined to assess the nutritional status of 129 girls and 104 boys attending secondary schools. Overweight and obesity was diagnosed in 17.9% of girls and 13.5% boys. High triglyceride levels were observed in 14.7% of girls and 21.2% boys, while high LDL cholesterol levels were detected only in 3.1% of the girls. Nearly half of the respondents were diagnosed with at least one metabolic syndrome risk factor.

PIŚMIENNICTWO

1. *Jarosz M., Rychlik E.*: Najczęstsze wady w żywieniu dzieci i młodzieży. W: *Jarosz M.* (red.). *Zasady prawidłowego żywienia dzieci i młodzieży oraz wskazówki dotyczące zdrowego stylu życia*. Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa 2008. – 2. *Gronowska-Senger A.*: Przewodnik metodyczny badań sposobu żywienia. Komitet Nauki o Żywieniu PAN, Warszawa 2013. – 3. *Sielużycka A.*: Metody oceny stanu odżywienia dzieci i młodzieży. *Ped. Pol.*, 2010; 85(4): 394-398. – 4. *Czerwonogrodzka A., Sińska B., Majcher A., Polej M.*: Ocena sposobu żywienia i stanu odżywienia dzieci i młodzieży w wieku 7–18 lat z otyłością prostą. *Żyw. Człow. Metab.*, 2007; 34(1/2): 587-594. – 5. *Pacholczyk M., Ferenc T., Kowalski J.*: Zespół metaboliczny. Cz. I: Definicja i kryteria rozpoznawania zespołu metabolicznego. *Epidemiologia oraz związek z ryzykiem chorób sercowo-naczyniowych i cukrzycy typu 2*. *Post. Hig. Med. Dośw.*, 2008; 62: 530-542. – 6. *Kolarzyk E., Janik A., Kwiatkowski J.*: Ocena ryzyka zespołu metabolicznego u dzieci z nadwagą i otyłością. Cz. I. Antropometryczne i biochemiczne wskaźniki ryzyka wystąpienia zespołu metabolicznego. *Prob. Hig. Epidemiol.*, 2011; 92 (4): 741-746. – 7. *Kulaga Z., Litwin M., Zajączkowska M. M., Wasilewska A., Morawiec-Knyska A., Różdżyńska A., Grajda A., Gurzkowska B., Napieralska E., Barwicka K., Świąder A., Zespół Badaczy OLAF.*: Porównanie wartości obwodów talii i bioder dzieci i młodzieży polskiej w wieku 7–18 lat z wartościami referencyjnymi dla oceny ryzyka sercowo-naczyniowego – wyniki wstępne projektu badawczego OLAF (PL 0080). *Stand. Med. Pediatria.*, 2008; 5: 473-485. – 8. *Kulaga Z., Litwin M., Zajączkowska M. M., Wasilewska A., Tkaczyk M., Gurzkowska B., Świąder A., Różdżyńska A., Napieralska E., Grajda A., Barwicka K., Zespół Badaczy OLAF.*: Regionalne różnice parametrów antropometrycznych oraz ciśnienia tętniczego uczniów w wieku 7–18 lat. *Prob. Hig. Epidemiol.*, 2009; 90(1): 32-41. – 9. *Kulaga Z., Różdżyńska A., Palczewska I., Grajda A., Gurzkowska B., Napieralska E., Litwin M. oraz Grupa Badaczy OLAF.*: Siatki centylowe wysokości, masy ciała i wskaźnika masy ciała dzieci i młodzieży w Polsce – wyniki badania OLAF. *Stand. Med.*, 2010; 7: 690-700. – 10. *Oblacińska A., Jodkowska M.* (red.): *Otyłość u polskich nastolatków: epidemiologia, styl życia, samopoczucie*. Instytut Matki i Dziecka, Warszawa 2007.

11. *Wolnicka A., Albrecht P., Kotowska M.*: Analiza stanu odżywienia młodzieży na przykładzie uczniów gimnazjum w Radomsku. *Ped. Współ. Gastro. Hepatol. Żyw. Dziecka.*, 2008; 10(1): 37-42. – 12. *Goluch-Koniuszy Z., Friedrich M., Radziszewska M.*: Ocena sposobu żywienia i stanu odżywienia oraz prozdrowotna edukacja żywieniowa dzieci w okresie skoku pokwitaniowego z terenu miasta Szczecin. *Roczn. PZH.*, 2009; 60(2): 143-149. – 13. *Obuchowicz A., Szymczyk B., Zeckei J.*: Stan odżywienia dzieci i młodzieży szkolnej w Zabrzu w roku szkolnym 2003–2004. *Ped. Pol.*, 2007; 82: 5-6, 403-407. – 14. *Felińczak A., Hama F.*: Występowanie zjawiska nadwagi i otyłości wśród dzieci i młodzieży we Wrocławiu. *Piel. Zdr. Publ.*, 2011; 1(1): 11-18. – 15. *Ostrowska-Nawarycz L., Nawarycz T.*: Otyłość brzuszna u dzieci i młodzieży – doświadczenia łódzkie. *Endok. Otył. Zaburz. Przem. Mat.*, 2007; 3(1): 1-8. – 16. *Dukalska M., Szydłowski L., Bilewicz-Wyrozumska T., Skierska A., Dubiel J.*: Nadciśnienie tętnicze u dzieci i młodzieży w populacji śląskiej. *Wiad. Lek.*, 2006; 59(3-4): 177-183. – 17. *Zatorska-Karpuś M., Pac-Kożuchowska E., Kozłowska M.*: Typy otyłości a parametry lipidowe u dzieci. *Endok. Ped.*,

2009; 8, 2(27): 55-60. – 18. *Kuczyńska R., Sielużycka A., Gąsiorowska J., Grabarczyk E., Góralczyk B., Czerwionka-Szaflarska M.*: Analiza parametrów lipidogramu oraz układu krzepnięcia i fibrynolizy jako czynników miażdżycy u dzieci i młodzieży z nadwagą i otyłością. *Pol. Merkur. Lek.*, 2006; 126(528): 528-533. – 19. *Szadkowska A.*: Zespół metaboliczny u dzieci i młodzieży. *Przeł. Ped.*, 2009; 39(3): 161-167. – 20. *Iwanicka Z., Głab E., Barg E.*: Zespół metaboliczny u dzieci z otyłością prostą. *Wiad. Lek.*, 2005; 58(11-12): 602-606.

Adres: 51-630 Wrocław, ul. Chełmońskiego 37/41.

Monika Bronkowska, Katarzyna Zatońska¹⁾, Karolina Łoźna, Jadwiga Biernat

OCENA PODAŻY WITAMINY D I WAPNIA W RACJACH POKARMOWYCH OSÓB ZE ZDIAGNOZOWANĄ CUKRZYCĄ TYPU 2

Katedra Żywienia Człowieka Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu
Kierownik: dr hab. inż. *Monika Bronkowska*

¹⁾ Katedra i Zakład Medycyny Społecznej Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu
p.o. Kierownik: dr n. med. *Katarzyna Zatońska*

Celem pracy była ocena podaży witaminy D i wapnia w całodziennych racjach pokarmowych osób chorujących na cukrzycę typu 2. Badaniami objęto 50 kobiet i 35 mężczyzn, w wieku odpowiednio 52 i 49 lat. Ocenę zawartości witaminy D i wapnia w całodziennych racjach pokarmowych wykonano metodą 24-godzinnego wywiadu o spożyciu, powtórzonego 7-krotnie. Wykazano bardzo niską podaż obu składników odżywczych w racjach pokarmowych, zarówno kobiet, jak i mężczyzn. Stwierdzone zawartości witaminy D i wapnia w posiłkach kobiet i mężczyzn były istotnie zróżnicowane i tylko niewielki odsetek racji pokarmowych był zgodny z normą AI.

Słowa kluczowe: witamina D, wapń, cukrzyca typu 2, kobiety, mężczyźni
Key words: vitamin D, calcium, diabetes mellitus type 2, women, men.

Cukrzyca insulinoniezależna jest degeneracyjną chorobą metaboliczną, o złożonej patogenezie, w której kluczową rolę odgrywają czynniki genetyczne i uwarunkowania behawioralne, w tym sposób żywienia, poziom aktywności fizycznej. Istnieją także dane wskazujące na znaczenie niektórych genów w patogenezie cukrzycy typu 2 (1, 2, 3). W tym kontekście interesującą grupą są białka związane ze szlakiem metabolizmu witaminy D. Fizjologiczna rola tej witaminy u ludzi wykracza daleko poza powszechnie znane aspekty regulacji gospodarki wapniowo-fosforanowej (4, 5, 6). Mniej znany jest fakt, że witamina D ma wpływ na wydzielanie insuliny (7, 8, 9), insulinowrażliwość (10), metabolizm tkanki tłuszczowej i lipolizę (11) oraz proces apoptozy (12).

Innym składnikiem odżywczym, który ściśle związany jest z przemianami witaminy D jest wapń. Niewłaściwa podaż tego pierwiastka i/lub za niskie spożycie witaminy D są w 90% odpowiedzialne za rozwój osteoporozy. Chorzy z cukrzycą typu 2 to często osoby z nadwagą lub otyłością w związku z czym prawdopodobieństwo rozwoju osteoporozy jest także wysokie (13). W badaniach *The Promeso Study* wykazano zwiększone ryzyko złamań bliższego końca kości udowej (14). W innych badaniach podkreślano, że na stan kościa ma także wpływ sposób leczenia cukrzycy. U pacjentów leczonych metforminą wykazywano częstsze złamania niż w przypadku osób leczonych insuliną (15).

Witamina D w organizmie w procesie podwójnej hydroksylacji, przekształcana jest w formę aktywną: 1,25-dihydroksyvitaminę D₃, czyli kalcitriol. Wątroba jest głównym miejscem 25-hydroksylacji, podczas gdy w nerkach ma miejsce 1-hydroksylacja, końcowy etap syntezy aktywnego hormonu. Kalcitriol działa jak hormon steroidowy, aktywując jądrowy receptor witaminy D i regulując ekspresję innych genów, wśród których są geny determinujące absorpcję wapnia i jego homeostazę. Przemiany te przebiegają właściwie przede wszystkim przy właściwej podaży wapnia (16, 17, 18).

Witamina D może pochodzić ze źródeł pokarmowych lub też jest wytwarzana w skórze pod wpływem energii światła słonecznego. Pokarmy roślinne dostarczają ergosterol (witamina D₂), natomiast produkty zwierzęce zawierają cholekalcyferol (witamina D₃). Głównymi źródłami wapnia zaś przede wszystkim są: mleko i jego przetwory i w mniejszych ilościach warzywa.

Suplementacja diety witaminą D i wapniem poprawiała wydzielanie insuliny wśród osób zakwalifikowanych jako zagrożone cukrzycą typu 2 w populacji imigrantów azjatyckich żyjących w Wielkiej Brytanii (9). Nie udało się wykazać poprawy tolerancji glukozy po suplementacji pożywienia witaminą D u chorych z cukrzycą typu 2 (9, 10). Wyniki kilku opublikowanych badań wykazały pozytywny wpływ witaminy D na obwodowe działanie insuliny. Stwierdzono to w grupie chorych z cukrzycą ciężarnych oraz osób starszych w populacji holenderskiej (1).

Celem pracy była ocena podaży witaminy D i wapnia w całodziennych racjach pokarmowych pacjentów ze zdiagnozowaną cukrzycą typu 2.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w grupie 85 pacjentów ze zdiagnozowaną cukrzycą typu 2, leczonych w Poradni Diabetologicznej Katedry i Kliniki Endokrynologii, Diabetologii i Leczenia Izotopami Akademii Medycznej we Wrocławiu. Kobiety stanowiły 58,8%, zaś mężczyźni 41,2% badanych. Osoby badane zgłaszały się do kliniki po poradę specjalisty i wracały do domu.

W tab. I przedstawiono metrykę i charakterystykę badanych. Średni wiek badanych kobiet wynosił 52,2 lata, natomiast mężczyzn 49,7 lat. Większość kobiet (52,9%), jak i mężczyzn (38,9%) posiadała wykształcenie średnie. Wspólnie z żoną/mężem i dziećmi mieszkało 52,9% kobiet oraz 50% mężczyzn. Samotnie mieszkało 22,9% osób.

W grupie kobiet większość stanowiły osoby pracujące umysłowo (41,2%), emerytki stanowiły 23,5%. 11,8% kobiet deklaroowało, że pracuje fizycznie i była to praca ciężka. W grupie mężczyzn większość stanowili emeryci (33,3%), natomiast 22,7% stanowili pracownicy umysłowi.

Do oceny sposobu żywienia chorych w warunkach domowych zastosowano wywiad o spożyciu z ostatnich 24 godz. przed badaniem, powtórzony siedmiokrotnie. Do oceny ilościowej wielkości spożywanych porcji wykorzystano „Album fotografii produktów i potraw” (18). Do obliczeń zawartości witaminy D i wapnia w badanych racjach pokarmowych, wykorzystano program komputerowy „Energia v. 2” dla Windows 95, zawierający bazę danych utworzoną przez autorów na podstawie „Tabel wartości odżywczej produktów spożywczych” (19).

Tabela 1. Metryka i charakterystyka otyłych osób z cukrzycą typu 2 (n = 85)

Table 1. Metrics and characteristics of obese subjects with type 2 Diabetes mellitus (n = 85)

Badana cecha	% badanych	
	kobiety (n = 50)	mężczyźni (n = 35)
Wiek:		
19 – 30	3	3
31 – 50	16	14
51 – 65	19	16
66 – 75	8	2
> 75	4	0
Wykształcenie:		
podstawowe	4	0
zawodowe	13	5
średnie	29	15
wyższe	4	15
Zakres BMI:		
≤ 18,5	0	0
18,5 – 24,9	9	4
25 – 29,9	19	9
30 – 34,9	14	8
35 – 39,9	8	7
> 40	0	1

Wyniki zawartości witaminy D i wapnia w całodziennych racjach pokarmowych chorych przedstawiono w na ryc. 1 i 2, w postaci mediany, odchylenia ćwiartkowego oraz pierwszego i czwartego kwartyła. Uzyskane dane porównano z normami (AI) dla kobiet i mężczyzn w wieku powyżej 50 lat opracowanymi przez *Jarosza i Bulhak-Jachymczyk* [20].

Do oceny zawartości w całodziennych racjach pokarmowych witaminy D i wapnia wykorzystano normę na poziomie bezpiecznym (AI) dla średniej ważonej, uwzględniając wiek, zawodową aktywność badanych kobiet i mężczyzn. Uwzględniono straty występujące podczas obróbki kulinarnej i technologicznej podczas przygotowywania potraw, stanowiły one 10% (19, 20).

W związku z tym, że porównanie zawartości witamin w średniej racji pokarmowej kobiet i mężczyzn z normami nie oddaje spożycia w całej grupie, podzielono wszystkie racje pokarmowe na frakcje w zależności od procentowej realizacji przyjętych norm przewidzianych dla osób zdrowych. Uwzględniono następujące przedziały: 0–30%, 30–50%, 50–70%, 70–90%, 90–110%, 110–130% i powyżej 130%, przy czym za prawidłowy, zgodny z zaleceniami uznano przedział 90–110% (ryc. 3 i 4).

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Zaledwie 8,6% badanych osób odznaczało się prawidłową masą ciała (18,5–24,9 kg/m²), w tym 11,8% kobiet oraz 5,6% mężczyzn. Nadwagę stwierdzono u 35,3% kobiet oraz u 16,7% mężczyzn. Niepokojący jest jednak fakt, że u ponad połowy badanych chorych stwierdzono otyłość. U 41,2% kobiet wykazano otyłość I°, a u 11,8% otyłość II°. W grupie kobiet nie stwierdzono otyłości III°. W przypadku mężczyzn u 27,8%

wskaźnik BMI był na poziomie 30–34,9 kg/m², co wskazywało na występowanie otyłości I°. 33,3% mężczyzn miało otyłość II°, zaś 16,7% otyłość III°.

Charakterystykę zdrowotną badanych osób przedstawiono w tab. II. Większość kobiet, bo aż 58% deklarowała rozpoznanie u nich cukrzycy ponad 5 lat temu, zaś 28% mężczyzn – 2 lata temu.

Tab e l a II. Charakterystyka zdrowotna otyłych osób z cukrzycą typu 2 (n = 85)

Tab l e II. Health status of obese subjects with type 2 Diabetes mellitus (n = 85)

Badana cecha	% badanych	
	kobiety (n = 50)	mężczyźni (n = 35)
Czas trwania cukrzycy		
< 1 rok	30	22
2–5 lat	6	39
> 5 lat	58	22
Nie wie	6	17
Sposób leczenia		
wyłącznie dieta	0	0
+ leki doustne	71	72
+ leki doustne i insulina	29	22
+ insulina	0	6
Występowanie innych chorób*		
nie występują	35	44
choroby związane z wadliwym żywieniem**	77	72
choroby***	12	12
Powikłania****		
nie występują	29	56
suchość w ustach	10	17
częste oddawanie moczu	9	22
bóle kończyn	2	11
skurcze kończyn	0	6
senność	12	11
stopa cukrzycowa	0	6

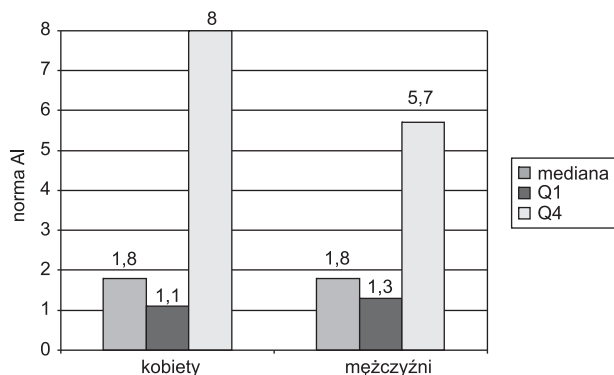
* wielokrotny wybór; ** hipercholesterolemia, niedokrwienność, choroba serca, nadciśnienie tętnicze, dna mocznicowa, choroby jelit; *** bezdech senny, nefropatia.

Cała badana grupa leczona była farmakologicznie, w tym 71% kobiet leczonych było preparatami farmaceutycznymi, a 29% preparatami farmaceutycznymi i insuliną. W grupie mężczyzn 72% leczonych było preparatami farmaceutycznymi, 22% tylko insuliną oraz 6% insuliną i preparatami farmaceutycznymi.

W piśmiennictwie krajowym, ale także zagranicznym niewiele jest prac, oceniających podaż witaminy D i wapnia w racjach pokarmowych osób chorujących na cukrzycę typu 2.

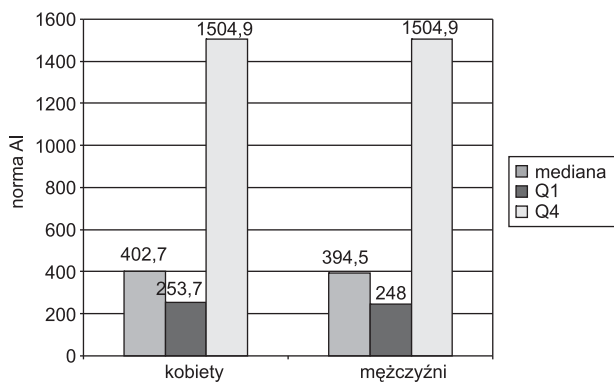
W niniejszej pracy wykazano zdecydowanie zbyt niską podaż obu składników odżywczych w ocenianych racjach pokarmowych. Zawartość witaminy D i wapnia, zarówno w racjach pokarmowych kobiet, jak i mężczyzn była zdecydowanie poniżej norm przewidzianych dla osób zdrowych. Mediana podaży witaminy D w badanych racjach pokarmowych, zarówno kobiet, jak i mężczyzn wynosiła 1,8 µg. Podaż wi-

taminy D w dietach w grupie kobiet była bardzo zróżnicowana. Rozkład zawartości tej witaminy w posiłkach zdecydowanie się różnił pomiędzy poszczególnymi kwartylami (Q), Q1 i Q4 i mieściły się w zakresie 1,1–8,0 μg . W racjach pokarmowych mężczyzn zawartość tej witaminy nie była zróżnicowana już tak, a rozkład pomiędzy Q1 i Q4 wynosił 1,3–1,7 μg (ryc. 1). Zawartość witaminy D w posiłkach badanych, niezależnie od płci w 100% ocenianych racji pokarmowych była poniżej normy AI, która wynosi dla kobiet 8,2 μg i dla mężczyzn 8,6 μg .



Ryc. 1. Podaż witaminy D w całodziennych racjach pokarmowych badanych kobiet (n = 50) i mężczyzn (n = 35) z cukrzycą typu 2.

Fig. 1. Vitamin D intake with daily food rations of women (n = 50) and men (n = 35) with type 2 diabetes mellitus

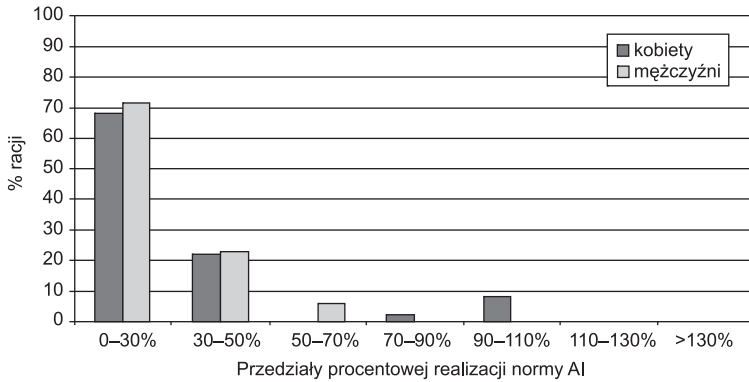


Ryc. 2. Podaż wapnia w całodziennych racjach pokarmowych badanych kobiet (n = 50) i mężczyzn (n = 35) z cukrzycą typu 2.

Fig. 2. Calcium intake with daily food rations of women (n = 50) and men (n = 35) with type 2 diabetes mellitus.

Podaż wapnia w racjach pokarmowych kobiet i mężczyzn wyrażona medianą wynosiła odpowiednio 402,7 i 394,5 mg. Oceniono, że aż 96% całodziennych racji pokarmowych kobiet i 91,4% racji mężczyzn zawierało ten pierwiastek poniżej

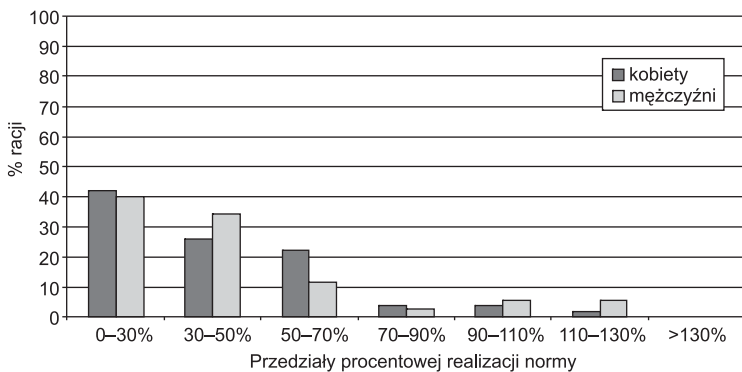
przyjętej normy AI. Rozkład kwartyli 1 i 4 zawartości wapnia w posiłkach obu grup, niezależnie od płci był do siebie zbliżony (ryc. 2).



Ryc. 3. Podział racji pokarmowych kobiet (n = 50) i mężczyzn (n = 35) z cukrzycą typu 2 według procentowej realizacji normy na witaminę D.

Fig. 3. Stratification of daily food rations of women (n = 50) and men (n = 35) according to per cent of realization of AI standard for vitamin D.

Na ryc. 3 przedstawiono podział wszystkich racji pokarmowych w zależności od realizacji zalecanego poziomu spożycia witaminy D. Tylko w 8% racji pokarmowych kobiet wykazano optymalną zawartość witaminy D (90–110% normy). W grupie mężczyzn w żadnej z racji pokarmowych poziomu takiego nie stwierdzono. Należy również zaznaczyć, że aż w 90% całodziennych racji kobiet i 94,3% racji mężczyzn zawierało witaminę D w ilościach mieszczących się w przedziale 0–50% realizacji przyjętej normy.



Ryc. 4. Podział racji pokarmowych kobiet (n = 50) i mężczyzn (n = 35) z cukrzycą typu 2 według procentowej realizacji normy na wapń.

Fig. 4. Stratification of daily food rations of women (n = 50) and men (n = 35) according to per cent of realization of AI standard for calcium.

Podział całodziennych racji pokarmowych kobiet i mężczyzn w zależności od realizacji zalecanej podaży wapnia przedstawiono na ryc. 4. Zaledwie 4% racji pokarmowych kobiet i 5,7% racji mężczyzn zawierało wapń w optymalnych ilościach (90–110% normy). Należy również zaznaczyć, że aż w 68% całodziennych racji pokarmowych kobiet i 74,3% racji mężczyzn wykazano zawartość wapnia mieszczącą się w przedziale 0–50% realizacji normy.

Podobne niepokojące wyniki dotyczące podaży obu tych składników pokarmowych w całodziennych posiłkach uzyskano także w nielicznych pracach innych autorów krajowych i zagranicznych. *Suliburska i Bogdański* (20), stwierdzili, że podaż witaminy D i wapnia w całodziennych racjach pokarmowych osób chorujących na cukrzyce typu 2 wynosiła odpowiednio 1,85 μg i 501 mg. *Szponar i współpr.* (22) stwierdzili, że żadna z badanych grup Polaków w różnym wieku nie realizowała normy na witaminę D i wapń na poziomie bezpiecznym. Z powodu niewłaściwych nawyków żywieniowych, większość osób w Polsce nie dostarcza w całodziennych racjach pokarmowych nawet połowy dobowej należnej ilości witaminy D i wapnia (23, 24, 25). Potwierdzają to również wyniki badań różnych populacji z Wielkopolski przedstawione przez *Szajkowskiego* (25), w których stwierdzono bardzo niskie spożycie wapnia zarówno wśród dzieci, młodzieży jak i ludzi dorosłych. Podobnie niską podaż wapnia w całodziennym pożywieniu zaobserwowano w niektórych populacjach na świecie. W badaniu *Nurse's Health Study*, w całodziennych posiłkach 83 779 kobiet stwierdzono podaż witaminy D na poziomie 1,08 μg /dzień, natomiast spożycie wapnia, na poziomie 584 mg/dzień (2, 26).

WNIOSKI

1. Mediana podaży witaminy D w racjach pokarmowych kobiet i mężczyzn była, niezależnie od płci zdecydowanie poniżej przyjętej normy.
2. Mediana podaży wapnia odbiegała istotnie od norm dla populacji polskiej.
3. Stwierdzone zawartości witaminy D i wapnia w posiłkach kobiet i mężczyzn były istotnie zróżnicowane i tylko niewielki odsetek racji pokarmowych był zgodny z normą w zakresie 90–110%.

M. Bronkowska, K. Zatońska, K. Łoźna, J. Biernat

ASSESSMENT OF DIETARY INTAKES OF VITAMIN D AND CALCIUM WITH FOOD RATIONS IN PEOPLE DIAGNOSED WITH TYPE 2 DIABETES

Summary

This paper presents assessment of dietary intakes of vitamin D and calcium with daily food rations in people diagnosed with type 2 diabetes.

The study subjects included 50 women and 35 men, with mean age of 52 and 49 years, respectively. The assessments of vitamin D and calcium in the daily food rations were made using a 24-hour recall, repeated 7 times. It has been shown a very low The supply of both nutrients in food rations has been shown to be very low, both in women and men.

The determined levels of vitamin D and calcium intakes in the meals of men and women were significantly different and only a small percentage of food rations met the requirements of the AI standard.

PIŚMIENNICTWO

1. Baynes K.C., Boucher B. J., Feskens E. J., Kromhout D.: Vitamin D, glucose tolerance and insulinemia in elderly men. *Diabetologia* 1997; 40: 344-347. – 2. Frankiewicz T.: Suplementacja witaminą D – czy tylko osteoprotekcja? *Przegląd Menopauzalny* 2011; 4: 328-333. – 3. Gedik O., Akalin S.: Effects of vitamin D deficiency and repletion on insulin and glucagon secretion in man. *Diabetologia* 1986; 29: 142-145. – 4. Lenoir C., Dace A., Martin C. i współpr.: Calcitriol down-modulates the 3,5,3' triiodothyronine (T3) receptors and affects, in a biphasic manner, the T3-dependent adipose differentiation of Ob 17 preadipocytes. *Endocrinology* 1996; 137: 4268-4276. – 5. Malecki M., Sieradzki J.: Rola polimorfizmów w genach związanych z metabolizmem witaminy D w patogenezie cukrzycy typu 2 *Diabetologia Praktyczna*, 2000; 1(1): 1-6. – 6. Malecki M., Skupień J., Waluś M., Owczarek M. i współpr.: Polimorfizmy genu receptora witaminy D a ryzyko choroby niedokrwiennej serca w Polsce u chorych na cukrzycę typu 2 i u osób bez cukrzycy. *Diabetologia Praktyczna*, 2003; 4(2): 137-143. – 7. Norman A. W.: The vitamin D endocrine system: identification of another piece of the puzzle. *Endocrinology* 1994; 134: 1601A-1601C. – 8. Ortlepp R.J., Lauscher J., Hoffmann R. i współpr.: The vitamin D receptor gene variant is associated with the prevalence of type 2 diabetes mellitus and coronary artery disease. *Diabet. Med.* 2001; 18: 842-845. – 9. A.G. Pittas G.A., Dawson-Hughes B., Li T., R.M. Van Dam M. R., Willett W.: Vitamin D and Calcium Intake in Relation to Type 2 Diabetes in Women. *Diabetes Care* 2006, 29: 650-656. – 10. Orwoll E., Riddle M., Prince M.: Effects of vitamin D on insulin and glucagon secretion in non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Am. J. Clin. Nut.* 1994; 59: 1083-1087

11. Omdahl L.J., H. Morris A., May K.B.: Hydroxylase enzymes of the vitamin D pathway: expression, function, and regulation. *Annu. Rev. Nutr.* 2002; 22: 139-166. – 12. Reichel H., Koeffler P.H., Norman W.A.: The role of the vitamin D endocrine system in health and disease. *N. Engl. J. Med.* 1989; 320: 980-991. – 13. Morawska-Trznadel I.: Osteoporoza w cukrzycy – czynnik ryzyka złamań. *Diab. Prakt.*, 2007; 8, 8/9: 341-348. – 13. Achmed A. L., Joakimsen M. R., Bernstein K. G., Fonnebo V., Scirmer H.: Diabetes mellitus and risk of non-vertebral fractures: the Trompo study. *Osteoporos. Int.*, 2006; 17: 495-500. – 14. Kahn E. S., Haffner M. S., Heine A. M., i współpr.: Glycemic durability of rosiglitazone metformin or glyburide monotherapy. *NEJM*, 2006; 355: 2427-244. – 15. Rudnicki M. P., Molsted-Pedersen L.: Effect of 1,25-dihydroxycholecalciferol on glucose metabolism in gestational diabetes mellitus. *Diabetologia* 1997; 40: 40-44. – 16. Sergeev N.I., Rhoten B. W.: 1,25-Dihydroxyvitamin D3 evokes oscillations of intracellular calcium in a pancreatic b-cell line. *Endocrinology* 1995; 136: 2852-2861. – 17. Szponar L., Wolnicka K., Rychlik E.: Album fotografii produktów i potraw. 2000, Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa. – 18. Kunachowicz H., Nadolna I., Przygoda B., Iwanow K.: Tabele składu i wartości odżywczej żywności. 2005, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa. – 19. Jarosz M., Bulhak-Jahymczyk B.: Normy żywienia człowieka. Podstawy prewencji otyłości i chorób niezakaźnych. 2008, Wydawnictwo PZWL, Warszawa. – 20. Suliburska J., Bogdański P.: Ocena sposobu żywienia, stanu odżywienia oraz ryzyka występowania interakcji leków z żywnością u pacjentów z cukrzycą typu 2. *Farm. Współ.*, 2011; 4: 3-8.

21. Szponar L., Sekula W., Rychlik E., Oltarzewski M., Figurska K.: Badania indywidualnego spożycia żywności i stanu odżywienia w gospodarstwach domowych. 2003; *Prace IŻŻ* 101: Warszawa. – 22. Gajewska D., Niegowska J.: Analiza sposobu żywienia pacjentów z nadciśnieniem tętniczym pierwotnym i zaburzeniami tolerancji glukozy. *Bromat. Chemia Toksykol.*, 2008; 41(3): 405-409. – 23. Ostrowska L., Stefańska E., Czapska D., Karczewski J.: Wpływ żywienia osób z nadwagą lub otyłością na ich parametry lipidowe i gospodarkę węglowodanową. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2003; 36(3 suppl): 201-206. – 24. Szajkowski Z.: Badania nad zależnością i wzajemnymi relacjami wybranych składników mineralnych w całodziennych racjach pokarmowych wytypowanych populacji z regionu Wielkopolski. *Cz. I. Zawartość i wzajemne reakcje między wapniem i fosforem. Żyw. Człow. Metab.*, 1996; 23: 55. – 25. Zemel B.M., Hang S., Greer B. i współpr.: Regulation of adiposity by dietary calcium. *FASEB J.* 2000; 14: 1132-1138.

Ewa Cieślik, Agnieszka Siembida, Iwona Cieślik¹⁾, Katarzyna Zaglanczna

ŚWIADOMOŚĆ ŻYWIENIOWA SPOŻYWANIA RYB I PRZETWORÓW WŚRÓD MIESZKAŃCÓW WOJEWÓDZTWA MAŁOPOLSKIEGO

Katedra Technologii Gastronomicznej i Konsumpcji, Wydziału Technologii Żywności,
Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie
Kierownik: prof. dr hab. inż. *E. Cieślik*

¹⁾ Katedra Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych, Wydziału Technologii Żywności,
Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie
Kierownik: prof. dr hab. inż. *W. Migdał*

Wykazano, iż zalecaną przez Instytut Żywności i Żywienia ilość ryb spożywa nieco mniej niż połowa respondentów. Wśród najczęściej wybieranych gatunków ryb znalazły się: mintaj, panga, dorsz i losoś, natomiast wśród przetworów rybnych: tuńczyk w puszcze, śledź marynowany oraz makrela. Największy wpływ na zakup ryb i produktów rybnych mają upodobania smakowe konsumentów. Respondenci są zadowoleni z asortymentu oferowanego przez rynek rybny w naszym kraju. Smażenie to najpopularniejszy sposób obróbki kulinarnej ryb. Ankietowani nie zetknęli się z kampaniami społecznymi dotyczącymi zwiększenia częstotliwości spożycia ryb.

Hasła kluczowe: ryby, przetwory rybne, spożycie, determinanty, preferencje.
Key words: fish, fish preserves, consumption, determinants, preferences.

Wraz z rozwojem rynku spożywczego, jaki nastąpił w Polsce w ostatnich kilkunastu latach, ryby i produkty rybne stały się dostępne dla wszystkich Polaków. Są to nie tylko ryby świeże i mrożone, ale również konserwy, marynaty i inne przetwory (1). Badania budżetu gospodarstw domowych prowadzone przez Główny Urząd Statystyczny wskazują, iż wśród głównych czynników wpływających na poziom konsumpcji ryb oraz ich przetworów w Polsce wymienić należy: wysokość cen ich zakupu (uzależniony od rejonu w Polsce oraz gatunku ryb) oraz wiedza konsumentów na temat ich składu odżywczego, a co za tym idzie właściwości prozdrowotnych (uzależniona od sytuacji społeczno-ekonomicznej rodziny) (2). Ryby morskie zaliczane są do produktów o dużej wartości odżywczej, bogatych w pełnowartościowe białko, wielonienasycone kwasy tłuszczowe (głównie omega-3) oraz wiele cennych składników mineralnych (m.in. magnez, wapń, fluor, jod, selen) i witamin (z grupy B, a tłuste ryby także witamin A i D) (3). Jak wskazują badania, poziom konsumpcji ryb morskich w Polsce należy do najniższych w Unii Europejskiej. Polska obok takich krajów jak Niemcy, Austria, Łotwa, Czechy, Słowenia, Słowacja czy Węgry należy do krajów o niskiej konsumpcji ryb. Spożycie to jest o ponad 55% mniejsze niż średnio w UE-15, a o 1/3 niższe niż przeciętnie na świecie. Z kolei wg wyników programu WOBASZ

z 2005 r., spożycie ryb i przetworów rybnych wśród Polaków kształtuje się na poziomie ok. 15–16 g/dobę/osobę i jest dwukrotnie niższe od zalecanego (4). Według danych zamieszczonych w dziennikach GUS z 2013 r., przeciętne miesięczne spożycie ryb w 2012 r. w Polsce wynosiło zaledwie 0,41 kg/osobę. Dlatego też celem pracy było określenie częstotliwości spożycia ryb i przetworów rybnych wśród mieszkańców województwa małopolskiego, a także scharakteryzowanie ich preferencji dotyczących najczęściej kupowanych surowców i przyrządzanych z nich potraw.

MATERIAŁ I METODY

Badania zostały przeprowadzone za pomocą anonimowego kwestionariusza ankiety, który został opracowany specjalnie do celów niniejszej pracy. Badaniem objęto łącznie 434 mieszkańców województwa małopolskiego, w tym 236 kobiet i 198 mężczyzn, co stanowiło odpowiednio 54,4% i 45,6%. Kwestionariusz ankiety podzielono na dwie części. Pierwsza część zawierała pytania właściwe, dotyczące częstotliwości spożycia ryb i przetworów rybnych, preferencji konsumenckich i opinii na temat rynku rybnego w Polsce. Druga część miała na celu dostarczenie ogólnych informacji o ankietowanych osobach, takich jak płeć i wiek. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej. Czynnikiem różnicującym badaną grupę była płeć oraz wiek respondentów. Badaną populację podzielono na trzy grupy wiekowe, tj.: w wieku do 25 lat, 26–60 lat oraz powyżej 60 lat. W celu stwierdzenia statystycznie istotnych zależności między udzielonymi odpowiedziami, a czynnikami różnicującymi posłużono się testem chi-kwadrat χ^2 , przy wykorzystaniu programu Excel 2007, przyjmując za granicę istotności $p < 0,05$.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Na wstępie zwrócono się do ankietowanych z prośbą o odpowiedź na pytanie „*Jak często spożywa Pani/Pan świeże lub mrożone ryby/przetwory rybne?*”. Zarówno kobiety, jak i mężczyźni najczęściej wskazywali wariant odpowiedzi „1 raz w tygodniu” oraz „2–3 razy w miesiącu” ($p > 0,05$), jednakże wśród osób, które zadeklarowały spożywanie ryb oraz ich przetworów przeważają mężczyźni w wieku powyżej 25 roku życia ($p < 0,05$). Uzyskane wyniki przedstawiono w tab. I–II. Rezultaty te są zgodne z wynikami badań opublikowanymi przez *Gajewską i Ostrowską* (5), ponieważ z badań tych wynika, że niemal 10% studentów nie spożywa w ogóle ryb morskich, przy czym znacząco częściej ($p < 0,05$) dotyczy to studentów Wydziału Nauk o Żywności (14,6%) niż osób kształcących się na Wydziale Lekarskim (7,1%). Co więcej, zaledwie 19,6% studentów zadeklarowało, iż konsumuje ryby „co najmniej dwa razy w tygodniu” ($p > 0,05$), czyli zgodnie z zaleceniami żywieniowymi Instytutu Żywności i Żywienia. Z kolei, *Verbeke* i współpr. (6) w swych badaniach wykazali, iż wśród osób w wieku powyżej 40 lat, deklarujących spożywanie ryb oraz ich przetworów, przeważają kobiety będące matkami ($p > 0,05$). *Pieniak* i współpr. (7) wykazali, iż wyższa częstotliwość spożycia ryb oraz ich przetworów w grupie 18–84-letnich Europejczyków związana jest z ich świadomością żywieniową oraz wyższym wykształceniem. Podobny trend odnotowano wśród 45–69-letnich mieszkanki Norwegii (8).

Tabela I. Częstotliwość spożycia świeżych lub mrożonych ryb oraz ich przetworów w zależności od płci respondentów

Table I. Frequency of fresh or frozen fish and their preserves consumption depending on the respondents' gender

„Jak często spożywa Pani/Pan świeże lub mrożone ryby? ”	% kobiet	% mężczyzn
2 razy w tygodniu lub częściej	10,4	7,9
1 raz w tygodniu	30,0	32,2
2-3 razy w miesiącu	24,4	27,9
1 raz w miesiącu	14,9	14,4
Rzadziej niż raz w miesiącu	15,0	12,0
W ogóle	5,3	5,5
„Jak często spożywa Pani/Pan przetwory rybne? ”	% kobiet	% mężczyzn
2 razy w tygodniu lub częściej	13,9	13,5
1 raz w tygodniu	27,8	32,2
2-3 razy w miesiącu	28,3	31,3
1 raz w miesiącu	14,3	12,1
Rzadziej niż raz w miesiącu	8,2	9,6
W ogóle	6,8	3,3

Tabela II. Częstotliwość spożycia świeżych lub mrożonych ryb oraz ich przetworów w zależności od wieku respondentów

Table II. Frequency of fresh or frozen fish and their preserves consumption depending on the respondents' age

„Jak często spożywa Pani/Pan świeże lub mrożone ryby? ”	% osób w wieku do 25 lat	% osób w wieku 25-60 lat	% osób w wieku powyżej 60 lat
2 razy w tygodniu lub częściej	5,2	13,9	8,3
1 raz w tygodniu	28,8	33,8	31,2
2-3 razy w miesiącu	28,1	24,4	26,0
1 raz w miesiącu	16,4	13,6	14,0
Rzadziej niż raz w miesiącu	15,9	22,9	13,0
W ogóle	5,8	3,0	7,5
„Jak często spożywa Pani/Pan przetwory rybne? ”	% osób w wieku do 25 lat	% osób w wieku 25-60 lat	% osób w wieku powyżej 60 lat
2 razy w tygodniu lub częściej	10,2	16,0	15,0
1 raz w tygodniu	32,9	27,5	26,7
2-3 razy w miesiącu	25,8	33,6	27,5
1 raz w miesiącu	11,3	9,0	19,2
Rzadziej niż raz w miesiącu	13,4	9,3	4,2
W ogóle	6,6	3,0	5,8

Kolejne pytanie miało na celu określenie preferencji ankietowanych wobec konsumowanych przez nich gatunków ryb świeżych lub mrożonych. Stwierdzono, że najbardziej lubianymi przez badanych gatunkami ryb były: mintaj, dorsz, panga oraz łosoś. Nie odnotowano różnic istotnych statystycznie pod względem udzielonych odpowiedzi w zależności od płci respondentów. Jednak porównując preferencję ankietowanych w wieku powyżej oraz poniżej 60 roku życia, zauważono, że osoby

starsze głównie spożywają pange, z kolei młodsze osoby, częściej wybierają łososia ($p < 0,05$). Rozkład preferencji najczęściej kupowanych gatunków ryb w zależności od płci i wieku ankietowanych osób przedstawiono w tab. III–IV. Ankietowanych zapytano także o preferencje w wyborze najczęściej konsumowanych przez nich przetworów rybnych. Zarówno kobiety (69,8%), jak i mężczyźni (55,8%) przeważnie spożywają tuńczyka w puszcze ($p > 0,05$). Niemniej jednak znaczna część kobiet preferuje także makrelę wędzoną (46,4%), zaś wśród mężczyzn popularnością cieszą się także śledzie marynowane (47,4%) ($p > 0,05$). Istotne zróżnicowanie preferencji odnotowano w przypadku wieku ankietowanych osób, ponieważ osoby w wieku do 60 lat spożywają niemal wyłącznie tuńczyka w puszcze (66,8%), podczas gdy osoby starsze (powyżej 60 roku życia) wybierają śledzie marynowane (75,8%). Jest to zgodne z wynikami analiz budżetów gospodarstw domowych autorstwa *Hryszko* i współpr. (9), wg których w Polsce z roku na rok występuje spadek spożycia ryb, co wynika przede wszystkim ze zmniejszenia konsumpcji ryb słodkowodnych (o 15%). Wzrosła natomiast konsumpcja pstrągów (o 9%), karpia (o 6%) oraz śledzi i łososi (o 6,4%). Dane te są zgodne z wynikami badań *Gajewskiej i Ostrowskiej* (5), *Babicz-Zielińskiej i Rybowskiej* (10) oraz *Griegera* i współpr. (11), ponieważ wśród najbardziej lubianych przez studentów gatunków ryb były: łosoś, tuńczyk i makrela. Dalsze miejsca na liście preferencyjnej zajęły: dorsz, śledź, mintaj, halibut, sola, flądra i sardynki/szprotki.

W przeprowadzonym badaniu, oceniono także wpływ określonych czynników na preferencję zakupu ryb oraz ich przetworów przez ankietowane osoby. Uzyskane wyniki wskazują, iż respondenci najczęściej kierują się upodobaniami smakowymi, ceną oraz jakością wybieranych produktów. Są to kryteria, którymi istotnie częściej kierują się osoby w wieku powyżej 60 lat (odpowiednio 90,8%, 64,3% oraz 59,8%), przy czym upodobania smakowe stanowią kluczowy czynnik przy wyborze ww. produktów ($p > 0,05$). Za niepokojący należy uznać fakt, iż wartość odżywcza tych produktów jest czynnikiem, na który częściej zwracają uwagę kobiety (16,3% wobec 11,7% w przypadku mężczyzn; $p > 0,05$), w szczególności poniżej 25 roku życia ($p < 0,05$). Badanie *Gajewskiej i Ostrowskiej* (5), również wykazało, iż wartość smakowa, świeżość oraz cena to najistotniejsze determinanty wyboru ryb morskich dla studentów. Za niepokojący należy uznać fakt, iż niemal 30% studentów wydziału lekarskiego nie przywiązywało wagi do wartości odżywczej ryb, istotnie częściej niż studenci Wydziału Nauk o Żywności (18,2%). Te same czynniki okazały się najważniejsze zarówno dla populacji 45–69-letnich mieszkanki Norwegii (12) oraz 18–84-letnich Europejczyków (13) oraz 51–75-letnich Australijczyków (11).

Czynnikiem mającym bezpośredni wpływ na jakość konsumowanych ryb oraz ich przetworów jest miejsce ich zakupu. Ponad połowa ankietowanych kobiet i mężczyzn zaopatruje się w owe produkty w supermarketach (62–65,6%, $p > 0,05$). Niemniej jednak dotyczy to głównie osób w wieku do 60 roku życia, ponieważ osoby starsze preferują sklepy rybne ($p < 0,05$). Uzyskane wyniki odbiegają od rezultatów badania *PAYBACK Consumer Monitor* (13), wg którego większość Polaków dokonuje zakupów spożywczych w sklepach dyskontowych i osiedlowych (odpowiednio 28% i 26%), rzadziej zaś w hipermarketach (21%) i supermarketach (13%). Zakupy w hipermarketach najczęściej robią osoby w wieku 18–35 lat, zaś klientami osiedlowych sklepów są głównie osoby starsze (powyżej 56 lat). Należy

Tabela III. Preferencje najczęściej kupowanych gatunków świeżych i mrożonych ryb w zależności od poci respondentów

Table III. Preferences of the most frequently purchased fresh and frozen fish species depending on the respondents' gender

„Które, spośród świeżych lub mrożonych ryb wybiera Pani/Pan najczęściej?”	% kobiet	% mężczyzn
Mintaj	39,5	34,9
Dorsz	36,5	31,1
Panga	34,3	34,9
Sola	16,7	13,8
Halibut	15,4	10,9
Łosoś	30,2	36,1
Pstrąg	17,4	24,6
Tuńczyk	9,7	10,1
Karp	13,5	19,1
Morszczuk	6,5	5,5
Inne	14,6	20,1
Nie dotyczy (nie spożywam)	5,3	5,5

Tabela IV. Preferencje najczęściej kupowanych gatunków świeżych i mrożonych ryb w zależności od wieku respondentów

Table IV. Preferences of the most frequently purchased fresh and frozen fish species depending on the respondents' age

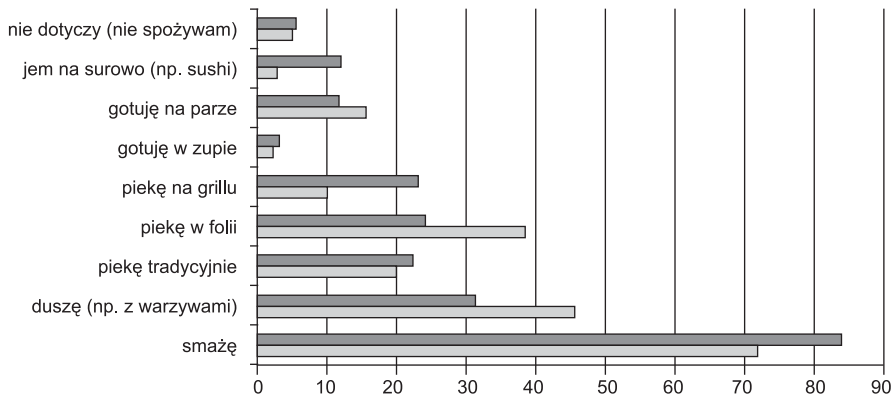
„Które, spośród świeżych lub mrożonych ryb wybiera Pani/Pan najczęściej?”	% osób w wieku do 25 lat	% osób w wieku 25–60 lat	% osób w wieku powyżej 60 lat
Mintaj	35,8	34,2	41,7
Dorsz	23,9	39,3	38,3
Panga	32,8	19,5	51,7
Sola	15,3	15,9	14,6
Halibut	7,2	8,1	24,3
Łosoś	45,9	44,4	9,2
Pstrąg	26,4	33,2	3,3
Tuńczyk	15,5	17,8	4,3
Karp	9,0	9,2	30,8
Morszczuk	5,0	14,5	5,9
Inne	12,0	20,2	20,0
Nie dotyczy (nie spożywam)	5,8	3,0	7,5

jednak wziąć pod uwagę fakt, że zdecydowana większość osiedlowych sklepów spożywczych nie posiada w swojej ofercie świeżych i mrożonych ryb, a wybór przetworów rybnych jest ograniczony.

Blisko połowa ankietowanych kobiet i mężczyzn (40,5–46%) stwierdziła, iż „*asortyment ryb i przetworów rybnych dostępnych w Polsce jest wystarczająco bogaty*”

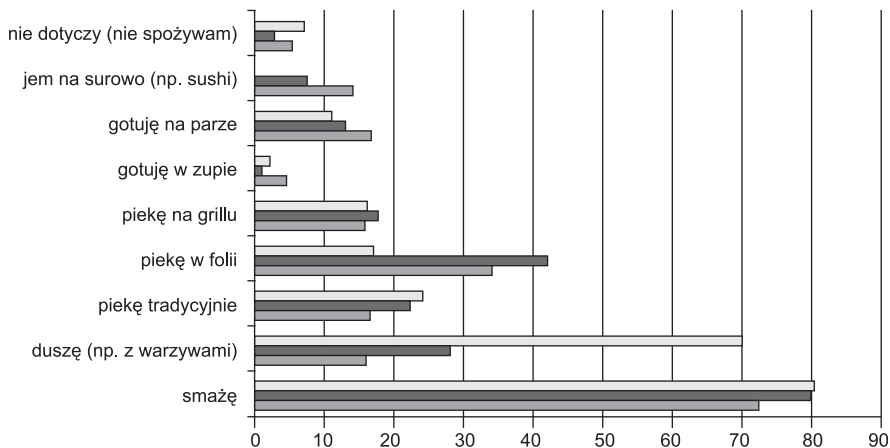
($p > 0,05$). Wiek okazał się czynnikiem istotnie statystycznie różnicującym badane grupy, ponieważ wśród osób zadowolonych większość stanowią osoby w wieku powyżej 25 lat ($p < 0,05$).

Sposób przyrządzania ryb do ich bezpośredniego spożycia był przedmiotem kolejnego pytania, które postawiono respondentom. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, iż przeważająca część Polaków (71,9–84%) głównie smaży ryby, jednakże kobiety zadeklarowały także stosowanie duszenia, pieczenia w folii oraz gotowanie na parze ($p < 0,05$). W badaniu wykazano także, iż osoby w wieku powyżej 60 lat równie często stosują duszenie (69,9%) oraz smażenie ryb (80,8%; $p < 0,05$). Rozkład preferencji dotyczących ulubionych sposobów przyrządzania ryb w zależności od płci i wieku respondentów przedstawiają ryc. 1–2.



Ryc. 1. Preferowane sposoby przyrządzania ryb w zależności od płci respondentów.

Fig. 1. Preferred ways of fish cooking depending on the respondents' gender.



Ryc. 2. Preferowane sposoby przyrządzania ryb w zależności od wieku respondentów.

Fig. 2. Preferred ways of fish cooking depending on the respondents' age.

Na podstawie przeprowadzonego badania stwierdzono także, iż kampanie społeczne mające na celu zwiększenie spożywania ryb w Polsce istotnie częściej docierają do kobiet (54,8%) aniżeli do mężczyzn (37%; $p < 0,05$). Wśród osób zwracających uwagę na treść kampanii reklamowych, największy odsetek respondentów stanowiły osoby starsze w wieku powyżej 60 lat (48,5%) ($p < 0,05$). Za niepokojący należy uznać fakt, iż większość ankietowanych osób, bez względu na wiek ($p < 0,05$) zadeklarowała, iż treść owych kampanii nie ma istotnego wpływu na sposób ich żywienia. Jak wykazało badanie *Grieger* i współpr. (11), dobrymi środkami przekazywania informacji na temat prozdrowotnych właściwości ryb są także specjaliście z zakresu żywienia (w tym głównie dietetycy), czasopisma, programy publicystyczne, reklamy telewizyjne, wiadomości oraz raporty naukowe.

WNIOSKI

1. Niski poziom spożycia ryb oraz ich przetworów wśród badanej populacji Polaków wskazuje na potrzebę skupienia większej uwagi na skuteczności opracowanych kampanii promujących korzyści zdrowotne wynikające z ich spożywania.
2. Preferowany przez konsumentów sposób przygotowywania ryb do spożycia, tj. smażenie, wskazuje na potrzebę uzupełnienia wiedzy respondentów w tym zakresie.

E. Cieślik, A. Siembida, I. Cieślik, K. Zagłaniczna

NUTRITIONAL AWARENESS OF FISH AND FISH PRESERVES CONSUMPTION AMONG THE MALOPOLSKA VOIVODESHIP'S RESIDENTS

Summary

The aim of this study was the estimate frequency of fish and fish preserves consumption among Poles, as well as the characterization of their preferences about the most frequently purchased raw materials and foods made with them. The data was collected among 434 people, including 54.4% of women and 45.6% men, using questionnaire designed specifically for this study. It has been shown that slightly less than half of Poles (48%) did not consume recommended by National Food and Nutrition Institute fish amount. Fish and their preserves were mainly consumed by men aged 25 years old. Among the most frequently consumed by Poles fish species were: pollock, striped catfish, cod and salmon; and among the most popular fish products are canned tuna, marinated herring and mackerel. The biggest influence on the fish and fish preserves purchase have successively taste consumer preferences, price and quality of these products. The nutritional value pay more attention among women, mostly aged 25 years. Nearly half (43%) Poles, mostly men, were satisfied with the fish range offered by fish market in our country. Frying was the most popular way of culinary preparations of fish, mostly preferred by men than women. Half of Poles (54%) did not come into contact with social campaigns about increasing the frequency of fish consumption.

PIŚMIENNICTWO

1. *Gertig H., Przysławski J.*: Bromatologia. Zarys nauki o żywności i żywnieniu, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 2007; 52. – 2. *Kalinowska K.*: Prozdrowotne właściwości ryb. *Mag. Przem. Rybnego*, 2010; 5: 26. – 3. *Polak-Juszczak L.*: Makro- i mikroelementy w rybach. *Żyw. Człow. Metab.*, 2005; 32(supl.1): 988-991. – 4. *Sygnowska E., Waśkiewicz A., Głuszek J., Kwaśniewska M., Biela U., Ko-*

zakiewicz K., Zdrojewski T., Rywik S.: Spożycie produktów spożywczych przez dorosłą populację Polski. Wyniki programu WOBASZ. Kard. Polska, 2005; 63: 6(supl. 4): 1-7. – 5. Gajewska M., Ostrowska A.: Zróżnicowanie spożycia ryb morskich przez studentów dwóch wydziałów Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego. Bromat. Chem. Toksykol., 2009; 42(2): 131-136. – 6. Verbeke W., Sioen I., Pieniak Z., Van Camp J., De Henauf S.: Consumer perception versus scientific evidence about health benefits and safety risks from fish consumption. Public Health Nutr., 2005; 8(4): 422-429. – 7. Pieniak Z., Verbeke W., Schoolderer J.: Health-related beliefs and consumer knowledge as determinants of fish consumption. J. Hum. Nutr. Diet., 2010; 23(5): 480-8. – 8. Myrland R., Trondsen T., Johnston R.S., Lund E.: Determinants of fish consumption in Norway. Lifestyle, revealed preferences, and barriers to consumption. Food Q. Pref., 2000; 11(3): 169-188. – 9. Hryszko K.: Spożycie ryb i przetworów rybnych według badań budżetu gospodarstw domowych. Mag. Przem. Rybnego, 2010; 5: 13-14. – 10. Babicz-Zielińska E., Rybowska A.: Preferencje ryb morskich i owoców morza w środowisku studentów. Żyw. Człow. Metab., 2001; 28: 550-555.

11. Grieger J.A., Miller M., Cobiac L.: Knowledge and barriers relating to fish consumption in older Australians. Appetite, 2012; 59: 456-463. – 12. Trondsen T., Braaten T., Lund E., Eggen A. E.: Health and seafood consumption patterns among women aged 45–69 years. A Norwegian seafood consumption study. Food Q. Pref., 2004; 15(2): 117-128. – 13. Verbeke W., Vackier I.: Individual determinants of fish consumption. Application of the theory of planned behaviour. Appetite, 2005; 44(1): 67-82. – 14. PAYBACK Consumer Monitor: Zakupy po polsku. 2011, <http://www.payback.net/prasa/komunikaty-prasowe/prasowe/article/zakupy-po-polsku/>.

Adres: 30-149 Kraków, ul. Balicka 122.

Anna Guzik, Ewa Sawicka, Anna Długosz

ROLA ESTROGENÓW I CZYNNIKÓW ŚRODOWISKOWYCH W RAKU PROSTATY

Katedra i Zakład Toksykologii Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu

Kierownik: prof. dr hab. *A. Długosz*

Hasła kluczowe: rak prostaty, estrogeny, receptory estrogenowe, fitoestrogeny, czynniki środowiskowe.

Key words: prostatic cancer, estrogens, estrogen receptors, fitoestrogens, environmental pollutants.

Rak gruczołu krokowego, potocznie zwany rakiem prostaty jest najczęstszym nowotworem narządu moczowo-płciowego u mężczyzn (1). Jest on trudny do zdiagnozowania w początkowej fazie wzrostu, ponieważ rozwija się bezobjawowo, nawet przez kilkanaście lat. Zachorowalność i rozpoznanie raka gruczołu krokowego wzrasta wraz z wiekiem, szczególnie po 65. roku życia. Istotne w diagnostyce jest badanie palpacyjne przezodbytnicze, oznaczenie stężenia swoistego antygenu sterczowego (PSA) w surowicy oraz histopatologia bioptatów, dzięki której można ostatecznie zdiagnozować stopień zaawansowania choroby.

Etiologia raka gruczołu krokowego nie jest do końca poznana. W ocenie narażenia uwzględnia się niektóre czynniki ryzyka takie jak wiek, predyspozycje genetyczne, pochodzenie etniczne. W badaniach epidemiologicznych zaobserwowano największą umieralność na raka prostaty wśród Afroamerykanów, mieszkańców Afryki Subsaharyjskiej i Karaibów, a najmniejszą u Azjatów (2). Tę zależność powiązano z dietą obfitą w soję. Uważa się również, że dieta bogata w tłuszcze zawierające kwasy tłuszczowe nasycone (zwierzęce), mięso czerwone, słodczyce oraz otyłość sprzyjają rozwinięciu się nowotworu (3, 4). Nie brak też informacji o wpływie narażenia na czynniki chemiczne na rozwój raka prostaty (5–9).

Najnowsze badania wskazują ponadto na znaczenie estrogenów w rozwoju raka prostaty. Estrogeny występują u mężczyzn w znacznie mniejszym stopniu niż u kobiet ale pełnią istotną funkcję w gospodarce hormonalnej. Produkowane są przez tkankę tłuszczową, gruczoł nadnercza, jądra oraz prawdopodobnie przez prostatę. Dodatkowo estradiol jest miejscowo wytwarzany z testosteronu dzięki działaniu aromatazy. Zauważono wzrost stosunku stężenia estradiolu do testosteronu u mężczyzn wraz z wiekiem (10, 11). Enzym aromataza znajduje się również w gruczole prostaty, dlatego uważa się, że wytwarzanie tam estradiolu ma wpływ na funkcjonowanie tego narządu (12). Aby poznać rolę estrogenów badano receptory estrogenowe ER α i ER β w komórkach nabłonka oraz zrębu prostaty (13). Szczególną uwagę poświęcono fitoestrogenom, ze względu na ich podobieństwo strukturalne do estrogenów i zdolność oddziaływania na receptory estrogenowe. Również szereg czynników

chemicznych, obecnych w środowisku zdolnych jest do oddziaływania na receptor estrogenowy. Nazwano je ksenoestrogenami. Dlatego wydaje się celowe dokonanie przeglądu badań nad rolą estrogenów i czynników środowiskowych w raku prostaty, co jest tematem prezentowanej pracy.

RECEPTORY ESTROGENOWE A RAK PROSTATY

Mechanizm działania estrogenów opiera się na bezpośrednim lub pośrednim wpływie na ekspresję genów przy udziale odpowiednich receptorów. Po połączeniu z receptorem powstaje kompleks estrogen-receptor, który wiąże się z DNA jądra komórkowego i powoduje ekspresję genów i syntezę białek o różnej funkcji biologicznej (14). Odkryto 3 typy receptorów estrogenowych: alfa ($ER\alpha$), beta ($ER\beta$) i błonowe. Oddziaływanie na receptor $ER\alpha$ pobudza proliferację komórek w gruczole piersiowym, macicy, prostatie, natomiast wpływ na receptor $ER\beta$ powoduje zahamowanie proliferacji w gruczole prostaty w fizjologicznym stanie (15). Stwierdzono wzrost ekspresji $ER\alpha$ w raku prostaty, co wskazuje na korelację między ilością i dostępnością receptorów $ER\alpha$, a ryzykiem powstania nowotworu (16). Natomiast wyższą aktywność receptora $ER\beta$ niż $ER\alpha$ w nabłonku prostaty obserwowano u dorosłych zdrowych mężczyzn, nie stwierdzając wzrostu ekspresji $ER\beta$ w raku prostaty (17). Dochodziło nawet do obniżenia aktywności tego receptora w zaawansowanym stadium raka prostaty (16, 18, 19). Bliższe poznanie roli receptorów estrogenowych było możliwe dzięki wyhodowaniu specjalnej rasy myszy (ERKO) pozbawionej jednego z dwóch receptorów, $ER\alpha$ (α ERKO) lub $ER\beta$ (β ERKO) (20). U myszy pozbawionych receptora $ER\alpha$ lub $ER\beta$ zaobserwowano fizjologiczny rozwój prostaty bez cech nowotworowych (21). W kolejnych badaniach na myszach ERKO stwierdzono, że u pozbawionych receptora $ER\alpha$, narażonych w okresie noworodkowym na działanie estrogenów, nie zaobserwowano w wieku dojrzałym zmian nowotworowych w tkankach prostaty (22). Natomiast u myszy β ERKO (z receptorem alfa) w tych samych warunkach eksperymentalnych odnotowano niefizjologiczny rozrost prostaty. Podobne wyniki uzyskano w doświadczeniu na myszach α ERKO (bez receptora alfa) potraktowanych mieszaniną estradiolu i testosteronu. Nie zauważono zmian w tkankach sygnalizujących możliwość powstania dysplazji prostaty. W tym samym eksperymencie na myszach β ERKO (z receptorem alfa, bez receptora beta) zaobserwowano rozrost gruczołu krokowego mogący prowadzić do raka. Autorzy badania wnioskują, że receptor $ER\alpha$ bierze udział w hormonalnej kancerogenezie, gdyż zarówno estradiol, jak i testosteron mogą wywołać nowotwór (17, 23, 24). Natomiast receptor $ER\beta$ może hamować stan zapalny (25). Przejawia on bowiem właściwości antyoksydacyjne i może chronić prostatę przed wolnymi rodnikami wytwarzanymi przez kancerogeny (26).

BADANIE WPLYWU ESTROGENÓW NA RAKA PROSTATY

Receptory estrogenowe obecne są również u szczurów i myszy, dlatego badania prowadzone na zwierzętach pozwalają lepiej poznać mechanizm działania estrogenów (18, 27).

Prius i współpracownicy badali wpływ estrogenów na rozwój raka prostaty u szczurów rasy Sprague-Dawaley (28). Młodym osobnikom podawano tuż po urodzeniu w odstępie kilku dni wysoką dawkę (25 µg) benzoesu estradiolu. Po 90 dniach przeprowadzono badania histologiczne i stwierdzono dysplazję w nabłonku prostaty odznaczającą się między innymi hiperplazją nabłonka oraz zapalnym naciekiem komórek. Autorzy zasugerowali, że narażenie na estrogeny we wczesnych latach życia może prowadzić do neoplazji śródbłonkowej stercza (PIN) u dorosłych osobników.

W doświadczeniu na szczurach rasy Noble (NBL), które posiadają znikomą zdolność do zachorowań na raka prostaty działając testosteronem (T) i 17β-estradiolem (E2) wywołano dysplazję w gruczole prostaty i badano hamujące działanie antyestrogenów (ICI 182,780; tamoxifen) (29, 30). Estrogeny mogą oddziaływać na organizm nie tylko poprzez związanie się z receptorami estrogenowymi. Mogą również działać pośrednio np. przez reaktywne formy tlenu (ROS). Ponadto, metabolity estrogenów mogą wzmacniać genotoksyczność i przyczyniać się do powstania niekontrolowanych zmian w gruczole prostaty (31).

FITOESTROGENY W RAKU PROSTATY

Fitoestrogeny są związkami pochodzenia naturalnego oddziałyującymi na receptor estrogenowy (32). Obecne są w żywności więc ich wpływ zależy od rodzaju diety. Na przykład wegetarianie spożywają wiele związków pochodzenia roślinnego, także bogatych w fitoestrogeny. Niektóre z nich mogą działać chemoprewencyjnie i hamować powstawanie komórek rakowych (33).

Do fitoestrogenów należą izoflawony soi: genisteina i daidzeina. Stwierdzono, że genisteina wywołuje słaby efekt antyrakowy polegający na zahamowaniu angiogenezy, działaniu przeciwnowotworowym oraz wywołaniu apoptozy komórek (32). Obszerny przegląd prac dotyczący wpływu soi i zawartych w niej fitoestrogenów na raka prostaty polegał na analizie publikacji naukowych, które ukazały się w latach 1996–2006 (34). W opracowaniu brano pod uwagę między innymi dietę bogatą w soję lub inne produkty roślinne zawierające izoflawony oraz poziom w surowicy krwi genisteiny, daidzeiny i ekwolu (4',7-izoflawandiol, metabolit daidzeiny). Po przeprowadzonej analizie wyników okazało się, że ryzyko wystąpienia raka prostaty było niższe w obecności wysokich stężeń trzech izoflawonów w surowicy. Jednak wyniki nie były istotne statystycznie co nie pozwala wnioskować o roli fitoestrogenów w raku prostaty.

Inne badania na liniach komórkowych raka prostaty dotyczące fitoestrogenów o różnym mechanizmie przeciwnowotworowym (genisteina, biochinina A oraz kwercetyna) wykazały, że w łącznym działaniu aktywniej hamują proliferację komórek raka prostaty niż stosowane oddzielnie (35). Ponadto, zauważono znaczący wzrost ilości genów odpowiadających za transkrypcję ERβ w komórkach PC-3. Działanie wydaje się korzystne, bo receptory ERβ mogą przeciwdziałać wzrostowi komórek raka prostaty (36).

W doświadczeniu na liniach komórkowych badano wpływ estradiolu i fitoestrogenu na stres oksydacyjny i na ekspresję białek UCP (uncoupling proteins) w raku prostaty (16). Białka UCP występują w błonie mitochondrialnej. Ich zadanie polega

na transporcie protonów do wnętrza mitochondriów poprzez zmianę gradientu, co prowadzi do zmniejszenia potencjału błonowego i redukcji ROS. W eksperymencie zastosowano linie komórkowe VCaP – odznaczające się wysokim stosunkiem receptorów ER α /ER β , linie PC-3 – o średnim stosunku receptorów estrogenowych i linie DU145 – posiadające tylko receptory ER β . Jako czynnik wywołujący powstanie ROS użyto 17- β -estradiol, natomiast jako antyoksydant wybrano genisteinę. Zaobserwowano, że genisteina obniża stres oksydacyjny na liniach komórkowych PC-3 oraz VCaP. Ponadto, na liniach komórkowych VCaP narażonych na 17- β -estradiol wykazano zmniejszenie aktywności enzymów antyoksydacyjnych (CAT-katalaza, GPx-peroksydaza glutationowa) oraz poziomu białek UCP przy jednoczesnym wzroście ilości reaktywnych form tlenu. Natomiast na liniach komórkowych DU145 i PC-3 narażonych również na 17- β -estradiol zaobserwowano wzrost aktywności enzymów antyoksydacyjnych (CAT, GPx) oraz poziomu białek UCP.

Badania potwierdzają, że duża ekspresja receptorów ER α sprzyja powstawaniu raka prostaty, natomiast receptory ER β mają istotny wpływ na zahamowanie rozwoju tego nowotworu (15).

WPLYW NARAŻENIA NA CZYNNIKI CHEMICZNE NA ROZWÓJ RAKA PROSTATY

W wielu badaniach toksykologicznych oceniano wpływ substancji chemicznych w poszczególnych grupach zawodowych na rozwój raka prostaty (37, 38). Ponieważ zanieczyszczenia przemysłowe wpływały na stan środowiska badano także wpływ narażenia środowiskowego (5, 9, 38, 39). Uzyskane dane pozwalają wstępnie określić czynniki ryzyka.

Narażenie na pestycydy

Zaobserwowano nieznaczny wzrost ryzyka wystąpienia raka prostaty u mężczyzn pracujących bezpośrednio z pestycydami nie zawsze będących farmerami. Dodatkowo zauważono, że narażenie to jest groźniejsze dla mieszkańców Stanów Zjednoczonych oraz Kanady niż dla Europejczyków mimo, że poziom stosowania pestycydów był podobny. Różnice mogą wynikać z uwarunkowań genetycznych oraz stylu życia. Uważa się, że zła dieta i otyłość mogą powodować zaburzenia hormonalne i zwiększać ryzyko wystąpienia raka prostaty. Niekorzystny wpływ pestycydów potwierdziły kolejne badania (5). Jednak są dane, które wskazują na brak zależności między stosowaniem pestycydów w rolnictwie a ich wpływem na prawdopodobieństwo wystąpienia raka prostaty (6). *Alavanja* i współprac. próbowali oszacować na podstawie kwestionariusza wpływ 45 pestycydów na raka prostaty (40). Autorzy nie dopatrzili się korelacji między narażeniem, a ryzykiem zachorowania. Jedynie dla czterech pestycydów (karbofuran, permetryna, aldryna, DDT – dichlorodifenylotrichloroetan) wykazano prawdopodobny wpływ na rozwój raka. Ponadto badania *Mink* i współprac. w oparciu o dane z The Agricultural Health Study (AHS) nie wykazały zwiększonej śmiertelności z powodu raka prostaty ani też zwiększonego ryzyka zachorowania w wyniku narażenia na: alachlor, atrazyne, glifosfat, pendimetaleinę, diazinon, kar-

bofuran, chlorpyrifos (6). Nie zaobserwowano więc jednoznacznej korelacji między narażeniem na pestycydy a ryzykiem zachorowania na raka prostaty.

Badania Meyer i współpracowników pokazują, że ryzyko zachorowania na raka prostaty wynikające z pracy w rolnictwie jest większe wśród mężczyzn rasy białej niż wśród Afroamerykanów (41). Duże zainteresowanie badaczy wzbudziła swego czasu sytuacja na wyspie Martynika, na której od 1955 r. stosowano duże ilości pestycydów na plantacji bananów (39). Zaobserwowano znaczny wzrost zachorowań na raka piersi i prostaty u ludzi tam zatrudnionych. Pracownicy byli narażeni na bardzo duże dawki chloroorganicznych pestycydów: DDT, DDE (dichlorodifenylodichloroetylen), HCH (heksachlorocykloheksan), aldrin oraz dieldrin. Przeprowadzona ostatnio analiza danych wskazuje, że długotrwałe oddziaływanie tych związków mogło mieć pośredni wpływ na wzrost zachorowań na raka. Badacze oparli swoje przypuszczenia na mechanizmie działania pestycydów. Szereg z nich to ksenoestrogeny, (np. chloroorganiczne pestycydy), a te mogą zakłócać procesy hormonalne, ponieważ działają jako agoniści lub antagoniści receptorów estrogenowych: ER α i ER β lub antagoniści receptorów androgenowych (42, 43).

Narażenie na dym tytoniowy

Kolejnym istotnym czynnikiem środowiskowym jest aktywne lub bierne narażenie na dym tytoniowy. Palenie papierosów jest uznawane za jeden z głównych czynników wywołujących raka u człowieka (44). Uważa się, że jest to spowodowane tym, że kancerogeny dymu tytoniowego wywołują mutację DNA oraz powodują zaburzenia metabolizmu hormonów (9). Analiza danych epidemiologicznych wskazuje na istotną statystycznie zależność między narażeniem na dym papierosowy, a wzrostem zachorowań i śmiertelności z powodu raka gruczołu krokowego (45). Autorzy stwierdzili istotny statystycznie wzrost (20%) ryzyka rozwinięcia się nowotworu u palaczy w porównaniu do mężczyzn niepalących oraz 9% w stosunku do byłych palaczy.

Narażenie na kadm

W badaniach przeprowadzonych na szczurach narażonych na kadm stwierdzono proliferację tkanek prostaty prowadzącą do powstania guza (46). Wykazano także podwyższone stężenie kadmu w ludzkiej tkance prostaty, dlatego uważa się, że ten metal jest potencjalnym czynnikiem środowiskowym mogącym mieć wpływ na rozwój raka prostaty (7, 47).

Badanie poziomu kadmu w paznokciu stopy mężczyzn, nie narażonych zawodowo na ten metal, nie wykazały w porównaniu do grupy kontrolnej istotnej korelacji między wysokim stężeniem metalu a ryzykiem zachorowania na raka prostaty (48).

Natomiast u Tajwańczyków nie narażonych zawodowo stwierdzono korelację między stężeniem kadmu we krwi i moczu a stopniem zaawansowania klinicznego raka prostaty (wskaźniki Gleasona) (8). Zatem narażenie na kadm może mieć wpływ na zapadalność na nowotwór gruczołu krokowego, tym bardziej, że metal ten zaliczany jest do metaloestrogenów czyli metali oddziaływujących na receptor estrogenowy.

Podsumowując, zaburzenia estrogenowe odgrywają niewątpliwą rolę w rozwoju raka prostaty. Szczególnie groźne są czynniki wzmagające ekspresję receptora ER α . W środowisku jest wiele związków oddziaływujących na receptor estroge-

nowy. Nazwano je ksenoestrogenami. Narażenie na te związki, szczególnie niektóre pestycydy, czy metaloestrogeny wydaje się być ważnym czynnikiem ryzyka raka prostaty, chociaż trudno o jednoznaczne dane epidemiologiczne, natomiast nie brak jest dowodów z badań na zwierzętach.

A. Guzik, E. Sawicka, A. Długosz

THE ROLE OF ESTROGENS AND ENVIRONMENTAL FACTORS IN PROSTATE CANCER

PIŚMIENNICTWO

1. *Wojciechowska U., Didkowska J., Zatoński W.*: Nowotwory złośliwe w Polsce w 2009 roku. Centrum Onkologii, Instytut im. *M. Skłodowskiej-Curie*, Warszawa 2011. – 2. Cancer incidence and mortality worldwide: IARC CancerBase No.10. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer, 2010; www.iarc.fr – 3. *Stasiewicz D., Starostawska E., Brzozowska A., Mocarcka A., Losicki M., Szumilo J., Burdan F.*: Epidemiologia oraz czynniki ryzyka rozwoju raka gruczołu krokowego. *Pol. Merk. Lek.*, 2012; 33(195): 163. – 4. *Fowke J.H., Motley S., Dai Q., Concepcion R., Barocas D.A.*: Association between biomarkers of obesity and risk of high-grade prostatic intraepithelial neoplasia and prostate cancer - Evidence of effect modification by prostate size. *Cancer Letters*, 2013; 328: 345-352. – 5. *Van Maele-Fabry G., Willems J.L.*: Occupation related pesticide exposure and cancer of the prostate: A meta - analysis. *Occup. Environ. Med.*, 2003; 60: 634-642. – 6. *Mink P.J., Adami H.O., Trichopoulos D., Britton N.L., Mandel J.S.*: Pesticides and prostate cancer: A review of epidemiologic studies with specific agricultural exposure information. *Eur. J. Cancer Prev.*, 2008; 17(2): 97-110. – 7. *Waalkes M.P., Rehm S.*: Cadmium and prostate cancer. *J. Toxicol. Environ. Health*, 1994; 43(3): 251-269. – 8. *Chen Y.C., Pu Y.S., Wu H.C., et al.*: Cadmium burden and the risk and phenotype of prostate cancer. *BMC Cancer*, 2009; 9: 429. – 9. *Ferris-i-Tortajada J., Berbel-Tornero O., Garcia-i-Castell J., Lo'pez- Andreu J.A., Sobrino-Najul E., Ortega-Garcia J.A.*: Non- dietary environmental risk factors in prostate cancer. *Actas Urol. Esp.*, 2011; 35(5): 289-295. – 10. *de Jong F.H., Oishi K., Hayes R.B., Bogdanowicz J. F., Reatgerer J. W., et al.*: Peripheral hormone levels in controls and patients with prostatic cancers or benign prostatic hyperplasia: result from the Dutch-Japanese case control study. *Cancer Res.*, 1991; 51: 3445-3450.

11. *Wu A.H., Whittemore A.S., Kolonel L.N., John E.M. et al.*: Serum androgens and sex hormone-binding globulins in relation to lifestyle factors in older African-american, white, and Asian men in the United States and Canada. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.*, 1995; 4: 735-741. – 12. *Ellen S.J., Risbridger G.P.*: Aromatase and prostate cancer. *Minerva Endocrinol.*, 2006; 31: 1-12. – 13. *Horvath L.G., Henshall S.M.*: Frequent loss of estrogen receptor-beta expression in prostate cancer. *Cancer Res.*, 2001; 61(14): 5331-5335. – 14. *Dziedziczko V., Bialecka M., Machoy-Mokrzyńska A., Klodowska-Duda G., Chlubek D.*: Rola estrogenów w chorobie Parkinsona. *Postępy Hig. Med. Dośw.*, 2009; 63: 627-633. – 15. *Warner M., Gustafsson J. A.*: The role of estrogen beta (ER beta) in malignant disease – a new potential target for antiproliferative drugs in prevention and treatment of cancer. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 2010; 396(1): 63-66. – 16. *Miro' A.M., Sastre-Serra J., Pons D.G., Valle A., Roca P., Olivier J.*: 17- β -estradiol regulates oxidative stress in prostate cancer cell lines according to ER alpha/ER beta ratio. *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 2011; 123(3-5): 133-139. – 17. *Ricke W.A., Wang Y., Cunha G.R.*: Steroid hormones and carcinogenesis of the prostate: the role of estrogens. *Differentiation*, 2007; 75: 871-882. – 18. *Latil A., Bieche I., Vidaud D., Liderean R., Berthon P., Cussenot O., Vidaud M.*: Evaluation of androgen, estrogen (ER alpha and ER betha) and progesterone receptor expression in human prostate cancer by real-time quantitative reverse transcription-polymerase chain reaction assays. *Cancer Res.*, 2001; 61(5): 1919-1926. – 19. *Tsurusaki T., Aoki D., Kanetake H.*: Zone-dependent expression of estrogen receptors alpha and beta in human benign prostatic hyperplasia. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 2003; 88(3): 1333-1340. – 20. *Couse J. F., Korach K. S.*: Estrogen receptor-alpha mediates the determinial effects of neonatal diethylstilbestrol (DES) exposure in the murine reproductive tract. *Toxicology*, 2004; 205(1-2): 55-63.

21. *Omoto Y., Imanov O., Warner M., Gustafsson J.A.*: Estrogen receptor alpha and imprinting of the neonatal mouse ventral prostate by estrogen. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2005; 102: 1481-1489. – 22.

Prius G.S., Birch L., Couse J.F., Choi I., Katzenellenbogen B., Korach K.S.: Estrogen imprinting of the developing prostate gland mediated through stromal estrogen receptor alpha: studies with alpha ERKO and beta ERKO mice. *Cancer Res.*, 2001; 61: 6089-6097. – 23. *Ricke W., Ishii K., Ricke E.A., Simko J., Wang Y., Heyward S.W., Cunha G.R.*: Steroid hormones stimulate human prostate cancer progression and metastasis. *Int. J. Cancer.*, 2006; 118(9): 2123-2131. – 24. *Wang Y., Hayward S.W., Cao M., Thayer K.A., Cunha G.R.*: Cell differentiation lineage in the prostate. *Differentiation*, 2001; 68: 270-279. – 25. *Harris H.A., Albert L.M., Leathurby Y., Malamas M.S., Mewshaw R.E., et al.*: Evaluation of an estrogen receptor-beta agonist in animal models of human disease. *Endocrinology*, 2003; 144(10): 4241-4249. – 26. *Prins G.S., Korach K.S.*: The role of estrogens and estrogen receptors in normal prostate growth and disease. *Steroids.*, 2008; 73(3): 233-144. – 27. *Lau K. M., Leav I., Ho S.M.*: Rat estrogen receptor-alpha and-beta, and progesterone receptor mRNA expression in various prostatic lobes and microdissected normal and dysplastic epithelial tissues of the noble rats. *Endocrinology*, 1998; 139(1): 424-427. – 28. *Prius G.S., Birch L., Tang W.Y., Ho S.M.*: Developmental estrogens exposures predispose to prostate carcinogenesis with aging. *Reproductive Toxicology*, 2007; 23: 374-382. – 29. *Thomson C.J., Tam N.N., Joyce J.M., Leav I., Ho S.M.*: Gene expression profiling of testosterone and estradiol-17 beta-induced prostatic dysplasia in noble rats and response to the antiestrogen ICI 182,780. *Endocrinology*, 2002; 143(6): 2093-2105. – 30. *McCormick D.L., Johnson W.D., Lubet R.A., Streck V.E., Bosland M.C.*: Differential chemopreventive activity of the antiandrogen, flutamide, and the antiestrogen, tamoxifen in the rat prostate. *Proc. Am. Assoc. Cancer Res.*, 2002; 43: 640.

31. *Yeh S., Chen M., Ni J., Yin Y., Chang E., Zang M., Wen X.*: Function of estrogen receptor in prostate and prostate cancer in: *Prostate Cancer: Basic mechanism and Therapeutic Approaches.*, W. S. Publishing, New Jersey, 2005: 293-313. – 32. *Magee P.J., Rowland I.R.*: Phytoestrogens, their mechanism of action: current evidence for a role in breast and prostate cancer. *Br. J. Nutr.*, 2004; 91: 513-531. – 33. *Manson M.M., Farmer P.B., Gescher A., Steward W. P.*: Innovative agents in cancer prevention. *Recent Result Cancer Res.*, 2005; 166: 257-275. – 34. *Lof M., Weiderpass E.*: Epidemiologic evidence suggests that dietary phytoestrogen intake is associated with reduced risk of breast, endometrial, and prostate cancers. *Nutrition Research*, 2006; 26: 609-619. – 35. *Kumar R., Verma V., Jain A., Jain R.K., Maikhuri J.P., Gupta G.*: Synergistic chemoprotective mechanism of dietary phytoestrogens in a select combination agonist prostate cancer. *J. Nutr. Biochem.*, 2011; 22(8): 723-731. – 36. *Horvath L.G., Henshall S.M., Lee C.S., Head D.R., Quinn D.J., Makela S, et al.*: Frequent loss of estrogen receptor-beta expression in prostate cancer. *Cancer Res.*, 2001; 61(14): 5331-5335. – 37. *Van Maele-Fabry G., Willems J.L.*: Prostate cancer among pesticide applicators: A meta-analysis. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 2004; 77(8): 559-570. – 38. *Mullins J.K., Loeb S.*: Environmental exposures and prostate cancer. *Urologic Oncology: Seminars and Original Investigations*, 2012; 30: 216-219. – 40. *Alavanja M. C., Samanic C., Dosemeci M., Lubin J., Tajone R., Lynch C. F., et al.*: Use of agricultural pesticides and prostate cancers risk in the agricultural health study cohort. *Am. J. Epidemiol.*, 2003; 157: 800-814.

41. *Meyer T.E., Coker A.L., Sanderson M., Symanski E.*: A case-control study of farming and prostate cancer in African-American and Caucasian men. *Occup. Environ. Med.*, 2007; 64(3): 155-160. – 42. *Lemaire G., Mnif W., Mauvais P., Balaguer P., Rahmani R.*: Activation of alpha- and beta-estrogen receptors by persistent pesticides in reporter cell lines. *Life Sci.*, 2006; 79(12): 1160-1169. – 43. *Escriba H., Bertrand S., Laudet V.*: The evolution of the nuclear receptor superfamily. *Essays Biochem.*, 2004; 40: 11-26. – 44. International Agency for Research on Cancer (IARC). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks in human. Tobacco smoke and involuntary smoking, vol. 83. Lyon, Francia: IARC Press; 2004. – 45. *Huncharek M., Haddock K.S., Reid R., Kupelnick B.*: Smoking as a risk factor for prostate cancer: a meta – analysis of 24 prospective cohort studies. *Am. J. Public Health*, 2010; 100(4): 693-701. – 46. *Benoff S., Jacob A., Hurley I.R.*: Male infertility and environmental exposure to lead and cadmium. *Hum. Reprod. Update*, 2000; 6(2): 107-121. – 47. *Goyer R.A., Liu J., Waalkes M.P.*: Cadmium and cancer of prostate and testis. *Biometals*, 2004; 17(5): 555-558. – 48. *Plats E.A., Helzlsouer K.J., Hoffman S.C., et al.*: Prediagnostic toenail cadmium and zinc and subsequent prostate cancers risk. *Prostate*, 2002; 52(4): 288-296.

Katarzyna Piasecka-Józwiak, Michał Świątek, Beata Chabłowska

WYKORZYSTANIE PRZECIWDROBNOUSTROJOWYCH WŁAŚCIWOŚCI SZCZEPÓW BAKTERII FERMENTACJI MLEKOWEJ DO BIOKONSERWACJI ŻYWNOŚCI

Zakład Technologii Fermentacji

Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego
Kierownik : dr hab. *K. Stecka*, prof. IBPRS

Słowa kluczowe: aktywność przeciwdrobnoustrojowa LAB, bezpieczeństwo żywności, konserwanty, kultury starterowe LAB.

Key words: LAB antimicrobial activity, food safety, preservatives, LAB starter cultures.

Wśród sposobów utrwalania żywności, należących do metod fizycznych, chemicznych (dodatek chemicznych środków konserwujących), a także biologicznych np. poprzez fermentację mlekową (kiszenie), coraz częściej wymieniana jest biokonserwacja. Termin „biokonserwacja” odnosi się do wydłużenia trwałości i bezpieczeństwa żywności i dotyczy głównie wykorzystania szczepów bakterii fermentacji mlekowej (LAB) odznaczających się zdolnością do syntezy *in situ* związków o aktywności przeciwdrobnoustrojowej. Zastosowanie w produkcji żywności oczyszczonych metabolitów syntetyzowanych przez LAB stanowi inne rozwiązanie biologicznej konserwacji (1, 2). W obu wypadkach efekt konserwacji następuje dzięki antagonicznemu oddziaływaniu mikroorganizmów lub metabolitów powstających podczas przeprowadzanego przez nie procesu fermentacji wobec mikrobiologicznych czynników psucia żywności.

Jakkolwiek konserwanty dopuszczone do stosowania w żywności uznane są za bezpieczne dla zdrowia konsumentów, to pozostaje do oceny ryzyko związane ze skumulowaną ich konsumpcją wraz z różnymi innymi dodatkami do żywności (3). Stosowanie chemicznych środków konserwujących jest niezgodne z aktualnymi trendami w przemyśle spożywczym dotyczącymi wytwarzania żywności tradycyjnej, ekologicznej, możliwie jak najmniej przetworzonej, a jeśli utrwalanej to przy zastosowaniu metod pozwalających na zachowanie wartości odżywczej i walorów smakowo-zapachowych. Ograniczenie stosowania środków konserwujących jest coraz częściej wymagane przez konsumentów (4); z tych względów na znaczeniu zyskują metody biokonserwacji. Od dawna świadomie wykorzystywana jest zdolność LAB do utrwalania żywności przede wszystkim poprzez syntezę szerokiego spektrum związków przeciwdrobnoustrojowych (np. kwasów organicznych, peptydów i bakteriocyn) (5), co determinuje szeroki zakres oddziaływania LAB na mikroorganizmy za pomocą takich mechanizmów jak: uszkodzenie ściany lub błony komórkowej, ingerencja w materiał genetyczny, hamowanie syntezy białek i uszkodzenie syste-

mów enzymatycznych (3). Ponadto, wykorzystanie szczepów LAB o naturalnym pochodzeniu (dzikich), uznanych za organizmy bezpieczne (o statusie GRAS) jako biologiczne czynniki konserwujące jest rozwiązaniem ekologicznym.

Coraz większe zainteresowanie i nadzieje zarówno naukowców, jak i producentów żywności budzi aktywność metaboliczna LAB skierowana przeciw drożdżom i pleśniam. Ze względu na zdolność do wzrostu w szerokim zakresie warunków środowiska obecność pleśni i drożdży jest jednym z najczęstszych czynników negatywnie wpływających na jakość żywności. Poza zmianą właściwości organoleptycznych, obecność pleśni z rodzaju *Aspergillus*, *Fusarium* i *Penicillium* może zanieczyszczać te produkty toksycznymi metabolitami pleśni (mikotoksynami) i zarodnikami mającymi działanie alergenne, kancerogenne i mutagenne. Psucie się żywności i pasz spowodowane obecnością pleśni jest także przyczyną strat ekonomicznych.

Aktywność bakterii fermentacji mlekowej wobec pleśni

W ostatnich latach pojawia się coraz więcej doniesień dotyczących aktywności przeciwgrzybowej LAB. Szczepy wykazujące takie właściwości pochodzą z różnych środowisk (surowce pochodzenia roślinnego, przewód pokarmowy zwierząt), a badania nad spektrum i skutecznością aktywności antagonistycznej wielu z nich są źródłem obiecujących pod względem aplikacyjnym danych opisujących zdolność do hamowania rozwoju pleśni, zarówno w warunkach *in vivo* (6, 7, 8), jak również *in situ* (9).

Biorąc pod uwagę liczbę szczepów LAB przebadanych przez różnych autorów pod względem aktywności przeciwpleśniowej można stwierdzić, że jest to właściwość dość rzadko występująca, przy czym nie jest ona związana z przynależnością gatunkową LAB lecz jest cechą szczepową (10, 11). Spośród 1200 izolatów przebadanych przez *Magnusson* i współprac. (7) zdolność do hamowania wzrostu pleśni stwierdzono w przypadku 4% szczepów, z których najwięcej należało do gatunku *Lactobacillus coryniformis*. Ponadto, aktywność antypleśniową stwierdzono u takich gatunków jak *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus salivarius*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus sakei*, *Pediococcus pentosaceus*, *Pediococcus parvulus*. Przebadane izolaty LAB pochodziły z różnorodnego materiału roślinnego oraz przewodu pokarmowego kurcząt (7).

Innym środowiskiem z jakiego wyizolowano LAB o właściwościach antygrzybowych były tradycyjnie produkowane sery feta. W tym przypadku aktywność przeciwpleśniową stwierdzono u 31 z grupy 81 izolatów (12). Zdolność do hamowania wzrostu pleśni 91 szczepów LAB należących do kilku gatunków bakterii z rodzaju *Lactobacillus*, pochodzących z różnych środowisk (produkty mleczarskie, warzywa, kiszonki, soki, zakwasy, wędliny) badał *Gerez* i współprac. (6). Aktywność przeciwpleśniową wykazano w przypadku 10 szczepów należących do gatunków *L. plantarum*, *L. fermentum*, *L. casei*, *L. acidophilus*, i *L. reuteri*. W przypadku szczepów LAB wyizolowanych z owoców tropikalnych, spośród 137 izolatów zdolność do hamowania wzrostu pleśni zaobserwowano tylko w przypadku trzech szczepów należących do gatunków: *L. brevis*, *L. fermentum* i *P. pentosaceus* (5).

Do najintensywniej badanych pod względem właściwości przeciwgrzybowych należą szczepy bakterii wyizolowane z ciast zakwasowych i naturalnych zakwasów

piekarskich. *Garofalo* i współpr. (13) przeprowadzili selekcję spośród 216 szczepów, w wyniku której wyodrębnili dwa szczepy odznaczające się zdolnością do syntezy związków przeciwgrzybowych – *Lactobacillus paralimentarius* PB127 i *Lactobacillus rossiae* LD108. W badaniach prowadzonych przez *Valerio* i współpr. (8) skupiono się na określeniu aktywności przeciwgrzybowej bakterii wyizolowanych z mąki pszennej; aktywność tę stwierdzono u 10 spośród 125 izolatów w tym należących do gatunków: *Leuconostoc citreum* i *L. rossiae*.

Zannini i współpr. (11) wyizolowali z zakwasów pszennych, ciasta chlebowego i ciasta słodkiego 217 szczepów LAB i zbadali ich aktywność antymikrobiologiczną wobec pleśni *Aspergillus heteromorphus*, *Eurotium niveglaucum* oraz *Penicillium roseopurpureum*, wyizolowanych z pomieszczeń piekarni rzemieślniczych oraz tzw. zwrotów piekarskich. W grupie otrzymanych szczepów LAB, 21 izolatów odznaczało się silną aktywnością antypleśniową sugerującą, że mogą być one w przyszłości stosowane w biokonserwacji pieczywa.

Tab e l a 1. Szczepy bakterii fermentacji mlekowej charakteryzujące się aktywnością przeciwpleśniową; przykłady wg. publikacji od 2000 roku

Tab l e 1. Lactic acid bacteria strains exhibited antifungal activity; examples since 2000 year

Szczepy LAB	Źródło izolacji	Związki przeciwpleśniowe	Źródło
<i>L. plantarum</i> 21B	ciasta zakwasowe	PLA, 4-OH-PLA	10
<i>L. plantarum</i> VTT E-78076 (E76) <i>L. plantarum</i> VTT E-79098 (E98)	piwo kiszona kapusta	kwas benzoesowy, 5-metylohydantoina, lakton kwasu mewalonowego, cykliczne dipeptydy	30
<i>L. coryniformis</i> Si3	trawy	cykliczne dipeptydy, reuteryna, PLA	7, 17
<i>L. plantarum</i> MiLAB 393	kiszonki traw	cykliczne dipeptydy, PLA	15
<i>L. plantarum</i> MiLAB14	kwiaty bzu	3-hydroksylowe kwasy tłuszczowe	31
<i>L. plantarum</i> FST 1.7	słód jęczmienny	kwas mlekowy i PLA, cykliczne dipeptydy	18
<i>Leuconostoc citreum</i> <i>L. rossiae</i> , <i>L. plantarum</i>	mąka pszenna	kwas mlekowy, octowy, PLA, OH-PLA	8
<i>L. plantarum</i> PCS 20 <i>L. plantarum</i> PCS 22	żywność	kwas mlekowy	32
m.in. <i>L. plantarum</i> 2032 <i>L. paracasei</i> 2071	ser feta	związki o charakterze białkowym	12
<i>Lactobacillus amylovorus</i> DSM 19280	mąka	pochodne kwasu cyjanonowego, PLA, OH-PLA, kwas mlekowy, octowy, glukuronowy, salicylowy, nukleozydy (cytydyna oraz 2-deoksycytydyna), cykliczne dipeptydy	19
<i>L. brevis</i> G004 <i>L. fermentum</i> Te007, <i>P. pentosaceus</i> Te010	owoce tropikalne	niezidentyfikowane	5
<i>Lactobacillus paralimentarius</i> PB127	ciasta zakwasowe	peptydy zgodne z fragmentami otrzymwanymi po proteolizie α -gliadyn	13

Szczepy LAB	Źródło izolacji	Związki przeciwplesniowe	Źródło
<i>Lactobacillus rossiae</i> LD108	ciasta zakwasowe	peptydy zgodne z fragmentami otrzymanymi po proteolizie α -gliadyn	13
<i>L. fermentum</i> CRL 251	produkty mleczarskie	peptydy o masie <10 kDa	6
<i>Lactobacillus hammesii</i> DSM 16381	ciasta zakwasowe	uwodnione kwasy tłuszczowe	20

PLA kwas fenylomlekowy; OH-PLA kwas hydroksy fenylomlekowy

Związki oddziałujące przeciwrzybowo syntetyzowane przez bakterie fermentacji mlekowej

Większość zidentyfikowanych dotychczas metabolitów LAB odpowiedzialnych za aktywność przeciwdrobnoustrojową należy do związków niskocząsteczkowych jak kwasy organiczne, diacetyl, etanol, nadtlenek wodoru, hydroksylowane (uwodnione) kwasy tłuszczowe, cykliczne dipeptydy, związki fenolowe, kwas fenylomlekowy (PLA) i bakteriocyny (7, 10). W przypadku kwasów organicznych szczególnie silną aktywność przeciwplesniową przypisuje się synergistycznemu oddziaływananiu kwasu octowego i mlekowego. Kwas propionowy odznacza się najwyższą zdolnością wywoływania zmian dysocjacyjnych w strukturach komórkowych, będących przyczyną działania antygrzybowego (14).

Ze względu na szerokie spektrum działania przeciwdrobnoustrojowego i przeciwplesniowego, metabolitem LAB, skupiającym szczególną uwagę, jest PLA. PLA oraz jego uwodniona postać, kwas 4-hydroksy-fenylomlekowy (OH-PLA), zaliczane są do związków odpowiedzialnych za aktywność szczepów *L. plantarum* 21B, *L. plantarum* MiLAB 393, *L. coryniformis* Si3, *P. pentosaceus* MiLAB 024, *L. sakei* MiLAB 091 skierowaną przeciw pleśniom (7, 10, 15). Jakkolwiek działanie przeciwplesniowe PLA w czystej postaci zaobserwowano przy stosunkowo wysokich stężeniach (mg/cm^3), to w przypadku oddziaływania LAB, syntetyzujących do ok. 0,5 mM PLA ($83 \text{ mg}/\text{dm}^3$), wpływ PLA na rozwój pleśni jest wzmocniony obecnością kwasu octowego i mlekowego, a także niskimi wartościami pH środowiska (pH 4 i niższe) (16).

W odniesieniu do niektórych LAB, wykazujących aktywność przeciwrzybową, zaobserwowano białkowy charakter tej aktywności i jej zanik w wyniku zastosowania enzymów proteolitycznych, co autorzy tłumaczą obecnością związków podobnych do bakteriocyn (12). Białkowy charakter aktywności przeciwplesniowej *L. coryniformis* Si3 potwierdzono poprzez wykazanie wrażliwości metabolitów tego szczepu na enzymy proteolityczne (17). *Garofalo* i wsp. (13) wykazali obecność bakteriocyn w supernatancie uzyskanym z zakwasu piekarskiego poddanego procesowi fermentacji w obecności szczepów *L. rossiae* LD108 i *L. paralimenarius* PBI27; badane białka przyczyniały się do ograniczenia wzrostu pleśni *Aspergillus japonicus*.

Często opisywaną cechą szczepów LAB jest ich zdolność do syntezy cyklicznych dipeptydów, czyli związków o niskiej masie cząsteczkowej. Dipeptydy cyklo(L-Leu-L-Pro) oraz cyklo(L-Phe-L-Pro) odpowiedzialne są za aktywność przeciwplesnio-

wą szczepu *L. plantarum* FST 1.7 (18); natomiast szerokie spektrum aktywności szczepu *L. plantarum* MiLAB 393 związane jest z syntezą cyklo(L-Phe-L-Pro) i cyklo(L-(Phe-trans-4OH-L-Pro) (15). Początkowo zdolność do syntezy dipeptydów o właściwościach antygrzybowych przypisywano jedynie szczepom należącym do gatunku *L. plantarum*, znaleziono jednak szczepy bakterii innych gatunków (*P. pentosaceus*, *L. coryniformis*, *L. amylovorus*, *L. casei*) odznaczające się zdolnością do syntetyzowania takich związków (7, 9, 19).

Kolejną grupą związków o charakterze przeciwgrzybowym są kwasy tłuszczowe i ich uwodnione analogi (hydroksykwas). Badania Black i współpr. (20) wykazały zdolność szczepu *L. hammesii* SM 16381 do konwersji kwasu linolowego do hydroksykwasów tłuszczowych (m. in. kwasu 13-hydroksy-9,11-oktadekadienowego) działających przeciwpleśniowo. Zastosowanie tego kwasu w zakwasach piekarskich, w ilości 0,15% umożliwia wydłużenie czasu przechowywania pieczywa o 2–3 dni (20).

Mechanizm oddziaływania

Oddziaływanie przeciwpleśniowe LAB polega z jednej strony na hamowaniu wzrostu pleśni i syntetyzowaniu metabolitów przeciwpleśniowych, z drugiej, w przypadku niektórych mikotoksyn, na hamowaniu ich syntezy lub wiązaniu do ścian komórkowych LAB. Unieczynnianie mikotoksyn poprzez unieruchomienie jest najszerszej opisane w przypadku aflatoksyn, ale dotyczy również fusariotoksyn jak zearalenon i α -zearalenon, trichotecenów, ochratoksyn. Efektywność wyłapywania aflatoksyn zależy od szczepu. Stwierdzono dużą redukcję (aż do 80% spośród znajdującej się w roztworze) aflatoksyny B1 przez szczep probiotyczny *Lactobacillus rhamnosus* LC-705, a także *L. rhamnosus* GG (21).

Cechą charakterystyczną szczepów LAB jest zdolność do syntezy kwasów organicznych, takich jak: kwas mlekowy, octowy i propionowy. Wskutek obecności tych kwasów następuje obniżenie pH środowiska, co w konsekwencji ogranicza wzrost innych bakterii i grzybów (2). Wpływ kwasów organicznych na komórki drobnoustrojów zależy od ich budowy; do hamowania wzrostu bakterii przyczynia się zwłaszcza obecność w środowisku formy niezdysocjowanej kwasu, przenikanie kwasów do wnętrza powoduje obniżenie pH cytozolu komórek i zmiany w przepuszczalności błon komórkowych bakterii (22).

Mechanizm oddziaływania kwasów tłuszczowych i hydroksykwasów tłuszczowych na komórki grzybów nie został w pełni poznany. Jednej z hipotez dostarcza praca Avis i Belanger (23) opisująca aktywność kwasu *cis*-9-heptadekanowego syntetyzowanego przez *Pseudozyma flocculosa*, wykazującą aktywność fungistatyczną wobec pleśni fitopatogennych. Aktywność tego związku autorzy tłumaczą wnikaniem cząsteczek kwasu tłuszczowego w strukturę błony lipidowej komórek organizmu wrażliwego, co jest przyczyną naruszenia ciągłości membrany oraz niekontrolowanego wypływu cytoplazmy (23).

Zastosowanie elektroforezy dwukierunkowej w badaniu zmian profili białkowych pleśni *Aspergillus nidulans* hodowanej w obecności szczepu *L. plantarum* MiLAB 393 pozwoliło określić zakres zmian na poziomie translacji białek; zaobserwowano wzmoczoną ekspresję białka LbuA i jednoczesną syntezę trzech różnych postaci tej cząsteczki w komórkach pleśni rozwijającej się w obecności badanego szczepu LAB

(24). Ekspozycja na działanie substancji przeciwpleśniowych prowadziła również do zmian morfologicznych strzępek pleśni, u których obserwowano powiększenie wakuoli, atypowe rozgałęzienie strzępek oraz ich wyraźne powiększenie (24).

W doświadczeniach przeprowadzonych przez *Adebayo* i *Aderiye* (25) śledzono wpływ obecności brewicyny SG1 na drożdże *Candida albicans* oraz pleśń *Penicillium citrinum*. Komórki badanych organizmów odznaczały się nieregularnym kształtem lub wykazywały wysoki stopień lizy, co prowadziło do istotnych zmian w ilości otrzymanej biomasy. Prawdopodobną przyczyną obserwowanych zmian była ingerencja bakteriocyny w aktywność enzymów zaangażowanych w syntezę ściany komórkowej (25).

Doświadczenia z zastosowaniem mikromacierzy na transkryptomie *C. albicans* pozwoliły na identyfikację genów, uczestniczących w procesach wzrostu strzępek, powstawania ściany komórkowej i syntezy ergosterolu, których poziom ekspresji ulega obniżeniu w obecności probiotycznych szczepów *L. rhamnosus* GR-1 i *L. reuteri* RC-14 w środowisku hodowlanym. W tych samych warunkach obserwowano wzrost ilości transkryptów genów zaangażowanych m.in. w procesy adaptacji do warunków stresu (26).

Zastosowanie

Popularną metodą ochrony pieczywa przed rozwojem pleśni jest stosowanie propionianu wapnia (CAP). Dyrektywa nr 95/2/EC dopuszcza stosowanie CAP w utrwalaniu pieczywa w dawce do 3000 ppm. W odniesieniu do zakwasów piekarskich stwierdzono, że zastosowanie szczepów LAB o właściwościach przeciwpleśniowych pozwala na ograniczenie użycia CAP.

Ryan i współpr. (27) opisali możliwość ograniczenia dawki CAP do 1000 ppm przy jednoczesnym zastosowaniu *L. plantarum* FST 1.7 i *L. plantarum* FST 1.9 w inicjowaniu procesu fermentacji zakwasu piekarskiego. Według innych badań, zakwas piekarski poddany procesowi fermentacji w obecności kultury starterowej szczepu *L. plantarum* 21B zdolnego do wydajnej syntezy PLA i OH-PLA, odznaczał się o 7 dni lepszą trwałością niż zakwas poddany procesowi fermentacji w obecności szczepu *L. brevis* 1D (10).

Zgłoszono do ochrony patent międzynarodowy, którego przedmiotem jest *Lactobacillus amylovorus* DSM 19280 odznaczający się właściwościami przeciwgrzybowymi pozwalającymi na otrzymanie pieczywa o trwałości dwukrotnie przewyższającej trwałość pieczywa otrzymanego z dodatkiem 0,3% CAP (28). *Zhang* i współpr. (29) próbowali wykorzystać do wydłużenia trwałości mikrobiologicznej chleba, znany z procesu fermentacji kiszonek, kometabolizm *Lactobacillus buchneri* i *Lactobacillus diolivorans*, polegający na przeprowadzeniu kwasu mlekowego do propionowego.

Podsumowanie

Biorąc pod uwagę tendencje związane z zapewnieniem bezpieczeństwa żywności i koniecznością zminimalizowania strat spowodowanych psuciem się surowców i produktów żywnościowych, przy jednoczesnym ograniczeniu stosowania chemicznych środków konserwujących, rozwój badań dotyczących przeciwgrzybowych właściwości

LAB i ich wykorzystania do biokonserwacji wydaje się istotny zarówno pod względem poznawczym, jak i możliwości aplikacji. Pomimo intensywnie prowadzonych prac nad selekcją szczepów zdolnych do syntezy związków kontrolujących rozwój drożdży i pleśni w produktach żywnościowych, nadal brakuje odpowiednich kultur starterowych i preparatów przeznaczonych do praktyki przemysłowej. Przedstawione dane wskazują na wysoki potencjał biokonserwacji, jako rozwiązania pozwalającego na zapewnienie konsumentom bezpieczeństwa żywności przy jednoczesnym wyeliminowaniu lub ograniczeniu stosowania chemicznych środków konserwujących. Szczególnie nadzieje pokładane są w poszukiwaniu szczepów LAB odznaczających się zdolnością do syntezy różnych związków o szerokim spektrum oddziaływania przeciwgrzybowego, przy jednoczesnym korzystnym wpływie wyselekcjonowanej kultury na cechy organoleptyczne produktu. Izolacja takich organizmów byłaby korzystna nie tylko ze względów technologicznych, ale również ekonomicznych.

K. Piasecka-Jóźwiak, M. Świątek, B. Chabłowska

APPLICATION OF ANTIFUNGAL PROPERTIES OF LACTIC ACID BACTERIA STRAINS
TO FOOD BIOCONSERVATION

PIŚMIENNICTWO

1. *Gaggia F., Di Gioia D., Baffoni L., Biavati B.*: The role of protective and probiotic cultures in food and feed and their impact in food safety. *Trends Food Sci. Tech.*, 2011; 22(1): 58-66. – 2. *Ross R.P., Morgan S., Hill C.*: Preservation and fermentation: past, present and future. *Int. J. Food Microbiol.*, 2002; 79(1-2): 3-16. – 3. *Davidson M., Branen A.L.*: Food Antimicrobials-An Introduction. In: *Antimicrobials in Food*. Third Edition. Taylor & Francis Group, 2005. – 4. WHO: World Agriculture: Towards 2015/2030 Summary Report, 2000; <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/004/y3557e/y3557e.pdf>. – 5. *Muhalidin B., Hassan Z.*: Screening of lactic acid bacteria for antifungal activity against *Aspergillus oryzae*. *Am. J. Appl. Sci.*, 2011; 8(5): 447-451. – 6. *Gerez C., Torres M., Font de Valdez, Rollan G.*: Control of spoilage fungi by lactic acid bacteria. *Biol. Control*, 2013; 64(3): 231-237. – 7. *Magnusson J., Ström K., Roos S., Sjögren J., Schnürer J.*: Broad and complex antifungal activity among environmental isolates of lactic acid bacteria. *FEMS Microbiol. Lett.*, 2003; 219(1): 129-135. – 8. *Valerio F., Favilla M., De Bellis P., Sisto A., de Candida S., Lavermicocca P.*: Antifungal activity of strains of lactic acid bacteria isolated from a semolina ecosystem against *Penicillium roqueforti*, *Aspergillus niger* and *Endomyces fibuliger* contaminating bakery products. *Syst. Appl. Microbiol.*, 2009; 32(6): 438-448. – 9. *Rouse S., Harnett D., Vaughan A., van Sinderen D.*: Lactic acid bacteria with potential to eliminate fungal spoilage in foods. *J. Appl. Microbiol.*, 2008; 104(3): 915-923. – 10. *Lavermicocca P., Valerio F., Evidente A., Lazzaroni S., Corsetti A., Gobetti M.*: Purification and characterization of novel antifungal compounds by sourdough *Lactobacillus plantarum* 21B. *Appl. Environ. Microb.*, 2000; 66(9): 4084-4090.

11. *Zannini E., Garofalo C., Aquilanti L., Santarelli S., Silvestri G., Clementi F.*: Microbiological and technological characterization of sourdough destined for bread making with barley flour. *Food Microbiol.*, 2009; 26(7): 744-753. – 12. *Voulgari K., Hatzikamari M., Delepoglou A., Georgakopoulos P., Litopoulou-Tzanetaki E., Tzanetakis N.*: Antifungal activity of non-starter lactic acid bacteria isolates from dairy products. *Food Control*, 2010; 21(2): 136-142. – 13. *Garofalo C., Zannini E., Aquilanti L., Silvestri G., Fierro O., Picariello G., Clementi F.*: Selection of sourdough lactobacilli with antifungal activity for use as biopreservatives in bakery products. *J. Agr. Food Chem.*, 2012; 60(31): 7719-7728. – 14. *Lind H., Jonsson H., Schnürer J.*: Antifungal effect of dairy propionibacteria-contribution of organic acids. *Int. J. Food Microbiol.*, 2005; 98(2): 157-165. – 15. *Ström K., Sjögren J., Broberg A., Schnürer J.*: *Lactobacillus plantarum* MiLAB 393 produces the antifungal cyclic dipeptides cyclo(L-Phe-L-Pro) and cyclo(L-Phe-trans-4-OH-L-Pro) and 3-phenyllactic acid. *Appl. Environ. Microbiol.*, 2002; 68(9): 4322-

4327. – 16. *Lavermicocca P., Valerio F., Visconti A.*: Antifungal activity of phenyllactic acid against molds isolated from bakery products. *Appl. Environ. Microb.*, 2003; 69(1): 634-640. – 17. *Magnusson J., Schnürer J.*: *Lactobacillus coryniformis* subsp. *coryniformis* strain Si3 produces a broad-spectrum proteinaceous antifungal compound. *Appl. Environ. Microb.*, 2001; 67(1): 1-5. – 18. *Dal Bello F., Clarke C.L., Ryan L.A.M., Ulmer H., Schober T.J., Ström K., Sjögren J., Van Sinderen D., Schnürer J., Arendt E.K.*: Improvement of the quality and shelf life of wheat bread by fermentation with the antifungal strain *Lactobacillus plantarum* FST 1.7. *J. Cereal Sci.*, 2007; 45(3): 309-318. – 19. *Ryan L.A.M., Zannini E., Dal Bello F., Pawlowska A., Koehler P., Arendt, E.K.*: *Lactobacillus amylovorus* DSM 19280 as a novel food-grade antifungal agent for bakery products. *Int. J. Food Microbiol.*, 2011; 146(3): 276-283. – 20. *Black B.A., Zannini E., Curtis J.M., Ganzle M.G.*: Antifungal hydroxy-fatty acids produced during sourdough fermentation: microbial and enzymatic pathways, and antifungal activity in bread. *Appl. Environ. Microbiol.*, 2013; 79(6): 1866-1873.

21. *Haskard C., El-Nezami H.S., Kankaanpää P.E., Salminen S., Ahokas J.T.*: Surface Binding of Aflatoxin B1 by Lactic Acid Bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.*, 2001; 67(7): 3086-3091. – 22. *Alakomi H.L., Skyttä E., Saarela M., Mattila-Sandholm T., Latva-Kala K., Helander I.M.*: Lactic Acid Permeabilizes Gram-Negative Bacteria by Disrupting the Outer Membrane. *Appl. Environ. Microbiol.*, 2000; 66(5): 2001-2005. – 23. *Avis T.J., Belanger R.R.*: Specificity and mode of action of the antifungal fatty acid cis-9-heptadecenoic acid produced by *Pseudozyma flocculosa*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 2001; 67(2): 956-960. – 24. *Ström K., Schnürer J., Melin P.*: Co-cultivation of antifungal *Lactobacillus plantarum* MiLAB 393 and *Aspergillus nidulans*, evaluation of effects on fungal growth and protein expression. *FEMS Microbiol. Lett.*, 2005; 246(1): 119-124. – 25. *Adebayo C.O., Aderiyi B.I.*: Suspected mode of antimycotic action of brevicin SG1 against *Candida albicans* and *Penicillium citrinum*. *Food Control*, 2011; 22(12): 1814-1820. – 26. *Kohler G.A., Assefa S., Reid G.*: Probiotic interference of *Lactobacillus rhamnosus* GR-1 and *Lactobacillus reuteri* RC-14 with the opportunistic fungal pathogen *Candida albicans*. *Infect Dis Obstet Gynecol*, 2012; 2012: 1-14. – 27. *Ryan L.A., Dal Bello F., Arendt E.K.*: The use of sourdough fermented by antifungal LAB to reduce the amount of calcium propionate in bread. *Int. J. Food Microbiol.*, 2008; 125(3): 274-278. – 28. *Arendt E.K., Dal Bello F., Ryan L.*: Increasing the shelf life of bakery and patisserie products by using the antifungal *Lactobacillus amylovorus* DSM 19280. *Zgłoszenie patentowe PCT WO 2009/141427*. – 29. *Zhang C., Brandt M.J., Schwab C., Ganzle M.G.*: Propionic acid production by cofermentation of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus diolivorans* in sourdough. *Food Microbiol.* 2010; 27(3): 390-5. – 30. *Laitila A., Alakomi H-L., Raaska L., Mattila-Sandholm T., Haikara A.*: Antifungal activities of two *Lactobacillus plantarum* strains against *Fusarium* moulds *in vitro* and in malting of barley. *J. Appl. Microbiol.*, 2002; 93(4): 566-576.

31. *Sjögren J., Magnusson J., Broberg A., Schnürer J., Kenne L.*: Antifungal 3-hydroxy fatty acids from *Lactobacillus plantarum* MiLAB 14. *Appl. Environ. Microbiol.*, 2003; 69(12): 7554-7557. – 32. *Schillinger U., Villarreal J.*: Inhibition of *Penicillium nordicum* in MRS medium by lactic acid bacteria isolated from foods. *Food Control*, 2010; 21(2): 107-111.

Adres: 02-532 Warszawa, ul. Rakowiecka 36

Anna Marietta Salejda, Grażyna Krasnowska

BIOAKTYWNE SKŁADNIKI JAJA KURZEGO – MOŻLIWOŚCI APLIKACYJNE W BIOKONSERWACJI MIĘSA ORAZ JEGO PRZETWORÓW

Katedra Technologii Surowców Zwierzęcych i Zarządzania Jakością
Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu
Kierownik: prof. dr hab. *T.Trziszka*

Słowa kluczowe: biokonserwacja, białka jaja kurzego, lizozym, cystatyna, mięso.
Key words: biopreservation, hen egg proteins, lysozyme, cystatin, meat.

Utrwalanie żywności za pomocą substancji pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego jest przedmiotem zainteresowań zarówno producentów żywności, jak i jej konsumentów. Obserwuje się bowiem przyjęcie ogólnego kierunku badań związanego z poszukiwaniem nowych metod przedłużania trwałości produktów spożywczych, będących alternatywą dla powszechnie stosowanych syntetycznych dodatków do żywności. W branży mięsnej również poszukuje się nowych źródeł związków hamujących rozwój bakterii odpowiedzialnych za psucie się mięsa i jego przetworów. Jednym ze sposobów przedłużania trwałości żywności jest wykorzystanie bioaktywnych składników wyizolowanych z jaja. Mechanizm działania niektórych z nich w układach mięsno-tłuszczowych, jest już dobrze poznany, inne są przedmiotem badań.

Jaja kurze są doskonałym źródłem białek o różnorodnych właściwościach biologicznych, fizykochemicznych czy technologicznych (1). Ich aktywność przeciwdrobnoustrojowa może być wykorzystana w utrwalaniu mięsa i jego przetworów. Działanie bakteriobójcze i/lub bakteriostyczne białek wyizolowanych z surowca jajczarskiego związane jest z lizą ściany komórkowej patogennych bakterii (np. lizozym), inhibicją bakteryjnych proteaz (np. owomukoid, owoinhibitor, cystatyna i owostatyna) czy też ze zdolnością do chelatowania jonów metali (np. foswityna, owotransferyna) (1, 2, 3).

Lizozym

Lizozym jaja ma pożądane właściwości jako substancja konserwująca żywność i jest uważany za jej bezpieczny składnik. Wykazano, iż wyizolowany czysty enzym może wydłużyć termin przydatności do spożycia różnorodnych produktów żywnościowych (4). Największą liczbę patentów, dotyczących praktycznego wykorzystania lizozymu, opracowano w Japonii, gdzie stosuje się go do konserwowania wielu produktów spożywczych, w tym między innymi mięsa i produktów mięsnych, ryb i ich przetworów, mleka i produktów mleczarskich, świeżych warzyw, owoców, wina i sake. W krajach Unii Europejskiej, zgodnie z wykazem dopuszczonych dodatków

do żywności, może być wykorzystywany w ilości *quantum satis* tylko w produkcji serów dojrzewających (5).

Lizozym jest enzymem bakteriolitycznym, występującym powszechnie w przyrodzie w postaci monomeru. Białko jaja stanowi bogate i łatwo dostępne jego źródło. W białku jaja kurzego lizozym stanowi 3,5% jego białek (6, 7). Lizozym (muramidaza) jest zasadowym białkiem globularnym, o masie cząsteczkowej 14,4 kDa. Łańcuch polipeptydowy zbudowany z 129 aminokwasów. Jego układ przestrzenny warunkowany jest 4 wiązaniami disiarczkowymi. Wykazuje aktywność w szerokim zakresie pH w żywności, jakkolwiek optimum występuje przy pH 5,3 do 6,4. Enzym ten jest stabilny termicznie w środowisku kwaśnym, natomiast przy wyższych wartościach pH następuje jego inaktywacja. Czynnikiem stymulującym aktywność lizozymu przy wyższych wartościach pH jest bufor fosforanowy. Posiada zdolność hydrolizy wiązań β -glikozydowych pomiędzy kwasem N-acetylmuraminowym i N-acetyloglukozaminą ściany komórkowej bakterii Gram-dodatnich (1, 4, 6, 8, 9). W przypadku bakterii Gram-ujemnych, dodatkową barierę dla lizozymu bakteryjnego stanowi błona zewnętrzna, składająca się z białka, fosfolipidów i lipopolisacharydów (10).

Istnieje możliwość rozszerzenia zakresu działania lizozymu o bakterie Gram-ujemne poprzez jego termiczną modyfikację, zmiany pH lub poprzez działanie wysokim ciśnieniem. Stwierdzono, że denaturacja cieplna lizozymu spowodowana wzrostem temperatury, powoduje postępującą utratę aktywności enzymatycznej, podczas gdy jego działanie przeciwbakteryjne wobec bakterii Gram-ujemnych jest znacznie zwiększone. Aktywność lizozymu może być też zwiększona obecnością środków konserwujących, zwłaszcza nizinny, azotanów (III) i mleczanu sodu, lub substancji, takich jak kwas wersenowy (EDTA), ester butylowy kwasu 4-hydroksybenzoesowego (butylparaben), fosforan trisodowy i chlorek sodu. Inną z metod prowadzących do zwiększenia aktywności enzymu w stosunku do bakterii Gram-ujemnych jest stworzenie koniugatów lizozymu z substancjami czynnymi. Badania przeprowadzone do tej pory dotyczyły tworzenia kompleksów z kwasem palmitynowym, dekstranem, pięciopeptydem Phe–Phe–Val–Ala–Pro czy galaktomannanem (9, 11, 12, 13, 14).

Lizozym wydaje się spełniać kryteria biologicznej substancji utrwalającej z możliwością aplikacji w mięsie oraz jego przetworach. *Malicki* i współpr. (9) określili jego wpływ na trwałość i bezpieczeństwo mikrobiologiczne kielbasy drobiowej parzonej, zabezpieczonej osłonką barierową, do której przed obróbką termiczną dodano 200 ppm lizozymu w postaci solanki nastrzykowej. Kielbasy przechowywano przez okres 28 dni w temp. 4°C. Przez cały okres przechowywania, ogólna liczba bakterii tlenowych w kielbasach z dodatkiem lizozymu była o 2–3 log jtk \times g⁻¹ niższa niż w próbkach kontrolnych. W próbce kontrolnej granica zepsucia mikrobiologicznego (5 log jtk \times g⁻¹) została przekroczona już w 14. dniu przechowywania, co wskazuje, że pod wpływem dodatku lizozymu trwałość produktu wydłużyła się co najmniej dwukrotnie. Dodatek lizozymu skutecznie hamował przez 3 tygodnie wzrost bakterii fermentacji mlekowej. Z uzyskanych rezultatów wynika, że dodatek lizozymu wpływa korzystnie na stan mikrobiologiczny produktów mięsnych i znacznie wydłuża ich trwałość podczas chłodniczego przechowywania. Można wywnioskować, że lizozym dodany do surowca, nie stracił swoich właściwości nawet po obróbce termicznej w temp. 69°C (temperatura wewnątrz batonu kielbasy).

W pracy *Kijowskiego* i współprac. (15) oceniano wpływ lizozymu o różnej aktywności na mikrobiologiczną trwałość i cechy sensoryczne mięśni piersiowych kurcząt. Powierzchnię mięśni spryskano roztworem lizozymu o aktywności 2400, 6000 i 12000 U/cm³, a następnie mięso pakowano w styropianowe tacki z wkładkami absorbującymi i owinięto je przepuszczalną folią polietylenową. Przeprowadzono analizę mikrobiologiczną w dniu produkcji, po 48, 72, 120 i 144 godz. przechowywania w temp. 4°C. Z badań tych wynika, że lizozym wykazał działanie inhibujące w stosunku do bakterii tlenowych i wskaźnikowych. Szczególnie skuteczne okazało się zastosowanie roztworu lizozymu o aktywności 12000 U/cm³, pozwalające dwudziestokrotnie zredukować liczbę bakterii tlenowych. Uzyskane wyniki oceny sensorycznej wykazały, że lizozym może być również skutecznym środkiem przedłużającym przydatność konsumpcyjną porcjowanego mięsa drobiowego. Jakkolwiek w kilku próbkach (bez dodatku lizozymu, jak też z obecnym enzymem) wyizolowano bakterie *Salmonella*. Oznacza to, że lizozym nie zahamował skutecznie jej rozwoju. Wobec tego, istotnego znaczenia nabiera rozszerzenie spektrum działania lizozymu, na przykład poprzez jego modyfikację z wykorzystaniem EDTA – obejmujące działanie również na Gram-ujemne bakterie *Salmonella* (15).

Natrysk lizozymem o wyższej aktywności zastosował zespół *Kijowskiego* (16) w badaniach nad jego wpływem na jakość i czystość mikrobiologiczną chłodzonych nóg drobiowych. W badaniach dowiedziono, że zastosowanie lizozymu znacząco ograniczyło wzrost bakterii tlenowych, tym samym ograniczając niekorzystne zmiany cech sensorycznych. W próbkach zabezpieczonych roztworem o najwyższej aktywności, tj. 48000 U/cm³, odnotowano 20-krotnie niższą liczbę bakterii tlenowych w porównaniu do prób kontrolnych. Rezultaty badań wskazują na możliwość wykorzystania lizozymu, jako substancji przedłużającej trwałość przechowalniczą porcjowanego mięsa drobiowego, przy zachowaniu jego cech sensorycznych, podczas 5. dniowego przechowywania w warunkach chłodniczych.

Gill i Holley (17) badali, jak powierzchniowa aplikacja lizozymu w roztworze żelatyny z EDTA i niziną, wpłynie na rozwój bakterii powodujących psucie oraz patogenicznych w szynce i kiełbasie bolońskiej. W próbkach z zaaplikowanym powierzchniowo roztworem żelatyny z badanymi substancjami nastąpiła redukcja (aż do 4 log jtk/cm²) liczby czterech testowanych bakterii Gram-dodatnich: *Bacillus thermospectra*, *Lactobacillus sakei*, *Leuconostoc mesenteroides* i *Listeria monocytogenes* oraz zahamowanie ich wzrostu podczas 4. tygodniowego okresu przechowywania. W tym badaniu dodatek żelatyny zawierającej lizozym, nizinę i EDTA wywarł również bakteriobójczy efekt na rozwój *Salmonella typhimurium*. Natomiast liczba *Escherichia coli* O157:H7 w szynce z żelatynową powłoką, jak też w szynce z powłoką uzupełnioną w badane substancje, została zredukowana o 2 log jtk/cm² podczas całego okresu przechowywania. Oznacza to, iż sama tylko obecność żelatynowej powłoki spowodowała ograniczenie rozwoju bakterii. W kiełbasie bolońskiej natomiast w ogóle nie zaobserwowano wpływu zastosowanych powłok na wzrost *Escherichia coli* O157:H7.

Synergistyczny efekt lizozymu i substancji wspomagającej w utrwalaniu mięsa odnotowali również *Rao i współprac.* (18). W badaniach wykazano, że połączenie chitooligosacharydów z lizozymem jest bardziej efektywne w utrwalaniu rozdrobnionej jagnięciny, niż działanie tych substancji osobno. W próbkach zaszczepionych kom-

binacją chitoooligosacharydów i lizozymu nie zaobserwowano wzrostu *Escherichia coli*, *Pseudomonas fluorescens* i *Bacillus cereus*. Substancje te, skutecznie zahamowały wzrost *Staphylococcus aureus*, co skutkowało przedłużeniem trwałości mięsa przechowanego chłodniczo do 15 dni.

Kolejną możliwością zastosowania lizozymu jako biokonserwanta jest włączenie go w opakowanie produktu żywnościowego. *Mecitiglu* i współpr. (19) badali jak częściowo oczyszczony lizozym, obecny w filmach zeinowych, wpływa na hamowanie rozwoju bakterii *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus plantarum* i *Escherichia coli*. Efekt hamowania rozwoju Gram-ujemnych *Escherichia coli* uzyskano wykorzystując synergiczne działanie lizozymu z EDTA. Ze względu na duży koszt lizozymu o wysokim stopniu czystości, badacze użyli enzymu tylko częściowo oczyszczonego z innych białek, który następnie poddano liofilizacji i włączono w filmy zeinowe. Okazało się, iż w tak sporządzonym potencjalnym opakowaniu lizozym był stabilny i nie tracił aktywności podczas przechowywania przez osiem miesięcy w temp. -18°C lub przez cztery miesiące w temp. 4°C . Lizozym włączony w filmy zeinowe wykazał bakteriobójczy efekt w przypadku bakterii *Bacillus subtilis* i *Lactobacillus plantarum*, natomiast rozwój *Escherichia coli* był hamowany po włączeniu w filmy również EDTA. Wyniki sugerują, iż częściowo oczyszczony lizozym w filmach zeinowych mógłby być skutecznym sposobem pakowania żywności, z uwzględnieniem opakowań dla przemysłu mięsnego.

Również biopolimerowe biokompozyty, opatentowane przez *Jarmoluka* i *Zimoch* (20), zawierające w swoim składzie lizozym i/lub cystatynę mogą znaleźć zastosowanie jako powłoka ochronna o wysokiej aktywności przeciwdrobnoustrojowej w utrwalaniu mięsa i jego przetworów.

Lizozym może wykazywać działanie bójcze dla bakterii Gram-ujemnych, jeżeli wniknie do warstwy lipidowej, a następnie zaburzy jej potencjał elektrochemiczny poprzez wytworzenie kanałów jonowych w błonie komórkowej. Działanie przeciwbakteryjne lizozymu jaja może być niezależne od jego enzymatycznej funkcji, gdyż enzym, który utracił aktywność katalityczną nadal zachowuje swoje właściwości bakteriobójcze. W tym przypadku przeciwdrobnoustrojowe działanie lizozymu wiąże się z czynnikami strukturalnymi i specyficzną bakteriobójczą domeną. Z tego powodu celem badania *Cegielskiej-Radziejewskiej* i współpr. (2) było określenie właściwości antibakteryjnych preparatów lizozymu, zmodyfikowanych przez zastosowanie metody termochemicznej, w odniesieniu do wybranych szczepów bakterii, zwłaszcza bakterii Gram-ujemnych. Chemiczną modyfikację z użyciem H_2O_2 o stężeniu od 10% do 20% prowadzono przez okres od 24 h do 4 dni i roztwór lizozymu (10 mg/cm^3) ogrzewano 20 min w temp. pomiędzy 60 – 75°C . Po modyfikacji, otrzymane preparaty lizozymu suszono rozpyłowo. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że badane preparaty lizozymu wykazywały różne stopnie aktywności antibakteryjnej wobec wybranych szczepów bakterii, w zależności od rodzaju bakterii i zastosowanego preparatu lizozymu. Przykładowo, w przypadku *Pseudomonas fluorescens*, większość analizowanych preparatów lizozymu wykazała się efektywnym działaniem bakteriostatycznym, podczas gdy monomer lizozymu wywarł nieznaczny efekt na zmniejszenie liczby tych bakterii. Wszystkie zastosowane zmodyfikowane termochemicznie preparaty lizozymu wykazywały wyższą skuteczność antibakteryjną przeciwko *Escherichia coli* niż monomer lizozymu.

Przeprowadzane badania dowodzą, że antybakteryjna aktywność wobec bakterii Gram-ujemnych zwiększa się wraz ze zmianą konformacji lizozymu. Zdecydowanie wyższą skuteczność modyfikowanego lizozymu w porównaniu z monomerem wobec bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae*, z rodzaju *Pseudomonas* i bakterii fermentacji mlekowej wykazał również ten sam zespół badaczy w swoich badaniach na rozdrobnionym mięsie wieprzowym przechowywanym chłodniczo (7).

Cystatyna

Cystatyna stanowi ochronę przed bakteryjnymi lub wirusowymi peptydazami cysteinowymi. Cystatyna białka jaja kurzego, należąca do drugiej podrodziny cystatyn, jest silnym inhibitorem papainy i ficyny, katepsyn B, H, L oraz peptydaz papainopodobnych. Pozbawiona jest węglowodanów i cechuje się niską masą cząsteczkową wynoszącą 12,7 kDa, składa się z pojedynczego łańcucha polipeptydowego zbudowanego z 116 reszt aminokwasowych. Występuje w dwóch postaciach: ufosforylowanej o pI 5,6 i nieufosforylowanej o pI 6,5. Białko to jest bardziej termostabilne niż inhibitory proteaz otrzymywane z surowca jajczarskiego, jak owoinhibitor czy owomukoid – poddana krótkotrwałemu działaniu wysokiej temperatury (115°C) nie wykazuje spadku aktywności. Nie traci również stabilności nawet w ekstremalnych warunkach pH (1, 3, 10, 21).

Celem badania *Kopcia* i współpr. (22) było wydłużenie okresu przydatności do spożycia filetów z piersi kurczaka, przechowywanych 15 dni w warunkach chłodniczych w temp. 2°C, z wykorzystaniem roztworów lizozymu, cystatyny lub cystatyny zmieszanej z octanem sodu. Preparaty te nanoszono na powierzchnię mięsa poprzez zanurzanie filetów lub nasączenie podkładek absorpcyjnych, następnie mięso owijano w folię lub pakowano próżniowo. Stwierdzono, że zanurzanie mięsa drobiowego w roztworach substancji bioaktywnych zahamowało rozwój powierzchniowej mikroflory. Najefektywniejszy okazał się roztwór cystatyny i octanu sodu. Nasączenie podkładek absorpcyjnych również opóźniło rozwój mikroflory. Filety zanurzone w roztworze cystatyny lub cystatyny z octanem sodu zostały ocenione wyżej pod względem cech sensorycznych, szczególnie kiedy zastosowano pakowanie próżniowe, i zachowywały pożądaną jakość nawet po 10 dniach chłodniczego przechowywania. Porównując sposoby aplikacji bioaktywnych substancji, bardziej efektywną metodą okazało się zanurzanie drobiowych filetów w badanych roztworach.

Badanie nad bakteriobójczą aktywnością cystatyny przeprowadzili także *Węsierska* i współpr. (23). Uzyskane wyniki wskazały, że nawet niskie stężenie tego inhibitora proteaz działało bakteriobójczo na takie mikroorganizmy jak *Escherichia* i *Pseudomonas aeruginosa*. Zwiększając stężenie cystatyny uzyskano efekt hamowania wzrostu bakterii *Staphylococcus aureus*.

Trziszka i współpr. (24) opracowali preparat (o nazwie NPA) do kontaktu z żywnością, zawierający biologicznie aktywne substancje izolowane z białka jaja o działaniu antydróbnooustrojowym, w tym mieszaninę lizozymu, cystatyny, owoinhibitora i owomukoidu. Jest on naturalnym preparatem, działającym przeciwko mikroorganizmom patogennym i wykazujący szerokie spektrum aktywności wobec bakterii Gram-dodatnich i Gram-ujemnych oraz pleśni i drożdży. W patencie zaproponowano użycie NPA w systemach opakowań żywności, na przykład w antydróbnooustrojowo-

wych wkładkach absorbujących wyciek z produktów spożywczych, w tym z mięsa. Autorzy podają konkretne przykłady zastosowania tego preparatu w odniesieniu do surowca mięsnego. NPA zastosowano na powierzchni wkładek absorbujących wyciek mięsa i stwierdzono, iż mięso wieprzowe w kawałku o masie 0,5 kg może być przechowywane chłodniczo na wkładce przez 7 dni, zachowując świeżość. Innym sposobem wykorzystania preparatu jest stworzenie mieszaniny zawierającej NPA, lizozym, octan sodu oraz urotropinę i zanurzanie w niej elementów kulinarnych, takich jak udo lub pierś z kurczaka. W porównaniu do grupy kontrolnej (bez zastosowania NPA) stwierdzono, iż tego typu aplikacja pozwoliła na zmniejszenie ogólnej liczby drobnoustrojów o dwa rzędy logarytmiczne po 7 dniach chłodniczego przechowywania. Preparat można także zaaplikować poprzez bezpośredni dodatek do mięsa. W podanym przykładzie twórcy wynalazku dodali NPA do mięsa wołowego, uzyskując redukcję wzrostu pałeczek *Salmonella*, gronkowców, *Escherichia coli* i innych bakterii grupy coli, a także drożdży i pleśni.

Z opisu patentowego PL 212125 (20) wynika, że zol lub film zawierający cystatynę w ilości od 0,01 do 20% wagowych może działać przeciwdrobnoustrojowo po naniesieniu na produkty przemysłu mięsnego.

Owotransferyna

Owotransferyna (konalbumina) jest glikoproteidem o masie cząsteczkowej 76,6 kDa, posiadającym aż 15 mostków dwusiarczkowych, który nie zawiera reszt kwasu fosforowego oraz wolnych grup SH. W białku jaja kurzego znajduje się 12–13% owotransferyny, która jest białkiem wysoce termolabilnym i koaguluje już w temp. 57°C. Stwierdzono, że wiąże jony żelaza i innych metali, takich jak miedź i glin. Zdolność wiązania jonów żelaza jest ważną cechą biologiczną owotransferyny sprawiającą, że pełni ona funkcję bakteriostatyczną. Skompleksowane żelazo nie może być wykorzystywane przez drobnoustroje, dla których jest ono niezbędnym czynnikiem wzrostowym. Największe powinowactwo do jonów żelaza konalbumina wykazuje w środowisku o pH ok. 6,0. Dysocjacja kompleksu konalbuminy z żelazem następuje dopiero przy pH poniżej 5,5. Owotransferyna wykazuje *in vitro* antydrobnoustrojową aktywność przeciwko różnym bakteriom Gram-ujemnym i Gram-dodatnim. Zbadano, iż do najbardziej wrażliwych gatunków należą: *Pseudomonas* spp., *Escherichia coli*, *Streptococcus mutans*, a do najbardziej opornych *Proteus* spp. i *Klebsiella* spp. Istnieją dowody na posiadanie przez owotransferynę odrębnych mechanizmów działania bakteriostatycznego. Pierwszy, wyżej opisany, opiera się na chelatowaniu żelaza. Drugi jest oparty na niszczeniu biologicznych funkcji bakteryjnej błony cytoplazmatycznej – zarówno bakterii Gram-dodatnich, jak również Gram-ujemnych. Obydwa mechanizmy zależą od dostępności żelaza w środowisku (10, 21, 25).

Wiele prowadzonych badań dotyczy określenia zdolności owotransferyny do wiązania jonów metali i jej biologicznej aktywności. Większość z nich dotyczyła właściwości antibakteryjnych, opartych na wymiataniu i pozbywaniu się żelaza jako czynnika wpływającego pozytywnie na rozwój mikroorganizmów. Z drugiej strony, niewiele badań zostało poświęconych właściwościom przeciwutleniającym owotransferyny. Jakkolwiek, wiązanie żelaza przez owotransferynę może pośrednio

wpływać na zapobieganie utlenieniu lipidów (3). Co wskazuje na możliwość zastosowania tego białka w utrwalaniu mięsa i jego przetworów.

W badaniach Ko i współpr. (26) wykazano wzrost skuteczności przeciwdrobnoustrojowej owotransferyny wobec szczepów *L. monocytogenes* w wyniku dodania EDTA i/lub lizozymu. Jednakże aktywność *in vitro* nie miała odzwierciedlenia *in situ*, bowiem nie zaobserwowano zahamowania wzrostu badanych szczepów w mięśniach szynki pokrytych doświadczalną mieszaniną. Autorzy za przyczyny zaistniałego zjawiska podają m.in.: możliwość indukowania wzrostu mikroorganizmów przez składniki mięsa, nieznaną stabilność owotransferyny na powierzchni mięsa, możliwą penetrację składników mieszaniny do wnętrza próby czy niewłaściwe rozprowadzenie roztworu.

Pozostałe biologicznie aktywne składniki jaja kurzego

W jaju głównymi składnikami białka, uczestniczącymi w oddziaływaniu przeciwko drobnoustrojom, są owotransferyna, owomucyna, awidyna oraz lizozym. Poza tym przeciwdrobnoustrojowe działanie wykazuje cała grupa inhibitorów bakteryjnych proteaz, takich jak owostatyna, owomukoid, owoinhibitor i cystatyna. Proteazy bakterii odgrywają ważną rolę w namnażaniu tych mikroorganizmów, dlatego ważne jest ich unieczynnienie.

W białku jaja kurzego owomucyna stanowi 1,5–3,5% wszystkich białek. Jej stężenie jest ok. czterokrotnie większe w białku gęstym niż w rzadkim. Wytrąca się podczas rozcieńczania białka jaja wodą lub po obniżeniu pH do 4,0. Odpowiada za lepkość białka jaja i utrzymanie prawidłowej struktury. Jest dużym białkiem o masie rzędu $5,5\text{--}8,3 \cdot 10^6$ Da (1). W poprzednich latach owomucynę badano głównie z powodu jej roli w rozrzedzaniu białka jaja, jednak w ostatnim czasie wiele badań skupiło się na jej bioaktywnych właściwościach. Owomucyna może działać jako czynnik przeciwbakteryjny, silnie dezaktywując bakterie powodujące psucie żywności (27).

Awidyna, stanowiąca jedynie 0,05% zawartości białka jaja, jest przedmiotem zainteresowania naukowców w związku ze zdolnością wiązania biotyny, niezbędnej do wzrostu wielu drobnoustrojów. Nie dotyczy to jednak bakterii, które mogą syntetyzować tę witaminę. Stąd też traktuje się ją jako naturalny czynnik przeciwbakteryjny. Jest glikoproteiną z jednym mostkiem disiarczkowym, ma masę równą 63300 Da i silnie zasadowy charakter. Jest zbudowana z czterech podjednostek, z których każda ma pojedyncze miejsce wiążące biotynę. Powstający kompleks jest bardzo trwały w szerokim zakresie pH, w obecności różnych czynników denaturujących, enzymów proteolitycznych i rozpuszczalników organicznych (1, 21, 28).

Owostatyna jest antyproteazą o szerokim spektrum działania. Ta antyproteaza hamuje kilka metaloproteaz, takich jak kolagenaza, termolizyna, stromelizyna oraz z mniejszą skutecznością proteazy serynowe, włączając chymotrypsynę, tripsynę, elastazę neutrofilową, lecz również proteazy cysteinowe (papaina) i proteazy aspartylowe (pepsynę i reninę) (29).

Owomukoid występuje w białku jaja kurzego w ilości 11% wszystkich białek, jego masa cząsteczkowa jest równa 28 kDa. Owomukoid należy do białek o charakterze kwaśnym, zawiera w swoim składzie najwięcej cukrowców w porównaniu do pozostałych białek, co warunkuje doskonałą termostabilność, jednak nie ma wpływu na

jego biologiczną aktywność. Posiada właściwości unieczynniania trypsyny. Stwierdzono ponadto, że owomukoid nie traci swoich właściwości podczas ogrzewania, gdy pH nie przekracza wartości 7,0. Natomiast przy pH 9,0 w temp. 80°C owomukoid traci aktywność jako inhibitor trypsyny już po 3 min. Składnik ten, podobnie jak owoinhibitor, hamuje proteazy wg „standarowego” mechanizmu. Obydwa związki posiadają na swojej powierzchni wiązanie peptydowe, tak zwane „centra aktywne”, które specyficznie reagują z aktywnym miejscem pokrewnej proteazy. Ta interakcja skutkuje hydrolizą wiązania peptydowego i uformowaniem kompleksu enzym–inhibitor. Reakcja jest odwracalna i dysocjacja pozwala na uwolnienie aktywnej proteazy i rozdzielonego nieaktywnego inhibitora (1, 10, 29).

W białku jaja kurzego znajduje się również ok. 1,5% owoinhibitora, którego masa cząsteczkowa wynosi 49 kDa. Owoinhibitor zachowuje swoją aktywność przy pH 8,0 w temp. 100°C przez 30 min. Natomiast przy wzroście pH jego aktywność maleje. Hamuje proteazy serynowe, takie jak trypsyna i chymotrypsyna, ale też elastazę i bakteryjną protezę F. Mało jeszcze wiadomo o mechanizmie jego działania jako inhibitora wymienionych enzymów proteolitycznych (10, 29). Jednakże zastosowany jako składnik preparatu NPA (24), razem z lizozymem, cystatyną i owomukoidem, może wykazywać szerokie spektrum aktywności przeciwdrobnoustrojowej wobec bakterii Gram-dodatnich i Gram-ujemnych oraz pleśni i drożdży i może być wykorzystany do utrwalania mięsa i jego przetworów.

Spośród znanych białek jaja kurzego, dwa posiadają właściwości wiązania jonów metali: owotransferyna występująca w białku jaja (omówiona poprzednio), oraz foswityna będąca elementem żółtka. Zdolność wiązania jonów metali powoduje, iż białka te działają jako naturalne środki antybakteryjne i przeciwutleniające (3, 14, 21). Ze względu na antyoksydacyjne działanie foswityny można ją zastosować jako naturalny antyutleniacz w żywności, z tym że niewiele jest doniesień o jej szerszym zastosowaniu w przemyśle. W Polsce podjęto próby jej wykorzystania do przedłużenia trwałości margaryn mlecznych i masła (10).

Foswityna jest białkiem bogatym w fosfor składającym się z dwóch frakcji o masie cząsteczkowej odpowiednio 160 i 190 kDa. Frakcje te mogą dysocjować na mniejsze jednostki o masach cząsteczkowych w przedziale 37–45 kDa. Foswityna zawiera 12–13% azotu i ok. 10% fosforu. W składzie aminokwasowym foswityny znajduje się ok. 31% seryny, z którą głównie związany jest fosfor. Nie traci zdolności antyoksydacyjnych po pasteryzacji w temp. 61°C przez 3,5 min. Białko to jest skutecznym przeciwutleniaczem w przedziale wartości pH od 5,6 do 7,8, natomiast obniżenie pH do 3,8 powoduje zmniejszenie właściwości przeciwutleniających (30). Foswityna jest jednym z najsilniejszych chelatorów jonów metali. Aż 95% żelaza występującego w jajku znajduje się w żółtku i całe jest związane przez foswitynę. Po wyizolowaniu z jaja, jedna cząsteczka foswityny wiąże 2–3 atomy żelaza, natomiast potencjalnie może związać dużo więcej (nawet 60 atomów żelaza). Aktywność antyoksydacyjną foswityny można podnieść poprzez zastosowanie chemicznej modyfikacji, na przykład w wyniku połączenia foswityny z galaktomannanem poprzez kontrolowaną reakcję Maillarda (31). Badania Eckert i wspóln. (32) wykazały, że hydrolizaty foswityny otrzymane na drodze enzymatycznej hydrolizy z wykorzystaniem termolizyny z *B. thermoproteolyticus* Rokko cechują się wysoką zdolnością chelatowania jonów żelaza. Jednakże zastosowana modyfikacja enzy-

matyczna skutkowała obniżeniem aktywności przeciwdrobnoustrojowej otrzymanych hydrolizatów.

Podsumowanie

Spośród bioaktywnych składników jaja kurzego, lizozym, jako jedyny, znajduje się na liście dozwolonych dodatków do żywności. Odnacza się pożądanymi właściwościami jako substancja konserwująca żywność i jest uważany za jej bezpieczny składnik. Wykazano, iż wyizolowany czysty enzym może wydłużyć termin do spożycia różnorodnych produktów żywnościowych. W celu rozszerzenia spektrum jego działania również na bakterie Gram-ujemne, niezbędne jest stosowanie różnorodnych modyfikacji lizozymu i tworzenie kombinacji z innymi substancjami. W przytoczonych badaniach przedstawiono możliwości aplikacyjne lizozymu do mięsa lub przetworów mięsnych w postaci solanki nastrzykowej, powierzchniowo poprzez natrysk lub powierzchniowo w formie zolu lub filmu.

Bioaktywnym składnikiem jaja kurzego jest także bakteriobójcza cystatyna, która po przeprowadzeniu szczegółowych badań, ma szansę stać się substancją konserwującą żywność w tym mięsa i przetworów mięsnych.

Podobnie w przypadku innych biologicznie aktywnych składników jaja kurzego, takich jak użyte w preparacie NPA owoinhibitor i owomukoid, czy badane: owotranferyna, owomucyna, awidyna, owostatyna czy foswityna. Szczególnie obiecujące jest działanie bakteriobójcze i przeciwutleniające, takich składników jaja jak owotranferyna i foswityna.

A.M. Salejda, G. Krasnowska

BIOACTIVE COMPOUNDS OF HEN EGG - POSSIBILITIES OF APPLICATION IN
BIOPRESERVATION OF MEAT AND MEAT PRODUCTS

PIŚMIENNICTWO

1. *Goląb K., Warwas M.*: Białka jaja kurzego – właściwości biochemiczne i zastosowania. *Adv. Clin. Exp. Med.*, 2005; 14(5): 1001-1010. – 2. *Cegielska-Radziejewska R., Leśniewski G., Kijowski J.*: Antibacterial activity of hen egg white lysozyme modified by thermochemical technique. *Eur. Food Res. Technol.*, 2009; 228: 841-845. – 3. *Huopalahti R., López-Fandiño R., Anton M., Schade R.*: (Eds.). *Bioactive Egg Compounds*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007. – 4. *Leśniewski G., Kijowski J.*: Egg white compounds. Lysozyme. W: *Bioactive Egg Compounds*. *Huopalahti R., López-Fandiño R., Anton M., Schade R.* (Eds.) Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007, 33-40. – 5. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1129/2011 z dnia 11 listopada 2011 r. zmieniające załącznik II do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 poprzez ustanowienie unijnego wykazu dodatków do żywności, *Dz. U. L.* 295/1 z 12.11.2011. – 6. *Cegielska-Radziejewska R., Leśniewski G., Szablewski T., Kijowski J.*: Physico-chemical properties and antibacterial activity of modified egg-white lysozyme. *Eur. Food Res. Technol.*, 2010; 231: 959-964. – 7. *Cegielska-Radziejewska R., Szablewski T., Leśniewski G., Kijowski J.*: Przeciwbakteryjne działanie modyfikowanego lizozymu wobec mikroflory rozdrobnionego mięsa wieprzowego. *Zeszyty Naukowe UEP*, 2010; 205 – Towaroznawstwo w kształtowaniu jakości i cech prozdrowotnych żywności, dostępny: <http://www.e-wydawnictwo.eu/Document/DocumentPreview/2361>. – 8. *Leśniewski G., Kijowski J.*: Aktywność enzymatyczna lizozymu i jej wykorzystanie do utrwalania żywności. *Przem. Spoż.*, 1995; 4: 117-119. – 9. *Malicki A., Jarmoluk A., Brużewicz S.*: Wpływ dodatku

lizozymu na trwałość i bezpieczeństwo mikrobiologiczne kielbas w osłonce barierowej. *Acta Sci. Pol. Med. Vet.*: 2003; 2(2): 29-37. – 10. *Trziszka T.* (red): Jajczarstwo. Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Wrocław, 2000.

11. *Cegielska-Radziejewska R., Leśnierowski G., Kijowski J.*: Properties and application of egg white lysozyme and its modified preparations – a review. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2008; 58 (1): 5-10. – 12. *Danyluk B., Kijowski J.*: Wpływ monomeru lizozymu na rozwój bakterii *Clostridium tyrobutyricum*. *Przem. Spoż.*, 2001; 12: 16-19. – 13. *Rosiak E., Kolożyn-Krajewska D.*: Zastosowanie metod prognozowania mikrobiologicznego do modelowania wzrostu mikroflory saprofitycznej w produktach mięsnych utrwalanych lizozymem w formie dimeru. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2003; 4(37): 5-20. – 14. *Trziszka T., Kopeć W.*: Lizozym i jego charakterystyka. *Przem. Spoż.*, 1997; 1: 41-42. – 15. *Kijowski J., Marciszewska C., Cegielska-Radziejewska R.*: Quality and microbiological stability of chilled chicken breast muscles treated with a lysozyme solution. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2002; 11(2): 47-54. – 16. *Kijowski J., Marciszewska C., Cegielska-Radziejewska, Popiół A.*: Effect of lysozyme treatment on quality and bacterial contamination of chilled chicken legs. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, 2013; 57: 79-84. – 17. *Gill A.O., Holley R.A.*: Surface application of lysozyme, nisin, and EDTA to inhibit spoilage and pathogenic bacteria on ham and bologna. *J. Food Protect.*, 2000; 63(10): 1338-1346. – 18. *Rao M.S., Chander R., Sharma A.*: Synergistic effect of chitooligosaccharides and lysozyme for meat preservation. *LWT - Food Science and Technology*, 2008; 41(10): 1995-2001. – 19. *Mecitoğlu C., Yemencioğlu A., Arslanoğlu A., Elmaci Z.S., Korel F., Çetin A.E.*: Incorporation of partially purified hen egg white lysozyme into zein films for antimicrobial food packaging. *Food Res. Int.*, 2006; 39: 12-21. – 20. *Jarmoluk A., Zimoch A.*: Biopolimerowy biokompozyt o aktywności przeciwdrobnoustrojowej, Patent PL 212125, 31.08.2012, dostępny: <http://tech.money.pl/przemysl/patenty/pl-212125-641125.html>.

21. *Świerczewska E., Siennicka A.*: Znaczenie substancji biologicznie czynnych w jaju kurzym. *Polskie Drobiarstwo*, 2004; wrzesień, 20-22. – 22. *Kopeć W., Skiba T., Trziszka T.*: Storage ability of chicken breast muscles affected by addition of egg white lysozyme and cystatin preparations. Materiały Kongresowe. WPSA, Brisbane Australia, 2008. – 23. *Węsierska E., Saleh Y., Trziszka T., Kopeć W., Siewiński M., Korzekwa K.*: Antimicrobial activity of chicken egg white cystatin. *World J. Microb. Biot.*, 2005; 21: 59-64. – 24. *Trziszka T., Malicki A., Polanowski A., Jarmoluk A., Leonkiewicz J.*: Naturalny preparat bakterio- i grzybobójczy do kontaktu z żywnością. Zgłoszenie patentowe z dn. 18.12.2007, nr P 384088. Biuletyn Urzędu Patentowego Nr 13 (926) Rok XXXVII. – 25. *Superti F, Ammendolia M.G., Berlutti F., Valenti P.*: Egg white compounds. Ovotransferrin. W: *Bioactive Egg Compounds*. Huopalahti R., López-Fandiño R., Anton M., Schade R. (Eds.) Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007; 43-48. – 26. *Ko K.Y., Mendonca A.F., Ahn D.U.*: Effect of EDTA and lysozyme on the antimicrobial activity of antimicrobial activity of ovotransferrin against *Listeria monocytogenes*. *Animal Industry Report*: 2010; AS 656, ASL R2495. Dostępny: http://lib.dr.iastate.edu/ans_air/vol656/iss1/16. – 27. *Hiidenhovi J.*: Egg white compounds. Ovomucin. W: *Bioactive Egg Compounds*. *Huopalahti R., López-Fandiño R., Anton M., Schade R.* (Eds.) Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007; 61-66. – 28. *Nau F., Guérin-Dubiard C., Croguennec T.*: Egg white compounds. Avidin. W: *Bioactive Egg Compounds*. *Huopalahti R., López-Fandiño R., Anton M., Schade R.* (Eds.) Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007; 75-78. – 29. *Réhault S.*: Egg white compounds. Antiproteases. W: *Bioactive Egg Compounds*. *Huopalahti R., López-Fandiño R., Anton M., Schade R.* (Eds.) Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007; 85-89. – 30. *Trziszka T.*: Jaja – doskonały surowiec do przetwórstwa w aspekcie możliwości produkcji żywności funkcjonalnej cz. II. *Polskie Drobiarstwo*, 2002; 5: 16-19.

31. *Anton M., Castellani O., Guérin-Dubiard C.*: Egg yolk compounds. Phosvitin. W: *Bioactive Egg Compounds*. *Huopalahti R., López-Fandiño R., Anton M., Schade R.* (Eds.) Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007; 17-23. – 32. *Eckert E., Zambrowicz A., Pokora M., Dąbrowska A., Szołtysik M., Chrzanowska J., Trziszka T.*: Application of microbial proteases to obtain egg yolk protein hydrolysates with antioxidant and antimicrobial activity. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2013; 1(86): 105-118.

Ryszard Świetlik, Marzena Trojanowska

SPECJACJA FIZYCZNA METALI CIĘŻKICH W NAPARACH KAWY

Katedra Ochrony Środowiska
Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu
Kierownik: prof. UTH dr hab. R. Świetlik

Badano specjację fizyczną Cr, Cu, Fe, Pb i Zn w naparach kawowych przygotowanych w ekspresie przelewowym i ciśnieniowym z sześciu gatunków kawy: trzech kawy ziarnistej oraz trzech mieszanek kawy mielonej dostępnych na krajowym rynku. Formy rozpuszczone metali wyodrębniono poprzez sączenie naparów przez filtr membranowy (0,45 µm). Stężenia metali w naparach i filtratach oznaczano techniką GF-AAS. Średni udział form rozpuszczonych metali nie przekracza 20%. Wykazano wpływ rodzaju kawy i sposobu parzenia na dystrybucję metali między fazę rozpuszczoną i zawieszoną w naparach kawy.

Hasła kluczowe: kawa, metale ciężkie, specjacja fizyczna.
Key words: coffee infusion, heavy metals, physical speciation.

Skład chemiczny kawy naturalnej i naparów kawowych jest tematem wielu publikacji naukowych. Poczesne miejsce zajmują prace podejmujące tematykę pierwiastków śladowych. W ostatnich latach ukazała się cała seria publikacji dotycząca zawartości metali ciężkich w kawie naturalnej i w naparach kawowych (1–6), w tym również wpływu rodzaju kawy oraz sposobu zaparzania na ługowalność metali (2, 7). Nie napotkano natomiast na prace podejmujące zagadnienie specjacji metali w naparach kawy, mimo, że waga zagadnienia jest ujęta w samym określeniu analizy specjacyjnej jako identyfikacji i oznaczania form analitu pod względem ryzyka jakie stwarzają dla środowiska i zdrowia ludzi (8, 9).

W ostatnim dwudziestolecu obserwuje się znaczny wzrost zainteresowania specjacją pierwiastków śladowych w żywności. O ile w 1990 r. ukazało się tylko 20 publikacji naukowych poświęconych tej tematyce, to w 2010 r. odnotowano już 120 artykułów (10). Badania specjacji w żywności nie ograniczają się tylko do oznaczania toksycznych form pierwiastków śladowych. Wytwarzanie żywności funkcjonalnej bardzo często jest impulsem do podejmowania badań specjacji pierwiastków o korzystnym wpływie na rozwój organizmu człowieka (11).

W literaturze krajowej specjacja metali w napojach zajmuje stosunkowo niewiele miejsca: *Pyrzyńska* omawia zagadnienie frakcjonowania form Cu i Fe oraz specjację chemiczną Pb w winach (12), a *Świetlik* i *Malik* opublikowali predykcję specjacji metali ciężkich w krajowych wodach mineralnych (13).

Poza aspektem poznawczym, wyniki badań specjacji metali mogą stanowić podstawę do korekty wartości dawek pobranych przy ocenie narażenia organizmu człowieka na metale ciężkie (2). Znaczenie tego zagadnienia jest potęgowane poprzez rosnące spożycie kawy – w 2010 r. – 3,2 kg/mieszkańca/rok, z czego 61% przypadało na kawę paloną, a 39% na kawę rozpuszczalną (14). Udział konsumpcji kawy w dziennym spożyciu mikroelementów utrzymuje się na poziomie kilku procent, w przypadku chromu osiąga nawet 8% (15).

Najprostsze podejście do oceny form występowania metali polega na podziale analitu na fazę rozpuszczoną i zawieszoną, czyli specjacji fizycznej. Pierwsza faza obejmuje akwajony, kompleksy nieorganiczne, proste kompleksy organiczne, metale zaadsorbowane na cząstkach koloidalnych, druga – zawiesinę trudno rozpuszczalnych związków metali oraz jony metali zaadsorbowane na cząstkach zawiesiny i dużych cząstkach koloidalnych, w tym organicznych. W praktyce analitycznej frakcjonowanie polega na sączeniu badanego roztworu przez filtr membranowy o średnicy oczek 0,45 μm (9). W naturalnych wodach powierzchniowych udział fazy rozpuszczonej metali zmienia się w stosunkowo szerokich granicach od kilku procent (Cr, Fe, Pb) do nawet 70% (Ni, Zn) zależnie od właściwości określonego metalu oraz obecności innych składników (16).

Celem pracy było zbadanie specjacji metali ciężkich w naparach kawy, polegające na oznaczeniu frakcji rozpuszczonej i zawieszonych metali w naparach otrzymanych przez zaparzenie kawy w ekspresie przelewowym i ciśnieniowym.

MATERIAŁ I METODY

Do badań przeznaczono trzy gatunki handlowe prażonej kawy ziarnistej: Arabika Brazylia, Arabika Sumatra i Arabika Etiopia oraz trzy gatunki kawy mielonej: Jacobs Krönung, Prima and Tchibo Exclusive, wszystkie dostępne na krajowym rynku. Kawę ziarnistą mielono w młynku elektrycznym. Napary kawy przygotowano w ekspresie przelewowym (*Krups*) oraz ekspresie ciśnieniowym (*Caffe Treviso, Delonghi*), używając na przygotowanie jednego naparu 9,0 g kawy mielonej i 75 cm^3 wody. Z każdego gatunku kawy mielonej przygotowano po trzy napary obydwojma sposobami zaparzenia. Napary z kawy dostępnej w formie ziarnistej, sporządzano tylko za pomocą ekspresu przelewowego. Próbkę naparu po schłodzeniu do temperatury pokojowej sączono przez nastrzykawkowy filtr membranowy (0,45 μm , firmy Millipore). Przesącz zawierający formy rozpuszczone metali przenoszono do zamykanych butelek z polipropylenu (Nalgene), zakwaszono HNO_3 i przechowywano w temp. 4°C do czasu wykonania analizy. W celu oznaczenia ogólnych zawartości metali, próbki naparu (5 cm^3) mineralizowano w mieszaninie 5 cm^3 stęż. HNO_3 + 1 cm^3 30% H_2O_2 . Proces wspomagany był energią mikrofal (MLS-1200 MEGA). Mineralizaty przenoszono do kolb pomiarowych o poj. 50 cm^3 , uzupełniano wodą, mieszano i przechowywano w chłodziarce do czasu badań analitycznych. Stężenie metali (Cr, Cu, Fe, Pb i Zn) w mineralizatych naparów kawy oraz sączonych naparach oznaczano techniką GF-AAS (3100 Perkin Elmer). Granica wykrywalności dla oznaczanych metali wynosiła w $\mu\text{g}/\text{dm}^3$: Cr – 0,26; Fe – 0,43; Cu – 0,30; Pb – 0,72; Zn – 0,25.

Poprawność uzyskanych wyników weryfikowano stosując metodę dodatku wzorca. Wartość odzysku dla badanych metali wynosiła w %: Pb – 93,6; Cr – 96,1; Fe – 98,9; Zn – 100,4; Cu – 103,8. Precyzja oznaczeń wyrażona jako względne odchylenie standardowe utrzymywała się w zakresie od 0,43% dla Zn do 6,0% dla Cr.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Zastosowana metodyka umożliwiła bezpośrednie oznaczanie stężenia ogólnego metali śladowych w naparach kawy oraz stężenia rozpuszczonych form tych metali. Pośrednio, z różnicy wyznaczono stężenie metali obecnych w zawieszynie. Wyniki badań zestawiono w tab. I. Warto zaznaczyć, że stężenia metali nie osiągają poziomu określonego jako dopuszczalny w wodzie przeznaczonej do spożycia (Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz.U.07.61.417). Wyjątkiem jest ołów, którego stężenia są bliskie lub nieco przekraczają dopuszczalny normatyw – $10 \mu\text{g}/\text{dm}^3$. Zazwyczaj średnie stężenie ogólne poszczególnych metali jest wyższe w naparach z kaw mielonych niż w naparach otrzymanych z kawy ziarnistej sprzedawanej luzem (tab. I). O ile różnice w przypadku Cr, Cu i Pb są statystycznie nieistotne, to już w odniesieniu do Fe i Zn są na tyle duże (Fe: $304 \pm 31 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ wobec $203 \pm 22 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ oraz Zn: $300 \pm 46 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ wobec $190 \pm 53 \mu\text{g}/\text{dm}^3$), że można podejrzewać, iż zostały spowodowane ścieraniem metalowych elementów instalacji w procesie technologicznym przygotowania produktu handlowego, prawdopodobnie podczas operacji mielenia. Porównanie stężeń metali w naparach otrzymanych w ekspresie przelewowym (EP) i ciśnieniowym (EC) nie wskazuje na istotny wpływ bardziej agresywnych warunków zaparzania kawy na ługowalność Cr, Cu i Pb z cząstek kawy. Natomiast wyższe stężenie Fe i Zn w naparach z ekspresu przelewowego może być wskazówką, że warunki filtracji panujące w ekspresie przelewowym ułatwiają transport tych metali do naparu kawy.

Warto podkreślić, że średnie stężenia ogólne badanych metali obejmujące sześć gatunków kawy i obydwie sposoby zaparzania mieszczą się w przedziale wartości uzyskanych przez innych autorów (tab. II). Biorąc jednak pod uwagę znaczne rozproszenie zebranych wartości stężeń, zwłaszcza takich metali jak Cu, Fe i Zn, można przypuszczać, że na ich poziom w naparach kawy w niemalym stopniu wpływają warunki zaparzania kawy.

Stężenia form rozpuszczonych metali są znacznie niższe od stężeń ogólnych (tab. I), ale utrzymują się w tym samym szeregu: $\text{Fe} \approx \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Cr}$. Zauważalnie niższy, w większości przypadków, poziom metali zawieszonych w naparach kawy otrzymanych w ekspresie ciśnieniowym jest dobrym potwierdzeniem poglądu, że na ogólną zawartość metali w naparach kawy poza ich ługowalnością wpływają także warunki transportu form zawieszonych, panujące podczas sporządzania naparu kawy.

Obraz specjacji fizycznej metali cechuje się umiarkowaną zmiennością (tab. III). Frakcja rozpuszczona stanowi od 10,4% dla Fe (Prima, EP) do 30,9% dla Cu (Tchibo Exclusive, EC), średnio dla wszystkich metali – 17,7% (mediana – 16,5%).

Tabela 1. Średnie stężenia ogólne oraz stężenia form rozpuszczonych i zawieszonych Cr, Cu, Fe, Pb i Zn w naparach kawy
 Table 1. Total concentration and concentrations of dissolved and particulate forms of Cr, Cu, Fe, Pb and Zn in coffee infusions

Metal	Sposób zapakowania*	Jacobs Krönung ^m		Prima ^m		Tchibo Exklusive ^m		Arabika Brazylią ^z		Arabica Etiopia ^z		Arabika Sumatra ^z						
		ogólne	rozp.	ogólne	rozp.	ogólne	rozp.	ogólne	rozp.	ogólne	rozp.	ogólne	rozp.	ogólne	rozp.			
Cr	EP	2,60	0,410	2,19	1,66	3,62	0,50	3,12	1,46	1,83	0,370	1,46	4,01	0,563	3,45	2,28	0,642	1,64
	EC	2,91	0,433	2,48	1,83	1,70	0,44	1,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	EP	25,3	4,50	20,8	78,4	19,3	3,84	15,5	42,6	50,8	8,24	42,6	56,3	6,88	49,4	65,3	8,62	56,7
	EC	16,2	4,84	11,4	79,7	23,6	7,30	16,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	EP	339	55,3	284	257	285	38,5	246	154	194	40,1	154	229	43,3	186	187	30,9	156
	EC	187	43,2	144	206	238	56,0	182	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	EP	12,4	1,98	10,4	6,51	12,9	1,60	11,3	7,21	8,83	1,62	7,21	6,50	1,97	4,53	9,82	1,05	8,77
	EC	11,2	1,85	9,35	15,5	3,89	0,942	2,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	EP	350	40,5	310	250	260	59,9	200	150	170	20,4	150	150	20,2	130	250	40,4	210
	EC	170	20,0	150	179	230	30,0	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* EP – napar kawy sporządzony w ekspresie przelewowym; EC – napar kawy sporządzony w ekspresie ciśnieniowym.
^m kawa mielona; ^z kawa ziarnista.

T a b e l a II. Porównanie wyników badań stężeń metali ciężkich w naparach kawy

T a b l e II. Comparison of the results of the concentration of heavy metals in coffee infusions

Metal	Stężenie ($\mu\text{g}/\text{dm}^3$)						
	Wyniki niniejszej pracy	(3)	(2)	(4)	(5)	(6)	(7)
Cr	2,74 \pm 0,88		33 \pm 11	15 \pm 5		10	
Cu	51 \pm 26	63 \pm 15	690 \pm 200		25	29	28
Fe	256 \pm 60	322 \pm 104	3870 \pm 3000		118	1055	70
Pb	9,8 \pm 2,2		20			5	
Zn	245 \pm 75	92 \pm 13	2000 \pm 940		32	108	48

T a b e l a III. Specjacja fizyczna Cr, Cu, Fe, Pb i Zn w naparach kawy

T a b l e III. Physical speciation of Cr, Cu, Fe, Pb and Zn in the coffee infusions

Kawa	Sposób zaparzania*	Specjacja (%)									
		Cr		Cu		Fe		Pb		Zn	
		rozp.	zaw.	rozp.	zaw.	rozp.	zaw.	rozp.	zaw.	rozp.	zaw.
Jacobs Krönung ^m	EP	15,8	84,2	17,8	82,2	16,3	83,7	16,0	84,0	11,6	88,4
	EC	14,9	85,1	29,9	70,1	23,1	76,9	16,5	83,5	11,8	88,2
Prima ^m	EP	20,9	79,1	11,4	88,6	10,4	89,6	22,8	77,2	13,8	86,2
	EC	17,0	83,0	17,7	82,3	21,4	78,6	13,2	86,8	18,5	81,5
Tchibo Exclusive ^m	EP	13,8	86,2	19,9	80,1	13,5	86,5	12,4	87,6	23,0	77,0
	EC	25,9	74,1	30,9	69,1	23,5	76,5	24,2	75,8	13,0	87,0
Arabika Brazylia ^z	EP	20,2	79,8	16,2	83,8	20,7	79,3	18,3	81,7	12,0	88,0
Arabika Etiopia ^z	EP	14,0	86,0	12,2	87,8	18,9	81,1	30,3	69,7	13,5	86,5
Arabika Sumatra ^z	EP	28,2	71,8	13,2	86,8	16,5	83,5	10,7	89,3	16,6	83,4

* EP – napar kawy sporządzony w ekspresie przelewowym; EC – napar kawy sporządzony w ekspresie ciśnieniowym.

^m kawa mielona; ^z kawa ziarnista.

Jedynie w odniesieniu do Cu i Fe zaobserwowano regularne zmiany specjacji wynikające ze sposobu zaparzania. Napary kawy uzyskane za pomocą ekspresu ciśnieniowego odznaczały się wyższym udziałem formy rozpuszczonej: Fe – 22,7% wobec 13,4% (EP) oraz Cu – 26,2% wobec 16,4% (EP) (wartości średnie dla kawy mielonej). Uwagę zwraca nieco wyższy udział formy rozpuszczonej Cr, Fe i Pb w naparach otrzymanych z kaw ziarnistych w porównaniu do konfekcjonowanych kaw mielonych, odpowiednio 20,8; 18,7 i 19,8 wobec 16,8; 13,4 i 17,1%.

Wyniki specjacji fizycznej metali obecnych w naparach kawy są wskazówką, że biodostępność metali obecnych w naparach kawy może być zróżnicowana zależnie

od formy ich występowania. W rezultacie, prawdopodobnie tylko część ogólnej zawartości tych metali (frakcja rozpuszczona) powinna być brana pod uwagę przy ocenie zagrożenia zdrowia (11). Rozstrzygające dla tej kwestii mogą być dalsze badania specjacji, w tym frakcjonowanie chemiczne metali obecnych w fazie zawieszonych naparów kawy.

WNIOSKI

Badania specjacji fizycznej mikroelementów obecnych w naparach kawy ujawniły, że tylko od 10% do 30% ich ogólnej zawartości występuje w formie rozpuszczonej. Wykazano, że na obraz specjacji mikroelementów ma wpływ zarówno rodzaj parzonej kawy jak i sposób przygotowania naparów kawy. Stwierdzono wyższy udział formy rozpuszczonej Cr, Fe i Pb w naparach otrzymanych z kaw ziarnistych w porównaniu do konfekcjonowanych kaw mielonych. Napary otrzymane w ekspresie ciśnieniowym na ogół odznaczają się niższym stężeniem metali w formie zawieszonych.

R. Świetlik, M. Trojanowska

PHYSICAL SPECIATION OF HEAVY METALS IN COFFEE INFUSIONS

Summary

Physical speciation of Cr, Cu, Fe, Pb and Zn in coffee infusions prepared in a drip coffee maker and an espresso coffee maker from six commercially available coffee brands: three brands of coffee beans and three ground coffee blends was investigated. Dissolved forms of metals were isolated by filtering the infusions through a membrane filter (0.45 μm). The concentrations of the metals in the infusions and filtrates were determined using the GF-AAS technique. The average share of the forms of the dissolved metals did not exceed 20%. It was found that the kind of coffee and preparation method had an effect on the distribution of metals between the dissolved and the suspended phase in coffee infusions.

PIŚMIENNICTWO

1. *Grembecka M., Malinowska E., Szefer P.*: Differentiation of market coffee and its infusions in view of their mineral composition. *Sci. Tot. Environ.*, 2007; 383: 59-69. – 2. *Długaszek M., Poteć J., Mularczyk-Oliwa M.*: Zawartość wybranych pierwiastków w naparach kawy w zależności od sposobu ich sporządzenia. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2010; 43(4): 493-497. – 3. *Bloniarz J., Zaręba S.*: Badania zawartości wybranych składników mineralnych w kawach naturalnych i naparach kawowych. Cz. II. Zawartość wapnia, magnezu, niklu i chromu. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2000; 33(3): 241-249. – 4. *Bloniarz J., Buliński R.*: Badania zawartości wybranych składników mineralnych w kawach naturalnych i naparach kawowych. Cz. I. Zawartość cynku, manganu, miedzi i żelaza. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 1999; 32(4): 329-339. – 5. *Falandysz J., Kotecka W.*: Zawartość miedzi, manganu, cynku i żelaza w ziarnie i naparze kawy naturalnej. *Przem. Spoż.*, 1990; 10: 253-254. – 6. *Buliński R., Bloniarz J.*: Badania zawartości niektórych pierwiastków śladowych w kawach naturalnych typu instant. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 1998; 31(3): 219-224. – 7. *Olędzka R., Sędorowicz Ł.*: Badania zawartości składników mineralnych w kawie i jej naparach. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 1999; 32(4): 397-402. – 8. *Lukasiak J.W.*: Specjacja w analizie środków spożywczych. *Now. Lek.*, 2006; 75(2): 199-203. – 9. *Baralkiewicz D.*: Aspekty metodyczne i specjacyjne oznaczania pierwiastków śladowych w wodzie metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej. *Wydawnictwo Naukowe UAM; Poznań 2001.* – 10. *Ruzik L.*: Speciation of challenging elements in food by atomic spectrometry. *Talanta*, 2012; 93: 18-31.

11. *Bulska E.*: Badanie specjacji w żywności. (w:) *Baralkiewicz D., Bulska E.* (red. red.), Specjacja chemiczna. Problemy i możliwości. Wyd. Malamut, Warszawa 2009; 159-162. – 12. *Pyrzyńska K.*: Specjacja chemiczna i frakcjonowanie metali w próbkach wina. (w:) *Baralkiewicz D., Bulska E.* (red. red.), Specjacja chemiczna. Problemy i możliwości. Wyd. Malamut, Warszawa 2009; 174-182. – 13. *Świetlik R., Malik I.*: Specjacja metali śladowych w wodach mineralnych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2012; 45(4): 1254-1263. – 14. International Coffee Organization. Drinking patterns in selected importing countries. Document ICC-108-1, 2012. – 15. *Santos E.E., Lauria D.C., Porto da Silveira C.L.*: Assessment of daily intake of trace elements due to consumption of foodstuffs by adult inhabitants of Rio de Janeiro city. *Sci. Tot. Environ.*, 2004; 327: 69-79. – 16. *Dojlido J.R., Best G.A.*: Chemistry of Water and Water Pollution. Ellis Horwood, New York 1993.

Adres: 26-600 Radom, ul. B. Chrobrego 27

*Tomasz Kleiber, Tomasz Szablewski, Kinga Stuper-Szablewska,
Renata Cegielska-Radziejewska*

OKREŚLENIE WPŁYWU STRESU MANGANOWEGO NA ZAWARTOŚĆ PIERWIASTKÓW ŚLADOWYCH W LIŚCIACH POMIDORA (*LYCOPERSICON ESCULENTUM* MILL.)

Katedra Żywienia Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu
Kierownik: prof. dr hab. *A. Komosa*

Celem przeprowadzonych badań była ocena zawartości pierwiastków śladowych (Al, Ba, Cd, Co, Cr, Ni, Pb) w liściach pomidora odmian 'Alboney F₁' i 'Emotion F₁' w warunkach stresu manganowego. Dla większości oznaczanych pierwiastków (z wyjątkiem kadmu i ołowiu) obserwowano tendencję spadkową ich zawartości w liściach pomidorów pod wpływem stresu manganowego. Zawartość pierwiastków metalicznych kształtowała się na poziomie (w mg·kg⁻¹ s.m. liści; średnia dla odmian): Al 0,023–0,046; Ba 3,56–3,76; Cd 0,399–0,405; Co 0,846–0,888; Cr 0,13; Ni 2,063–4,008; Pb 0,833–0,839.

Słowa kluczowe: mangan, części wskaźnikowe, pomidor, metale ciężkie, składniki śladowe.

Key words: manganese, index parts, tomato, heavy metals, trace elements.

Spośród 399,2 tysięcy ton warzyw uprawianych w szklarniach w Polsce aż 277 tysięcy stanowi produkcja pomidorów. Dla osiągnięcia optymalnych plonowania, zarówno jakościowego, jak i ilościowego roślin, zwłaszcza w przypadku intensywnych upraw pod osłonami, niezbędne jest stosowanie pożywek o zbilansowanym składzie chemicznym.

Pomiędzy poszczególnymi jonami mogą zachodzić wzajemne antagonistyczne lub synergistyczne oddziaływania. Przykładem antagonistycznych relacji są oddziaływania między manganem a potasem, wapniem, magnezem, żelazem, cynkiem czy też miedzią (1, 2). Mangan oddziałuje na szereg procesów życiowych roślin, między innymi prawidłowe funkcjonowanie enzymów: Mn-katalazy, dehydrogenaz, dekarboksylaz, hydroksylaz, kwaśnej fosfatazy, transferaz, dysmutazy np. SOD (3, 4, 5). Wykazano, że optymalna z punktu osiąganego plonu handlowego zawartość manganu w pożywce do fertygacji pomidora wynosi 0,3–0,6 mg·dm⁻³ i jest zróżnicowana w zależności od odmiany (6). Stosowanie zarówno niedostatecznych, jak nadmiernych/toksycznych stężeń tego składnika powoduje istotne pogorszenie plonowania roślin. Nadmierne odżywienie roślin manganem wpływa też na zawartość makro- i mikrośladników w liściach pomidora. Poznanie zachodzących zmian jest ważne, gdyż składniki są przemieszczane z liści do owoców, wpływając bezpośrednio na ich wartość żywieniową. Zbyt duża ilość metali ciężkich w spożywanej żywności może powodować poważne zaburzenia zdrowotne, takie jak: rozedmę płuc, zapalenie

oskrzeli i pęcherzyków płucnych w przypadku kadmu lub zaburzenia w syntezie hemoglobiny, funkcjonowaniu nerek i układu rozrodczego czy też zaburzenia obwodowego układu nerwowego w przypadku ołowiu (7).

Celem przeprowadzonych badań była ocena zawartości pierwiastków metalicznych (Al, Ba, Cd, Co, Cr, Ni, Pb) w liściach pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.) w warunkach stresu manganowego.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia wegetacyjne przeprowadzono w Katedrze Żywienia Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Materiał doświadczalny stanowiły odmiany 'Alboney F₁' i 'Emotion F₁' pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.). W liściach pomidorów uprawianych w warunkach stresu manganowego oceniano zawartość wybranych pierwiastków metalicznych (Al, Ba, Cd, Co, Cr, Ni, Pb). Doświadczenie wykonano w układzie 2-czynnikowym (czynnik A: stężenie manganu; czynnik B: odmiana) w 4 powtórzeniach. Wszystkie zabiegi agrotechniczne w trakcie wegetacji roślin stosowano zgodnie z aktualnymi zaleceniami.

Rośliny uprawiano z zastosowaniem fertygacji w systemie zamkniętym bez recyrkulacji. Skład chemiczny wody wodociągowej, na bazie której przygotowano pożywkę do fertygacji roślin był następujący: N-NH₄ śl., N-NO₃ – 3,7, P-PO₄ – 0,3, K – 1,8, Ca – 57,3, Mg – 13,4, S-SO₄ – 58,3, Na – 22,7, Cl – 42,2, Fe – 0,08, Mn – 0,06, Zn – 0,50, Cu – śl., B – 0,011, Mo – śl., HCO₃ – 277,5, pH – 7,00, EC – 0,735 mS·cm⁻¹. Zawartość badanych pierwiastków śladowych oznaczona zgodnie z normą PN-EN ISO17294-2:2006 wynosiła (w mg·dm⁻³): Ba 0,92, Cr <0,001, Al < 0,005, Cd <0,0002, Co <0,001, Ni <0,002, Pb < 0,001. Skład chemiczny wełny mineralnej, w której uprawiano rośliny był następujący (w %): P₂O₅ 0,2–0,9, K₂O 0,7–1,3, CaO 17,5–21,2, MgO 5,2–9,0, Fe₂O₃ 6,4–8,4, MnO 0,1–0,5, Na₂O 1,2–2,2, SiO₂ 40,7–42,9, Al₂O₃ 17,8–19,4, TiO₂ 0,7–2,5, (w mg·kg⁻¹): As <4; Cd <0,5, Pb <10, Hg <0,01. Do fertygacji stosowano pożywkę standardową o następującym składzie chemicznym (w mg·dm⁻³): N-NH₄ 2,2, N-NO₃ 230, P 50, K 430, Ca 145, Mg 65, Cl 35, S-SO₄ 120, Fe 2,48, Zn 0,50, Cu 0,07, pH 5,50, EC 3,00 mS·cm⁻¹. Roztwór wodny manganu (w postaci siarczanu manganu; MnSO₄·H₂O, 32,3% Mn) przygotowano i dodawano indywidualnie do poszczególnych zbiorników na poziomie 2,4; 4,8; 9,6; 19,2 mg Mn·dm⁻³. Próby oznaczono jako Mn-2,4; Mn-4,8; Mn-9,6; Mn-19,2. System fertygacji sterowany były komputerowo. W okresie intensywnego wzrostu i plonowania roślin (VI–VIII), dobowe zużycie pożywki wynosiło 3,0–3,5 dm³·roślina⁻¹ w 10–20 dawkach pojedynczych, przy zastosowaniu 20–30% wycieku nadmiaru pożywki z maty. Nadmiar pożywki zbierano i rozdeszczowano na trawniki.

W trakcie doświadczeń wegetacyjnych, w odstępach miesięcznych (połowa: VI, VII, VIII), pobierano próbki części wskaźnikowych (8.–9. w pełni rozwinięty liść licząc od wierzchołka). Na jedną próbkę średnią składało się 12 liści. Zebrane liście suszono w temp. 45–50°C, a następnie mielono. Stężenie wybranych pierwiastków oznaczono metodą spektrometrii absorpcji atomowej (AAS), z wykorzystaniem Spektrometru AA Varian Spectra AA 200 Plus (Agilent Technologies, Mulgrave, Victoria, Australia). Stosowano jednopierwiastkowe lampy katodowe HCL firm Varian oraz

Perkin Elmer. Dla każdego z metali wykonano procedurę optymalizacji warunków oznaczania. Wyniki analiz chemicznych poddano analizom statystycznym testem Duncana wnioskując przy $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

W przeprowadzonych badaniach wykazano istotny statystycznie wpływ stężenia manganu w pożywce na zawartość glinu, baru, kadmu i ołowiu w częściach wskaźnikowych pomidora (tab. I).

W przypadku glinu średnia zawartość tego metalu mieściła się w zakresie 0,42–0,61 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. (odpowiednio dla Mn-19,2 i Mn-2,4). Dla obu badanych odmian pomidora najniższą zawartość glinu stwierdzono stosując najwyższe stężenie manganu (Mn-19,2). Istotne zróżnicowanie w zawartości glinu pomiędzy badanymi odmianami wykazano w przypadku najniższego i najwyższego stężenia manganu (Mn-2,4 i Mn-19,2). W przypadku obu badanych odmian najwyższą zawartość baru w liściach pomidora oznaczono stosując stężenia Mn-4,8 i Mn-9,6. Poza najwyższym stężeniem manganu Mn-19,2, stwierdzono istotny statystycznie wpływ odmiany pomidora na zawartość baru.

Tabela I. Zawartość glinu (Al), baru (Ba), kadmu (Cd) i ołowiu (Pb) w częściach wskaźnikowych pomidora pod wpływem stresu manganowego (w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ suchej masy)

Table I. Content of aluminium (Al), barium (Ba), cadmium (Cd) and lead (Pb) in index parts of tomato under manganese stress (in $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ dry matter)

Odmiana	Poziom Mn ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$)			
	Mn-2,4	Mn-4,8	Mn-9,6	Mn-19,2
Al				
'Alboney F ₁ '	0,048 bc*	0,062 d	0,073 e	0,038 a
'Emotion F ₁ '	0,074 e	0,056 cd	0,074 e	0,047 b
Średnia	0,061 b**	0,059 b	0,073 c	0,042 a
Ba				
'Alboney F ₁ '	24,78 c	26,91 d	24,98 c	20,29 b
'Emotion F ₁ '	13,20 a	23,54 c	21,71 b	20,04 b
Średnia	18,99 a	25,22 c	23,35 b	20,16 a
Cd				
'Alboney F ₁ '	0,453 e	0,150 a	0,379 d	0,372 d
'Emotion F ₁ '	0,337 c	0,236 b	0,381 d	0,377 d
Średnia	0,395 c	0,193 a	0,380 b	0,375 b
Pb				
'Alboney F ₁ '	0,899 a	0,944 bcd	0,980 d	0,948 bcd
'Emotion F ₁ '	0,929 abc	0,913 ab	0,921 ab	0,964 cd
Średnia	0,914 a	0,928 ab	0,951 bc	0,956 c

** Średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$;

** Średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.

Wykazano wielokierunkowy wpływ stresu manganowego na zawartość kadmu w liściach pomidora (tab. I). Dla obu badanych odmian pomidorów najmniejszą zawartość pierwiastka uzyskano stosując mangan na poziomie Mn-4,8. Istotny statystycznie wpływ odmiany pomidora na zawartość kadmu stwierdzono stosując niższe stężenia manganu (Mn-2,4 i Mn-4,8). Wraz ze wzrostem zawartości manganu stwierdzono wzrost stężenia ołowiu w liściach pomidora. Istotny statystycznie wpływ odmiany pomidorów na zawartość ołowiu wykazano jedynie w przypadku zastosowania stężenia manganu na poziomie 9,6 (Mn-9,6).

Wykazano istotny statystycznie wpływ manganu na obniżenie zawartość kobaltu, chromu i niklu w częściach wskaźnikowych pomidora (tab. II). Oznaczone zawartości kobaltu mieściły się w zakresie od 0,852 do 2,640 mg·kg⁻¹ s.m. (odpowiednio dla Mn-19,2 i Mn-2,4). Istotny statystycznie wpływ odmiany pomidorów na zawartość pierwiastka stwierdzono stosując mangan na poziomie Mn-4,8 i Mn-9,6. Zawartość chromu mieściła się w zakresie od 0,191 do 0,223 mg·kg⁻¹ s.m. (odpowiednio dla Mn-19,2 i Mn-2,4). Jedynie w przypadku zastosowania manganu na poziomie 9,6 (mg·dm⁻³) stwierdzono istotny statystycznie wpływ odmiany pomidorów na zawartość chromu. Oznaczona w badaniach zawartość niklu wynosiła od 2,535 do 4,044 mg·kg⁻¹ s.m. (odpowiednio dla Mn-19,2 i Mn-2,4). Dla obu badanych odmian pomidorów najniższą zawartość niklu stwierdzono dla najwyższego stężenia manganu w pożywce (Mn-19,2). Również w tym przypadku nie stwierdzono istotnego statystycznie wpływu odmiany pomidorów na zawartość oznaczanego pierwiastka (poza Mn-19,2).

Tab e l a II. Zawartość kobaltu (Al), chromu (Cr) i niklu (Ni) w częściach wskaźnikowych pomidora pod wpływem stresu manganowego (w mg·kg⁻¹ suchej masy)

Table II. Content of cobalt (Co), chromium (Cr) and nickel (Ni) in index parts of tomato under manganese stress (in mg·kg⁻¹ dry matter)

Odmiana	Poziom Mn (mg·dm ⁻³)			
	Mn-2,4	Mn-4,8	Mn-9,6	Mn-19,2
Co				
'Alboney F ₁ '	2,776 e*	1,711 cd	1,439 bc	0,961 ab
'Emotion F ₁ '	2,504 e	2,526 e	1,966 d	0,742 a
Średnia	2,640 d**	2,118 c	1,702 b	0,852 a
Cr				
'Alboney F ₁ '	0,221 e	0,216 d	0,201 b	0,190 a
'Emotion F ₁ '	0,225 e	0,216 d	0,211 c	0,191 a
Średnia	0,223 d	0,216 c	0,206 b	0,191 a
Ni				
'Alboney F ₁ '	4,111 d	4,031 cd	3,932 cd	1,984 a
'Emotion F ₁ '	3,977 cd	3,883 c	3,976 cd	3,087 b
Średnia	4,044 b	3,957 b	3,954 b	2,535 a

* Średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$;

** Średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.

Poddane badaniom pierwiastki są metalami ciężkimi lub pośrednimi o różnym znaczeniu i roli fizjologicznej. Niektóre metale ciężkie między innymi: Mn, Zn, Cu, Mo w niskich stężeniach pełnią funkcję mikroelementów. Kadm i ołów to metale ciężkie niebędące składnikami pokarmowymi, toksycznie wpływające na roślinę. Kadm w funkcjach fizjologicznych może zastępować cynk, ale w przeciwieństwie do niego jest toksyczny (4).

W literaturze brak jest prac traktujących o wpływie stresu manganowego na zawartość pierwiastków śladowych oznaczanych w badaniach własnych autorów. Jak podają inni autorzy (1, 2, 8, 9) w warunkach stresu manganowego zaburzeniu ulega odżywienie roślin innymi składnikami, zarówno makro, jak i mikroskładnikami, na przykład: Ca, Mg, Fe, Zn, Cu.

Dla większości oznaczanych pierwiastków obserwowano tendencję spadkową ich zawartości pod wpływem stresu manganowego. Takiej zależności nie stwierdzono w przypadku kadmu i ołowiu. *Tyksiński* i współpr. (10) podaje, że metale ciężkie (np. kadm) mogą mieć modyfikujący wpływ na zawartość składników (wapnia, sodu i fosforu) w liściach pomidora. W przypadku poszczególnych pierwiastków oznaczonych w badaniach własnych obejmowały one zakres (w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. części wskaźnikowych; średnia dla odmian): Al 0,023–0,046; Ba 3,56–3,76; Cd 0,399–0,405; Co 0,846–0,888; Cr 0,13; Ni 2,063–4,008; Pb 0,833–0,839.

Jamal Khan i współpr. (11) w uprawie pomidorów w glebie mineralnej oznaczyli większe zawartości pierwiastków w liściach pomidorów w porównaniu z wartościami uzyskanymi w badaniach własnych autorów (uprawa hydroponiczna w podłożu inertnym). W przypadku chromu, niklu i ołowiu wynoszą odpowiednio 0,91–1,97, 5,90–17 i 7,73–29,47 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. Jedynie w przypadku kadmu wykazano jego mniejszą zawartość w liściach (0,12–0,14 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.). Podobnie większą zawartość ołowiu i chromu w liściach pomidorów, odpowiednio w zakresie 1,24–1,91 i 7,75–8,99 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m., wykazano w badaniach *Castaldi* i *Melis* (12) prowadzonych w różnych typach podłoży uprawowych. Jedynie w przypadku kadmu oznaczone zakresy zawartości były mniejsze (0,22–0,25 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) niż w badaniach własnych. W przypadku pomidorów uprawianych w glebie mineralnej znacznie większe zawartości pierwiastków, wynoszące dla Cd 11,6–12; Cr 47,2–65,1; Pb 45–46,2; Ni 15,8–16,4; Co 3–4,2 (w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) wykazali *Adefemi* i *Awokunmi* (13). Podobnie dla pomidorów rosnących w glebie w pobliżu zakładów przemysłowych wykorzystujących związki ołowiu (produkcja farb) *Nwajei* i współpr. (14) przytaczają większe zawartości ołowiu (3,40–4,52 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) i chromu (0,1–0,52 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) w liściach pomidora, przy równocześnie mniejszej zawartości niklu (1,60–2,28 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) i kobaltu (0,03–0,20 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.). Różnice w zawartości pierwiastków metalicznych w badaniach poszczególnych autorów tłumaczyć można warunkami uprawy roślin oraz poziomem zanieczyszczenia gleby lub podłoża.

Generalnie oznaczone w częściach wskaźnikowych (8.–9. w pełni rozwinięty liść licząc od wierzchołka) zawartości pierwiastków metalicznych były większe, niż w przypadku owoców, przy zastosowaniu fertygacji pożywkami o takim samym składzie chemicznym, jak w badaniach własnych (dane niepublikowane autorów). Podobnie w badaniach innych autorów (11, 13) oznaczone w liściach zawartości Cd, Cr, Ni, Pb, Ni, Co były wyższe niż w owocach. *Adefemi* i *Awokunmi* (13) podaje, że

szereg kumulowania metali w różnych częściach pomidora przedstawia się następująco: liście>łodygi>korzenie>owoce.

W badaniach dotyczących zastosowania różnych podłoży do uprawy pomidorów wyższe zawartości Pb i Cd stwierdzono w owocach aniżeli w liściach, natomiast w przypadku chromu wykazano odmienną zależność (12). *Nwajei* i współpr. (14) natomiast oznaczyli zbliżoną zawartość Co, Cr, Ni i Pb w owocach i liściach pomidorów.

WNIOSKI

1. Dla większości oznaczanych pierwiastków obserwowano tendencję spadkową ich zawartości w liściach pomidorów pod wpływem stresu manganowego. Takiej zależności nie stwierdzono jedynie w przypadku kadmu i ołowiu.

2. W przypadku poszczególnych pierwiastków ich zawartości obejmowały zakres (w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. części wskaźnikowych; średnia dla odmian): Al 0,023–0,046; Ba 3,56–3,76; Cd 0,399–0,405; Co 0,846–0,888; Cr 0,13; Ni 2,063–4,008; Pb 0,833–0,839.

3. Oznaczone w liściach pomidora zawartości pierwiastków metalicznych były wyższe, niż w przypadku owoców.

T. Kleiber, T. Szablewski, K. Stuper-Szablewska,
R. Cegielska-Radziejewska

DETERMINATION OF MANGANESE STRESS INFLUENCE ON CONTENT
OF TRACE ELEMENTS IN LEAVES OF TOMATOES (*LYCOPERSICON ESCULENTUM* MILL.)

Summary

The aim of the study was to evaluate the content of trace elements (Al, Ba, Cd, Co, Cr, Ni, Pb) in the leaves of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. 'Alboney F₁' and 'Emotion F₁') under manganese stress. The following manganese nutrition levels (in terms of $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ of nutrient solution) were studied: 2.4, 4.8, 9.6, 19.2 (described as Mn-2.4, Mn-4.8, Mn-9.6, Mn-19.2). The plants were grown in rockwool with fertigation using nutrient solution with the following chemical composition (in $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$): N-NH₄ 2.2, N-NO₃ 230, P 50, K 430, Ca 145, Mg 65, Cl 35, S-SO₄ 120, Fe 2.48, Zn 0.50, Cu 0.07, pH 5.50, EC 3.00 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$. A downward trend of their contents was observed in the contents of those elements (except for cadmium and lead) in the leaves of tomato under manganese stress. The ranges for the metallic elements (mean values for cultivars, in $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ dry leaves) were: Al 0.023-0.046; Ba 3.56-3.76; Cd 0.399-0.405; Co 0.846-0.888; Cr 0.13; Ni 2.063-4.008; Pb 0.833-0.839.

PIŚMIENNICTWO

1. *Savvas D., Papastavrou D., Ntatsi G., Ropokis A., Olympios C.*: Interactive effects of grafting and manganese supply on growth, yield, and nutrient uptake by tomato. *Hortsci.*, 2009; 44(7): 1978-1982. – 2. *Shenker, M., Plessner O.E., Tel-Or E.*: Manganese nutrition effects on tomato growth, chlorophyll concentration, and superoxide dismutase activity. *J. Plant Physiol.*, 2004; 161: 197-202. – 3. *Humphries J. M., Stangoulis J.C.R., Graham R. D.*: Handbook of Plant Nutrition, A.V. Barker, D.J. Pilbeam (edit.), Taylor & Francis Group, 2007; 351-374. – 4. *Breś W., Golcz A., Komosa A., Kozik E.* Żywnienie roślin ogrodnich. Podstawy i perspektywy. Komosa A. (red.), PWRiL, 2012; 204-205. – 5. *Millaleo R., Reyes-Díaz M., Ivanov A.G., Mora M.L., Alberdi M.*: Manganese as essential and toxic element for plants: transport, accumulation and resistance mechanisms. *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 2010; 10(4): 476-494. –

6. Kleiber T.: Wpływ manganu na plonowanie pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.) uprawianego w warze mineralnej. Nauka Przyr. Technol., 2014; 8, 2, #14. – 7. Fernandes, J. C., Henriques F.S.: Biochemical, physiological, and structural effects of excess copper in plants. Bot. Rev., 1991; (57): 246-273. – 8. Kasraei R., Rogríguez-Barrueco, Arroyo M.I.: The effect of Al and Mn on growth and mineral composition of *Casuarina equisetifolia* Forst. Fertilizers and Environment, 1996: 75-81. – 9. Lee T. J., Luitel B. P., Kang W. H.: Growth and physiological response to manganese toxicity in chinese cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *campestris*) Hort. Environ. Biotechnol., 2011; 52(3): 252-258. – 10. Tyksiński W., Bosiacki M., Budzik M.: Wpływ kadmu na jakość owoców pomidora i ich stan odżywienia. Roczn. AR Pozn., 2006; CCCLXXIX, Ogrodn. 40: 67-75.
11. Jamal Khan M., Tariq Jan M., Farhatullah, Ullah Khan N., Arif M., Perveen S., Alam S., Ullah Jan A.: The effect of using waste water for tomato. Pak. J. Bot., 2011; 43(2): 1033-1044. – 12. Castaldi P., Melis P.: Growth and yield characteristics and heavy metals content on tomatoes grown in different growing media. Commun. in soil sci. and plant analys., 2004; 35(1-2): 85-98. – 13. Adefemi O.S., Awokunmi E.E.: Uptake of heavy metals by tomato (*Lycopersicum esculentus*) grown on soil collected from dumpsites in Ekiti State, South West, Nigeria; Internat. J. of Chem., 2013; 5(3): 70-75. – 14. Nwajei G.E. Okwagi P. Nwajei R.I., Obi-Iyeke G.E.: Analytical assessment of trace elements in soils, tomato leaves and fruits in the vicinity of paint industry. Nigeria Res. J.of Rec.Sci., 2012; 1(4): 22-26.

Adres: 60-198 Poznań, ul. Zgorzelecka 4.

Zuzanna Goluch-Koniuszy, Magda Rygielska

OCENA WPŁYWU NA MODELU ZWIERZĘCYM, ZAMIANY SACHAROZY W DIECIE SUKRALOZĄ (E 955) NA WYBRANE TORY METABOLICZNE USTROJU

Zakład Fizjologii Żywienia Człowieka
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Kierownik: prof. dr hab. M. Friedrich

Celem pracy była ocena, na modelu zwierzęcym, wpływu zamiany obecnej w diecie sacharozy sukralozą (E 955), co do pewnego stopnia imituje spożycie przez ludzi, na stężenie wybranych parametrów metabolizmu białkowego i węglowodanowo-lipidowego. Samice szczura podzielono na 3 grupy i żywiono ad libitum: grupę 1 mieszkanką podstawową, grupę 2 mieszkanką zmodyfikowaną I, w której pełne ziarna zbóż zastąpiono mąką pszenną i częściowo sacharozą i grupę 3 mieszkanką zmodyfikowaną II, w której sacharozę zastąpiono sukralozą. Stwierdzono, że ze względu na możliwość nasilenia przemiana katabolicznych w mięśniach należy monitorować ilość spożywanej sukralozy u dzieci, młodzieży, kobiet ciężarnych i osób starszych.

Hasła kluczowe: sukraloza (E 955), sacharoza, szczury, metabolizm.

Key words: sucralose (E 955), sucrose, rats, metabolism.

Współczesna dieta ludzi odznacza się znaczną ilością produktów przetworzonych i oczyszczonych, bogatych m.in. w sacharozę nadającą smak słodki. Obecnie, powszechnym stało się stosowanie w produkcji żywności substancji słodzących, których celem jest ograniczenie wartości energetycznej przy zachowaniu smaku słodkiego. Do często stosowanych substancji intensywnie słodzących należy m.in. sukraloza ($C_{12}H_{19}Cl_3O_8$), otrzymywana przez intensywne chlorowanie sacharozy (1), która jest od niej słodsza o ok. 600 razy. Sukraloza jest znakomicie rozpuszczalna w wodzie i ma wysoką stabilność cieplną, co umożliwia jej szerokie zastosowanie jako substancji słodzącej m.in. w napojach, żywności medycznej oraz w suplementach diety (2). Ustalone dla sukralozy przez JECFA (*Joint Expert Committee on Food Additives*) oraz EFSA (*European Food Safety Agency*) dopuszczalne dzienne spożycie ADI (*Acceptable Daily Intake*) nie powinno przekraczać 15 mg/kg mc./dobę, natomiast wg FDA (*Food and Drug Administration*) 5 mg/kg mc./dobę. Wykazano (3), że szacowane dzienne pobranie EDI (*Estimated Daily Intake*) sukralozy z żywnością dla wszystkich grup wiekowych ludzi (od 0 do 65+) wynosiło średnio 1,1 mg/kg/mc./dobę (w zakresie 2,0–0,8 mg/kg mc./dobę).

W Polsce (4) określono EDI, u zdrowej młodzieży w wieku 16–18 lat, na poziomie 1,49 mg/kg mc./dobę i było ono wyższe u dziewcząt niż u chłopców (analogicznie 1,58 i 1,30). Monitorowanie ilości spożywanej sukralozy w aspekcie nie przekroczenia

dawki ADI jest istotne szczególnie u dzieci, które są częstszymi konsumentami tego słodzika niż dorośli, ale również u kobiet ciężarnych czy osób starszych o zmienionym fizjologicznie metabolizmie.

Dotychczasowe badania przeprowadzone na zwierzętach modelowych (5, 6) oraz z udziałem ludzi dotyczyły głównie smakowości sukralozy, tolerancji, toksyczności, diabetogenności, mutagenności i teratogenności, a wyniki z tych badań często nie były jednoznaczne. Stosowano sukralozę zarówno jako dodatek do paszy, jak i podawano w wodzie pitnej, w ilościach przewyższających ADI, co nie odzwierciedlało przemian metabolicznych zachodzących w ustroju przy szacowanym spożyciu EDI wśród ludzi. Ponadto, nie znaleziono badań, w których dokonano oceny wpływu spożycia tej substancji słodzącej zarówno na metabolizm białkowy, lipidowy i węglowodanowy ustroju, uwzględniając współczesną dietę bogatą w sacharozę lub skrobię. Dlatego celem pracy była ocena wpływu, na modelu zwierzęcym, zamiany sacharozy obecnej w diecie sukralozą na wybrane torę metaboliczne, co do pewnego stopnia imituje spożycie przez ludzi.

MATERIAŁ I METODY

Badania, po uzyskaniu zgody Lokalnej Komisji Etycznej (nr zgody 6/2013), przeprowadzono na 30 samicach szczura szczepu Wistar, w wieku 5 miesięcy, o wyjściowej masie ciała $265,5 \pm 17,2$ g, które przebywały w indywidualnych klatkach. Zwierzęta pochodziły z hodowli Zwierzętarni Katedry i Zakładu Toksykologii Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu. Po tygodniowym kondycjonowaniu (woda do picia oraz

Tab e l a 1. Skład surowcowy pasz zastosowanych w doświadczeniu

Tab e l e 1. Ingredients contained in feedstuffs applied in the experiment

Skład recepturalny	Pasza podstawowa (%)	Pasza zmodyfikowana I (%)	Pasza zmodyfikowana II (%)
Pszenica	36,4	6,01	6,01
Kukurydza	20,0	10,00	10,00
Otręby pszenne	20,0	20,00	20,00
Serwatka suszona	3,0	3,00	3,00
Sól pastewna	0,3	0,30	0,30
Śruta sojowa Hipro	17,0	17,00	17,00
Kreda pastewna ¹	1,5	1,50	1,50
Fosforan 1-Ca	0,8	0,80	0,80
Premiks LRM ²	1,0	1,00	1,00
Mąka pszenna	–	30,39	40,39
Sacharoza	–	10,00	–

¹ Kreda pastewna – Ca 350 g, Mg 3,20 g, Na 10,00 mg, P 15,00 mg/ kg paszy.

² Premix LRM – IU: wit. A 1500000, wit. D₃ 100000, mg: wit. E 8000, wit. K 300, wit. B₁ 1200, wit. B₂ 1200, wit. B₆ 1000, wit. B₁₂ 8, Se 100, Fe 16000, Mn 4500, Zn 6000, Cu 1300, J 100, Co 200/ kg.

pasza podstawowa) w warunkach wiwarium (temp. 21–22°C, wilgotność względna powietrza 55–60%, cykl jasność/ciemność 12/12 h), zwierzęta zostały podzielone na trzy równoliczne grupy żywieniowe (po 10 osobników), które żywiono *ad libitum* granulowanymi paszami wyprodukowanymi z tych samych komponentów, poza różnicującymi, po wdrożeniu procedury 5.14.5. „Czyszczenie maszyn i urządzeń” (zabezpieczającej przed zanieczyszczeniami różnych partii wyprodukowanych mieszanek) przez Wytwórnę Pasz „Morawski” w Kcyni. Grupa 1 otrzymywała paszę podstawową (Labofeed B), która zawierała m. in. pełne ziarna pszenicy i kukurydzy. Grupa 2 otrzymywała paszę zmodyfikowaną I, w której 83,5% pszenicy obecnej w paszy podstawowej zostało zastąpione mąką pszenną (typ 500), a 50% kukurydzy – sacharozą (tab. I). Grupa 3 otrzymywała paszę zmodyfikowaną II, w której w stosunku do paszy zmodyfikowanej I 10% sacharozy zastąpiono mąką pszenną (typ 500), a sukralozę podawano do picia w roztworze wodnym z uwagi na niemożliwość dokładnego wymieszania tak małych jej ilości z paszą. Udział pozostałych składników w paszach był identyczny. Zamiana składników paszy podczas zestawiania składu pasz zmodyfikowanych, miała na celu odwzorowanie, do pewnego stopnia obserwowanych współcześnie u ludzi, zachowań żywieniowych.

Tab e l a II. Skład chemiczny pasz zastosowanych w doświadczeniu

Tab l e II. Chemical composition of feeds used in the experiment

Składnik	Pasza podstawowa (%)	Pasze doświadczalne	
		Pasza zmodyfikowana I (%)	Pasza zmodyfikowana II (%)
Białko ogólne	18,50	18,40	19,60
Tłuszcz surowy	1,75	3,51	2,35
Węglowodany	61,50	63,60	62,30
Błonnik	2,91	2,73	3,22
Sucha masa	89,70	91,90	91,10
Popiół ogólny	7,95	6,39	6,83
Energia brutto			
(kcal/g)	3,76	4,02	3,91
(kJ/g)	15,70	16,80	16,40
Energia metaboliczna			
(kcal/g)	3,36	3,60	3,49
(kJ/g)	14,00	15,10	14,60

Wykonano także analizę składu chemicznego (7) przygotowanych pasz (tab. II), oznaczając zawartość: azotu ogólnego metodą Kjeldahla za pomocą aparatu Kjeltetec 2100 firmy Foss Tecator, który przeliczono na ilość białka, tłuszczu surowego metodą Soxhleta na aparacie Soxtec HT6 Foss Tecator, suchej masy metodą wagową w suszarce laboratoryjnej WTS E16-6/500 i popiołu metodą wagową poprzez spalanie w piecu muflowym CZYŁOK SM 946 w temp. 550°C przez 10 h. Zawartość włókna surowego oznaczono metodą wagową (PB-02/PS) w Krajowym Laboratorium Pasz Państwowy Instytut Badawczy Instytutu Zootechniki w Szczecinie. Zawartość węglowodanów

wyliczono z różnicy pomiędzy suchą masą a sumą pozostałych składników stałych. Zawartość energii brutto i metabolicznej wyliczono z wykorzystaniem powszechnie stosowanych równoważników energetycznych (8).

Do picia zwierzęta grupy 1 i 2 otrzymywały odstaną wodę wodociągową. Zwierzęta grupy 3, w porze wzmożonej aktywności, otrzymywały 20 cm³ wodnego roztworu sukralozy (E 955 firmy Hortimex Plus Sp. z o.o. Sp. K. Konin) zawierającego 1,1 mg (EDI) w przeliczeniu na 1 kg masy ciała szczura na dobę. Po wypiciu roztworu sukralozy zwierzęta dopajano czystą, odstaną wodą wodociągową.

Doświadczenie, po jednotygodniowym okresie kondycjonowania zwierząt, trwało 6 tygodni, w trakcie których na bieżąco obliczano ilość spożytej paszy oraz ilość wypijanych płynów. Raz na tydzień kontrolowano masę ciała zwierząt. Na 12 godz. przed zakończeniem doświadczenia odstawiono zwierzętom paszę. Następnie zwierzęta usypiano anestetykiem Ketanest i pobierano krew z serca. Po odwirowaniu skrzepu (temp. 4°C, przy prędkości 3500 obr./min, przez 10 min), w uzyskanej surowicy krwi oznaczono za pomocą biotestów firmy BioSystems na spektrofotometrze Metertech SP-8001 stężenia: białka całkowitego metodą biuretową, glukozy metodą kolorymetryczną, triacylogliceroli metodą enzymatyczną, cholesterolu całkowitego metodą enzymatyczną, frakcji HDL-cholesterolu metodą strąceniową, frakcji LDL-cholesterolu metodą bezpośrednią. W surowicy oznaczono również metodą kinetyczną aktywność aminotransferazy asparaginowej (AST EC 2.6.1.2.), aminotransferazy alaninowej (ALT EC. 2.6.1.1) na spektrofotometrze Marcel Media Bio. W celu określenia stężenia w surowicy frakcji białkowych (albumin, α_1 -, α_2 -, β - i γ -globulin) dokonano rozdziału elektroforetycznego w komorach i na żelu agarozowym firmy Cormay, a odczytu dokonano przy użyciu densytometru DT-93. Dokonano również oznaczenia w surowicy stężenia insuliny metodą ELISA przy użyciu zestawu Insulin rat ELISA DE2048 firmy Demeditec.

W wypreparowanych mięśniach (m. quadriceps femoris, m. semimembranosus, m. adduktor femoris, m. superficialis gluteus) oraz w wątrobach zwierząt oznaczono (7) zawartość suchej masy i popiołu metodą wagową, białka ogólnego metodą Kiejdahla oraz tłuszczu metodą Soxhleta. W przeprowadzonym doświadczeniu oznaczono również zawartość tłuszczu okołonarządowego wypreparowanego na bieżąco, zaraz po uśpieniu zwierząt, metodą wagową, z dokładnością do 0,001 g.

Uzyskane wyniki, po sprawdzeniu normalności rozkładu, poddano jednoczynnikowej analizie wariancji (ANOVA) w celu oceny istotnych różnic ($p < 0,05$; $p < 0,01$) między grupami testem Dunnetta (porównanie grup doświadczalnych vs kontrolnej) z wykorzystaniem programu Statistica®.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Analizując uzyskane wyniki stwierdzono podobnie, jak w badaniach *Friedrich* i współpr. (9), że zmiana składu diety, w której pełne ziarna zbóż zastąpiono sacharozą, istotnie zmniejszyła wielkość spożycia paszy przez zwierzęta zwiększając jednocześnie istotnie ich przyrosty masy ciała, w przeliczeniu na jednostkę pobranej paszy (tab. III). Można to tłumaczyć faktem, że szczury mając wolny dostęp do paszy o zwiększonej ilości sacharozy zmniejszyły ilość spożywanej paszy od momentu

zaspokojenia potrzeb energetycznych (10). Ponadto obserwowane większe pobranie paszy przez zwierzęta grupy żywionej paszą podstawową, można tłumaczyć zdolnością szczurów do kompensowania mniejszej gęstości odżywczej tej paszy, wynikającej z większej zawartości włókna surowego w porównaniu z paszą zmodyfikowaną I (11).

Tab e l a III. Wpływ składu diety i zamiany sacharozy sukralozą (E 955) na przyrosty masy ciała i spożycie paszy u samic szczura, ($x \pm SD$, $n = 30$)

Tab l e III. The effect of replacement of sucrose with sucralose (E 955) on feed consumption, body weight gain at female rats, ($x \pm SD$, $n = 30$)

Badana cecha	Pasza podstawowa (a)	Pasze doświadczalne		Istotność różnic
		Pasza zmodyfikowana I (b)	Pasza zmodyfikowana II (c)	
Masa ciała początkowa (g)	267,0 \pm 19,7	263,2 \pm 17,6	266,2 \pm 15,6	–
Masa ciała końcowa (g/6 tyg.)	273,4 \pm 26,8	286,9 \pm 19,8	281,6 \pm 17,2	–
Spożycie paszy (g/6 tyg.)	823,0 \pm 53,5	809,6 \pm 59,6	833,9 \pm 52,7	–
Spożycie paszy (g/100 g masy ciała/6 tyg.)	302,1 \pm 17,3	282,5 \pm 16,7	296,1 \pm 5,6	a-b**
Spożycie wartości energetycznej paszy (kcal/6 tyg.)	3094,8 \pm 201,0	3254,4 \pm 239,7	3260,7 \pm 206,2	–
Przyrost masy ciała (g/6 tyg.)	6,4 \pm 7,6	23,7 \pm 10,3	15,4 \pm 9,2	a-b**
Spożycie płynów (cm ³ /100 g masy ciała/6 tyg.)	470,9 \pm 51,9	400,9 \pm 29,4	947,5 \pm 63,3	a-b** a-c**
Spożycie białka (g/100 g masy ciała/6 tyg.)	55,9 \pm 3,2	52,0 \pm 3,1	58,0 \pm 1,1	a-b**
Tłuszcz okołonarządowy (g/100 g masy ciała/6 tyg.)	0,872 \pm 0,15	0,881 \pm 0,15	1,01 \pm 0,32	–
Masa wątroby (g/100 g masy ciała/6 tyg.)	2,43 \pm 0,2	2,41 \pm 0,3	2,44 \pm 0,2	–

*,** – różnice statystycznie istotne, * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$

Natomiast u zwierząt grupy 3 (tab. III) nie stwierdzono wpływu zamiany sacharozy na sukralozę na wielkość spożycia paszy i przyrosty masy ciała, w stosunku do zwierząt żywionych paszą podstawową. Można to tłumaczyć faktem, że jednym z wielu czynników biorących udział w fizjologicznych mechanizmach regulujących wielkość pobierania pokarmu jest jego wartość energetyczna. W przeprowadzonym doświadczeniu zwierzęta otrzymywały *ad libitum* pasze izokaloryczne, a zastosowana w roztworze wodnym do picia sukraloza, nie zmieniała jej wartości energetycznej, gdyż nie jest traktowana przez ustrój ani jako źródło węglowodanów ani jako źródło energii, co eliminowało wpływ tego czynnika.

Brak różnic w spożyciu paszy pomiędzy zwierzętami żywionymi paszą zmodyfikowaną II, a paszą podstawową może wynikać ze smakowitości zastosowanej w roztworze wodnym sukralozy, która u szczura pobudza receptory smaku słodkiego T1R2/T1R3

[12]. *Sclafani i Clare* (13) wykazali, że na wielkość wypijania roztworu sukralozy ma wpływ jej stężenie. W swoich badaniach u szczurów w/w autorzy zastosowali różne stężenie sukralozy w roztworze wodnym (od 0,25 do 4 g/dm³) i wykazali, że zwierzęta (częściej samce) unikały spożycia tej substancji przy stężeniach 0,2 i 1 g/dm³ natomiast preferowały stężenie 0,5 g/dm³. Również *Bello i Hajnal* (14) wykazali, że w zakresie stężeń sukralozy w roztworze wodnym od 0,0003 do 10 g/dm³ samce szczura nie preferują jej smakowitości w niskich stężeniach (0,0003 do 0,3 g/dm³) oraz wysokich (1–10 g/dm³). Graniczna wartość stężenia sukralozy, przy którym samce szczurów wyraźnie unikały jej spożycia, wynosiła 1 g/dm³. W przeprowadzonym przez nas doświadczeniu ilość wypijanej sukralozy w roztworze wodnym (w przeliczeniu na 100 g masy ciała) była ponad dwukrotnie wyższa niż wypijanej wody przez zwierzęta z grupy kontrolnej (tab. III), co może wynikać z zastosowanego niższego stężenia tej substancji słodzącej niż u wyżej cytowanych autorów (13, 14), innego szczepu badanych szczurów (szczep Wistar), jak i płci zwierząt. Wykazano bowiem (15), że samice szczurów mają silniejsze preferencje dla smaku słodkiego sukralozy niż samce szczurów. Również *Martinez* i współpr. (5) wykazali wyższe spożycie sukralozy w roztworze wodnym w stosunku do grupy kontrolnej, przy porównywalnej ilości spożytej paszy.

W przeprowadzonym doświadczeniu nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy grupą kontrolną a grupami 2 i 3 w spożyciu wartości energetycznej paszy spożytej w ciągu 6 tygodni doświadczenia, podobnie jak w badaniach *Martinez* i współpr. (5).

Zmniejszeniu spożycia paszy przez zwierzęta grupy 2 towarzyszyło istotnie mniejsze spożycie białka (tab. III), które przełożyło się na spadek jego zawartości w tkance mięśniowej (tab. IV) oraz w surowicy wątrobowej frakcji α_1 -globulin (tab. V) a tym samym HDL-cholesterolu (tab. VI) wchodzącego w skład tej frakcji białek. Spadek

Table IV. Wpływ składu diety i zamiany sacharozy sukralozą (E 955) na skład chemiczny mięśni i wątroby samic szczura, ($x \pm SD$, $n = 30$)

Table VI. The effect of replacement of sucrose with sucralose (E 955) on chemical composition of muscles and liver female rats, ($x \pm SD$, $n = 30$)

Badana cecha	Pasza podstawowa (a)	Pasze doświadczalne		Istotność różnic
		Pasza zmodyfikowana I (b)	Pasza zmodyfikowana II (c)	
Białko (%)	mięśnie	24,1 \pm 0,6	23,4 \pm 0,9	a-b**; a-c**
	wątroba	24,3 \pm 0,2	24,3 \pm 0,2	–
Tłuszcz (%)	mięśnie	3,38 \pm 0,5	2,91 \pm 0,6	a-c**
	wątroba	2,98 \pm 0,3	2,90 \pm 0,2	–
Sucha masa (%)	mięśnie	28,0 \pm 0,4	28,0 \pm 0,6	–
	wątroba	33,2 \pm 0,8	33,2 \pm 0,6	–
Popiół (%)	mięśnie	1,47 \pm 0,05	1,47 \pm 0,03	–
	wątroba	1,75 \pm 0,10	1,84 \pm 0,03	a-b*; a-c**

*,** – różnice statystycznie istotne, * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$.

stężenia frakcji HDL-cholesterolu w surowicy spowodował zachwianie równowagi pomiędzy jego ilością a stężeniem frakcji LDL-cholesterolu wynikiem czego jest istotnie wyższa wartość wskaźnika Castelliego, w stosunku do zwierząt żywionych paszą podstawową, co wskazuje na aterogenność diety zawierającej sacharozę.

Tab e l a V. Wpływ składu diety i zamiany sacharozy sukralozą (E 955) na zawartość białka i jego frakcji w surowicy samic szczura, ($\bar{x} \pm SD$, $n=30$)

Tab l e V. The effect of replacement of sucrose with sucralose (E 955) on serum concentration of protein and chosen indicators of protein transmutation at female rats, ($\bar{x} \pm SD$, $n=30$)

Badana cecha	Pasza podstawowa (a)	Pasze doświadczalne		Istotność różnic
		Pasza zmodyfikowana I (b)	Pasza zmodyfikowana II (c)	
Białko ogólne (g/l)	5,96 ± 0,27	5,79 ± 0,27	5,82 ± 0,37	–
Albuminy	(g/l)	3,32 ± 0,16	3,28 ± 0,18	–
	(%)	55,0 ± 2,30	56,5 ± 1,10	–
α_1 -globuliny	(g/l)	1,06 ± 0,07	0,90 ± 0,09	a-b* [*] ; a-c** ^{**}
	(%)	17,6 ± 1,20	15,6 ± 1,20	a-b* [*] ; a-c** ^{**}
α_2 -globuliny	(g/l)	0,31 ± 0,08	0,32 ± 0,03	–
	(%)	5,20 ± 1,20	5,60 ± 0,60	–
β -globuliny	(g/l)	0,87 ± 0,08	0,83 ± 0,02	–
	(%)	14,4 ± 1,00	14,4 ± 0,60	–
γ -globuliny	(g/l)	0,48 ± 0,09	0,46 ± 0,06	–
	(%)	7,80 ± 1,20	7,90 ± 0,90	–
Albuminy/Globuliny	1,2 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,2 ± 0,1	–
AST (U/l)	30,8 ± 10,5	26,6 ± 10,0	19,3 ± 6,9	a-c*
ALT (U/l)	11,2 ± 8,6	6,7 ± 1,5	8,8 ± 2,7	
ASP/ALT Wskaźnik de Ritisa	4,2 ± 3,0	4,2 ± 2,0	4,5 ± 1,2	

^{},** – różnice statystycznie istotne; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$.

Zastosowana w żywieniu zwierząt grupy 3 sukraloza istotnie wpłynęła na spadek zawartości białka i tłuszczu w mięśniach, popiołu w wątrobie (tab. IV), stężenia w surowicy frakcji α_1 -globulin oraz spadku aktywności AST w stosunku do zwierząt żywionych paszą podstawową (tab. V).

Pomimo obserwowanych zmian w składzie chemicznym w wątrobach zwierząt grupy 2 i 3 nie stwierdzono jednak istotnych zmian jej masy, w przeliczeniu na 100 g masy ciała szczura (tab. III). Podobnie *Martinez* i współpr. (5) zaobserwowali tendencję wzrostową w masie wątroby u zwierząt otrzymujących 10% sacharozy lub 0,19% sukralozy w roztworze wodnym w stosunku do zwierząt z grupy kontrolnej.

Tabela VI. Wpływ składu diety i zamiany sacharozy sukralozą (E 955) na zawartość glukozy, insuliny, lipidów i lipoprotein w surowicy krwi samic szczura, ($x \pm SD$, $n = 30$)Table VI. The effect of replacement of sucrose with sucralose (E 955) on glucose, insulin and selected lipids, lipoproteins levels in female rat serum, ($x \pm SD$, $n = 30$)

Badana cecha	Pasza podstawowa (a)	Pasze doświadczalne		Istotność różnic
		Pasza zmodyfikowana I (b)	Pasza zmodyfikowana II (c)	
Glukoza (mg/dl)	131,0 \pm 19,6	117,6 \pm 22,0	127,2 \pm 14,6	–
Insulina (mU/l)	7,54 \pm 3,4	6,48 \pm 4,1	8,66 \pm 8,3	–
Triacyloglicerole (mg/dl)	36,5 \pm 19,8	30,9 \pm 9,5	39,0 \pm 18,3	–
Cholesterol całkowity (mg/dl)	90,0 \pm 16,2	86,6 \pm 20,2	89,1 \pm 18,4	–
HDL-Chol. (mg/dl)	42,6 \pm 6,0	33,1 \pm 6,3	39,1 \pm 7,1	a-b**
LDL-Chol. (mg/dl)	30,3 \pm 5,4	26,7 \pm 5,1	27,5 \pm 5,7	–
Cholesterol całkowity/HDL-chol. Wskaźnik Castelliego	2,12 \pm 0,3	2,63 \pm 0,5	2,30 \pm 0,3	a-b**

*,** – różnice statystycznie istotne; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$.

Ponieważ nie stwierdzono istotnych różnic w stężeniu insuliny (tab. VI) odpowiedzialnej m.in. za inkorporację aminokwasów do komórek, to można przypuszczać, że za obserwowane zmiany w zawartości białka w mięśniach grup 2 i 3 oraz tłuszczu w grupie 3 mogą być odpowiedzialne glikokortykoidy, których jedną z funkcji jest mobilizacja aminokwasów z tkanek pozawątrobowych celem utrzymania homeostazy białka w wątrobie i osoczu krwi. Również hormony te wpływają na filtrację kłębuszkową i wzmagają diurezę, co mogło być powodem spadku zawartości popiołu w wątrobie szczurów grupy 3 przy porównywalnej ilości wypijanych płynów przez zwierzęta z grupy kontrolnej. Jednakże takie przypuszczenia wymagają dalszych badań w zakresie bilansu wodnego i gospodarki hormonalnej. Obserwowana mniejsza zawartość białka w mięśniach może ponadto wynikać z niższego spożycia białka (u zwierząt z grupy 2) oraz z mniejszej zawartości cynku w paszach zmodyfikowanych, w których zastosowano sacharozę i/lub mąkę pszenną charakteryzujące się mniejszą zawartością tego pierwiastka, w porównaniu do składników zawartych w paszy podstawowej. Jak wykazał Roth (16) cynk jest kluczowym składnikiem efektywnego wykorzystania białka z diety i przy niskiej jego podaży w diecie szczury spożywają mniej paszy i białka, co znalazło odzwierciedlenie w uzyskanych wynikach własnych.

Obserwowany spadek zawartości białka w mięśniach i tłuszczu oraz składników mineralnych w wątrobie spowodowany spożyciem sukralozy może być niekorzystny u rosnących i rozwijających się dzieci i młodzieży oraz osób starszych, u których fizjologicznie nasilone są procesy kataboliczne.

Natomiast przyczyną spadku aktywności AST w surowicy krwi zwierząt otrzymujących sukralozę mogło być niższe w ustroju stężenie fosforanu pirydoksalu, aktywnej formy witaminy witaminy B₆ kofaktora tej transaminazy, a wynikające z mniejszej zawartości w paszy pełnych ziaren zbóż będącej jej źródłem.

Pomimo iż wykazano (17), że dieta zawierająca sacharozę sprzyja gromadzeniu okołonarządowej tkanki tłuszczowej u szczurów oraz podawanie zdrowym ludziom doustnie sukralozy gromadzeniu wisceralnej tkanki tłuszczowej (18), to jednak w przeprowadzonym doświadczeniu zaobserwowane zwiększenie zawartości tej tkanki tłuszczowej nie okazało się statystycznie istotne (tab. III).

Wykazano już, że na wzrost stężenia glukozy we krwi ma wpływ nie tylko spożycie sacharozy (19) i skrobi będących jej źródłem, ale i sukralozy (20), która stymuluje poposiłkowe wchłanianie glukozy do enterocytów w jelicie czczym poprzez aktywację receptorów GLUT 2. Wzrost stężenia glukozy we krwi poprzez uwalnianie z trzustki insuliny predestynuje do zmian w metabolizmie węglowodanowym, białkowym i lipidowym. Jednakże w przeprowadzonym doświadczeniu nie stwierdzono, aby zmiana składu diety, jak i zamiana sacharozy na sukralozę wpłynęły istotnie w stosunku do zwierząt żywionych paszą podstawową, na stężenie w surowicy: białka całkowitego i jego frakcji (albumin, α_2 -, β - i γ -globulin), aktywności ALT (tab. V), stężenia glukozy, triacylogliceroli, cholesterolu całkowitego i jego frakcji LDL oraz insuliny (tab. VI). Podobne wyniki w zakresie gospodarki białkowej i węglowodanowo-lipidowej przy zastosowaniu paszy zawierającej sacharozę u samic szczura uzyskali *Goluch-Koniuszy* i współpr. (14), a inni autorzy (6) również przy spożyciu sukralozy.

Reasumując, uzyskane wyniki badań mogą świadczyć o fakcie, że przy udziale 10% sacharozy w diecie obserwuje się więcej niekorzystnych zmian w metabolizmie ustroju niż w przypadku spożycia sukralozy spożywanej w ilościach EDI – 1,1 mg/kg mc/dobę.

WNIOSKI

1. Dieta, w której pełne ziarna zbóż izokalorycznie zastąpiono mąką i sacharozą sprzyjała zmniejszonemu spożyciu paszy oraz białka, co mogło wpłynąć na stwierdzoną mniejszą zawartość białka w mięśniach, spadek stężenia frakcji α_1 -globulin oraz frakcji HDL-cholesterolu w surowicy badanych zwierząt.

2. Dieta w której pełne ziarna zbóż izokalorycznie zastąpiono mąką i sukralozą sprzyjała zmniejszeniu zawartości białka i tłuszczu w mięśniach, popiołu w wątrobie, spadkowi stężenia frakcji α_1 -globulin oraz aktywności AST w surowicy badanych zwierząt.

3. Obserwowane wartości wybranych wskaźników przemian białkowych (albuminy, α_2 - β - i γ -globuliny, ALT, wskaźnik de Ritis), węglowodanowych (glukoza, insulina) i lipidowych (trójglicerydy, cholesterol całkowity i jego frakcja LDL, wskaźnik Castelliego), u zwierząt żywionych paszą zmodyfikowaną II i sukralozą, były porównywalne do wartości stwierdzonych u zwierząt żywionych paszą podstawową.

4. Spożycie sukralozy może być przyczyną nasilenia przemiana katabolicznych w mięśniach.

Z. Goluch-Koniuszy, M. Rygielska

THE EFFECT OF REPLACEMENT OF SUCROSE WITH SUCRALOSE (E 955) IN THE DIET ON THE SELECTED METABOLIC PATHWAYS IN AN ANIMAL MODEL

Summary

The aim of this work was to evaluate the effect of replacing sucrose with sucralose (E 955), a sweetener, on the concentration of selected parameters of protein and carbohydrate-lipid metabolism in an animal model to a certain extent imitating human consumption. Female rats were divided into three groups and fed: group 1 was fed with a basic mixture, group 2 received a modified mixture (I) where whole grains were replaced by wheat flour and partially sucrose, and group 3 got a modified mixture (II) where sucrose was substituted by sucralose (E 955). It was found that due to the possibility of increased catabolic conversions in muscles, the amount of consumed sucralose should be monitored in children, adolescents, pregnant women and the elderly.

PIŚMIENNICTWO

1. *Grotz V.L., Munro I.C.*: An overview of the safety of sucralose. *Regul. Toxicol. Pharmacol.*, 2009; 55(1): 1-5. – 2. *Rozporządzenie Ministra Zdrowia* z dnia 22 listopada 2010 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych. *Dz.U. Nr 232, poz. 1525*. – 3. *McNeil Specialty Products*. Food Additive Petition 7A3987: Sucralose. Washington, McNeil Specialty Products 1987. – 4. *Wierzbička E., Kowalczyk F., Brzozowska A.*: Pobranie z diety intensywnych substancji słodzących w wybranej grupie młodzieży w wieku 16–18 lat. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2012; 45(3): 1039-1045. – 5. *Martinez C., González E., García R.S., Salas G., Constantino-Casas F., Macías L., Gracia I., Tovar C., Durán-de-Bazúa C.*: Effects on body mass of laboratory rats after ingestion of drinking water with sucrose, fructose, aspartame, and Sucralose additives. *The Open Obes. J.*, 2010; 2: 116-124. – 6. *Shastry C.S., Yatheesh C.K., Aswathanarayana B.J.*: Comparative evaluation of diabetogenic and mutagenic potential of artificial sweeteners- Aspartame, Acesulfame- K and Sucralose. *NUJHS*, 2012; 2(3): 80-84. – 7. *AOAC.*: Association of Official Analytical and Chemists, *Official Methods of Analysis*. 2003; 17th Edition. Gaithersburg. – 8. *FAO*. Food energy – methods of analysis and conversion factors. Chapter 2: Methods of food. Analysis. Food and Nutrition, 2003; 77: 12-14. – 9. *Friedrich M., Goluch-Koniuszy Z., Sadowska J.*: ?Ocena wpływu składu diety i jej suplementacji witaminami z grupy B na przemianę białkowe w badaniach modelowych na szczurach. *Żyw. Nauka. Technol. Jakość*, 2010; 6(73): 228-238. – 10. *Sclafani A., Xenakis S.*: Sucrose and polysaccharide induced obesity in the rat. *Physiol. Behav.*, 1984; 32(2): 169-174.
11. *Munakata A., Iwane S., Todate M., Nakaji S., Suwagara K.*: Effects of dietary fiber on gastrointestinal transit time, fecal properties and fat absorption in rats, *Tohoku J. Exp. Med.*, 1995; 176: 227-238. – 12. *Li X., Staszewski L., Xu H., Durick K., Zoller M., Adler E.*: Human receptors for sweet and umami taste. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 2002; 99: 4692-4696. – 13. *Sclafani A., Clare R.A.*: Female Rats show a Bimodal Preference Response to the Artificial Sweetener Sucralose. *Chem. Senses*, 2004; 29: 523-528. – 14. *Bello N.T., Brockley M.R., Hajnal A.*: Male rats lack a preference for sucralose solutions. *Appetite*, 2004; 42: 340. – 15. *Valenstein E.S., Kakolewski J.W., Cox V.C.*: Sex differences in taste preference for glucose and saccharin solutions. *Science*, 1967; 156: 942-943. – 16. *Roth H.P.*: Development of alimentary zinc deficiency in growing rats is retarded at low dietary protein levels. *J. Nutr.*, 2003; 133, 7: 2294-2301. – 17. *Friedrich M., Dolot A.*: Assessment of effects of diet composition and vitamin B supplementation in free radical-related processes in the body. Activity of antioxidant enzymes and the total antioxidant status of rat blood. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2010; 60(3): 281-287. – 18. *Gummesson A., Carlsson L.M., Storlien L.H., Bäckhed F., Lundin P., Löfgren L., Stenlöf K., Lam Y.Y., Fagerberg B., Carlsson B.*: Intestinal permeability is associated with visceral adiposity in healthy women. *Obesity (Silver Spring)*, 2011; 19(11): 2280-2282. – 19. *Goluch-Koniuszy Z., Sadowska J., Wierzbička A.*: An assessment of the influence of B group vitamins on the C-reactive protein concentration and chosen indicators of protein metabolism in male rats. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 2011; 10(3): 387-397. – 20. *Mace O.J., Affleck J., Patel N., Kellett G.L.*: Sweet taste receptors in rat small intestine stimulate glucose absorption through apical GLUT2. *J. Physiol.*, 2007; 1(582): 379-392.

Agnieszka Parzych

OCENA ZAWARTOŚCI ORAZ PORÓWNANIE WŁAŚCIWOŚCI FITOKUMULACYJNYCH NIKLU W WYBRANYCH ROŚLINACH LECZNICZYCH DOLINY SŁUPI

Zakład Chemii Środowiskowej, Instytutu Biologii i Ochrony Środowiska,
Akademii Pomorskiej w Słupsku
Kierownik: prof. dr hab. J. Trojanowski

Badania prowadzono we wrześniu 2012 w obrębie parku kajobrazowego „Dolina Słupi”. W próbkach roślinnych i glebowych oznaczono zawartość niklu metodą emisyjnej spektrometrii atomowej z plazmą wzbudzoną mikrofalowo. Zawartości Ni w glebie i roślinach leczniczych były zróżnicowane. Największe właściwości kumulacyjne wykazywały pędy nadziemne babki lancetowatej, a najmniejsze pędy nadziemne pokrzywy zwyczajnej. Wykazano istotne statystycznie różnice w koncentracji niklu w badanych roślinach leczniczych.

Słowa kluczowe: pokrzywa zwyczajna, mniszek lekarski, babka lancetowata, nikiel, akumulacja.

Key words: *Urtica dioica*, *Taraxacum officinale*, *Plantago lanceolata*, nickel, accumulation.

Nikiel jako naturalny składnik ekosystemów jest potrzebny w niewielkich ilościach do prawidłowego rozwoju i funkcjonowania roślin, jednakże nadmierna jego koncentracja w środowisku jest szkodliwa. Przy odpowiednio wysokim stężeniu zaburza funkcjonowanie ekosystemów. Pierwiastek ten, ulega bioakumulacji w tkankach roślinnych i zwierzęcych, wskutek czego zagrożenie jego zatruciem wzrasta w kolejnych ogniwach łańcucha troficznego (1, 2, 3, 4, 5). Badania ekotoksykologiczne dowodzą, że rośliny selektywnie pobierają pierwiastki śladowe z otaczającego środowiska. Pierwiastki te wykorzystywane są do budowy ich własnych tkanek oraz biorą udział w wielu przemianach metabolicznych. W świecie roślinnym istnieje wyraźna tendencja do pobierania i kumulowania określonych pierwiastków. Pobieranie niektórych składników mineralnych z gleby przez organizmy roślinne jest uwarunkowane fizjologicznym zapotrzebowaniem na niektóre z nich, jak również może być wynikiem intoksykacji w związku z zanieczyszczeniem środowiska (6, 7, 8, 9). Zawartość niklu w tkankach roślinnych zależy od zawartości i biodostępności w glebie, jak również od gatunku rośliny, okresu wegetacji oraz części morfologicznej (10, 11). Nikiel należy do pierwiastków mobilnych i jego dostępność dla roślin zwłaszcza na terenach zanieczyszczonych jest duża (12). Podwyższona zawartość niklu w roślinach leczniczych może skutkować zaburzeniami zdrowia ludzi stosujących te zioła w fitoterapii. Toksyczne działanie niklu na organizm związane jest przede wszystkim z powstawaniem alergii, objawiających się zmianami na skórze. Nikiel może wywołać również zwłóknienie

płuc, zmiany w nerkach i układzie sercowo-naczyniowym (13). Park Krajobrazowy „Dolina Słupi” odznacza się bardzo dużą różnorodnością gatunkową roślin, z czego znacznym zainteresowaniem cieszą się gatunki lecznicze.

Celem pracy było ocena zawartości Ni w nadziemnych i podziemnych pędach pokrzywy zwyczajnej (*Urtica dioica*), mniszka lekarskiego (*Taraxacum officinale*) i babki lancetowatej (*Plantago lanceolata*) pochodzących z Parku Krajobrazowego Dolina Słupi oraz porównanie ich właściwości kumulacyjnych.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono we wrześniu 2012 r. w obrębie parku kajobrazowego „Dolina Słupi”. Park ten zajmuje obszar środkowego i dolnego biegu rzeki Słupi i jej zlewni od miejscowości Soszyca do drogi Krepa-Łosino (Polska Północna). Do analiz chemicznych pobrano próbki gleby z ryzosfery (5–20 cm) oraz próbki pędów nadziemnych (liście i łodygi) oraz podziemnych (korzenie) pokrzywy zwyczajnej (*Urtica dioica*), mniszka lekarskiego (*Taraxacum officinale*) i babki lancetowatej (*Plantago lanceolata*) z 15 stanowisk zlokalizowanych na terenie Parku, głównie z obrzeży lasu i z przydroży. Przy wyborze stanowisk kierowano się ich reprezentatywnością w celu pełnej charakterystyki badanego obszaru.

W próbkach glebowych oznaczono kwasowość czynną (pH w H₂O) i kwasowość wymienną (pH w roztworze KCl o stężenie 1 mol/dm³) – metodą potencjometryczną oraz zawartość materii organicznej – metodą strat żarowych w piecu muflowym w temp. 550°C. Po przewiezieniu do laboratorium materiał roślinny oczyszczano z mineralnych części gleby, płukano w wodzie destylowanej, oddzielano pędy nadziemne (liście i łodygi) od podziemnych (korzenie), suszono do stałej masy w temp. 65°C, a następnie homogenizowano w młynku laboratoryjnym. Próbki roślinne mineralizowano na mokro w systemie zamkniętym w mieszaninie stęż. HNO₃ i 30% H₂O₂. Frakcję biodostępną niklu z gleby ekstrahowano 10% roztworem HNO₃ (14). W otrzymanych roztworach oznaczono zawartość Ni metodą emisyjnej spektrometrii atomowej z plazmą wzbudzoną mikrofalowo (Agilent 4100 MP-AES). W badaniach wykorzystano oryginalne roztwory wzorcowe (Merck KGaA, 1 g/100 cm³).

Zawartość Ni w glebie przedstawiono w postaci histogramu; wyliczono wartości średnie, minimalne, maksymalne, odchylenia standardowe, współczynniki korelacji Spearmana oraz współczynniki fitokumulacji (*WF*) niklu w pędach roślin leczniczych:

$$WF_{(Ni)} = C_{r(Ni)} : C_{g(Ni)},$$

gdzie:

- $C_{r(Ni)}$ – zawartość niklu w roślinie (mg·kg⁻¹);
- $C_{g(Ni)}$ – zawartość niklu w glebie (mg·kg⁻¹);

Współczynniki specyficznej kumulacji (CSRA – *Coefficient of Specific Relative Accumulation*) obliczono ze wzoru:

$$CSRA = C_{r(Ni)} : C_{(Ni)}$$

gdzie:

- $C_{r(Ni)}$ – średnia zawartość Ni w badanej roślinie (mg·kg⁻¹);

$C_{(Ni)}$ – średnia zawartość Ni we wszystkich roślinach rosnących na danym terenie ($mg \cdot kg^{-1}$).

Normalność rozkładu koncentracji niklu w roślinach i glebie badano za pomocą testu Shapiro-Wilka. Istotność statystycznego zróżnicowania oceniono na podstawie nieparametrycznego testu U Manna Whitneya. Do obliczeń wykorzystano program Statistica (7.1)

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Próbki gleby pobrane w obrębie ryzosfery roślin leczniczych odznaczały się zróżnicowaną kwasowością, przyjmując wartości od 4,6 do 6,9 pH (tab. I). Współczynniki zmienności dla kwasowości czynnej (pH, H_2O) i wymiennej (pH, KCl) wynosiły od 14 do 19% w obrębie 15 stanowisk badawczych. Podwyższone wartości pH gleby zaobserwowano na stanowiskach badawczych zlokalizowanych w najbliższym sąsiedztwie miasta Słupska, co mogło być wynikiem opadania pyłów alkalicznych pochodzenia antropogenicznego, pochodzących głównie ze spalania węgla (15). Zawartość materii organicznej w badanych glebach była niewielka i utrzymywała się w zależności od stanowiska od 1,18 do 6,91%, wykazując zmienność na poziomie 48% w obrębie stanowisk badawczych (tab. I).

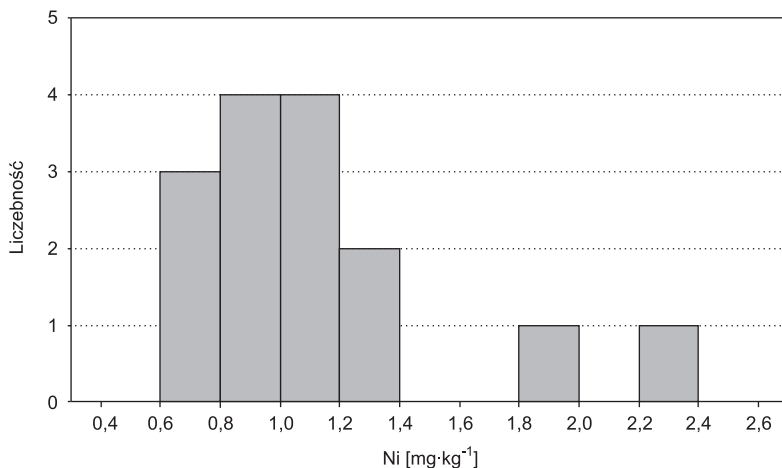
Tab e l a 1. Wybrane właściwości fizykochemiczne gleby

Tab l e 1. Selected physical and chemical properties of the soil

Parametr	Średnia \pm SD	Mediana	Minimum	Maksimum	CV (%)
pH (H_2O)	6,06 \pm 0,8	6,00	4,61	6,95	14
pH (KCl)	5,30 \pm 0,9	5,19	3,90	6,50	19
Materia organiczna, %	3,68 \pm 1,8	3,51	1,18	6,91	48
Ni, $mg \cdot kg^{-1}$	1,14 \pm 0,4	1,02	0,73	2,28	38,8

SD – odchylenie standardowe, CV – współczynnik zmienności

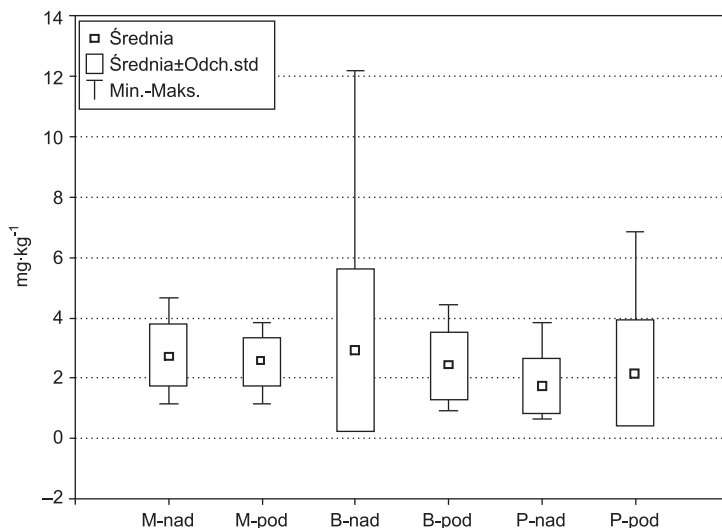
Zawartość niklu w glebie utrzymywała się na poziomie od 0,73 do 2,28 $mg \cdot kg^{-1}$, przyjmując wartość średnią 1,14 $mg \cdot kg^{-1}$. Na 8 spośród 15 stanowisk stwierdzono zawartość Ni na poziomie od 0,8 do 1,2 $mg \cdot kg^{-1}$ (tab. I, ryc. 1). Współczynnik zmienności dotyczący zawartości niklu w próbkach glebowych utrzymywał się na poziomie 38,8%. Dostępność niklu w glebie wzrasta wraz z zakwaszeniem. Odczyn gleb w Dolinie Słupi na większości stanowisk wpływał na ograniczenie dostępności Ni dla roślin. Zawartości niklu stwierdzone w badanych glebach były znacznie niższe od zawartości naturalnej, trzeba jednak pamiętać, że frakcja niklu wymywana 10% kwasem azotowym, stanowi jedynie część ogólnej zawartości tego pierwiastka w glebie. Naturalna zawartość niklu w glebie wynosi około 25 $mg \cdot kg^{-1}$ (16). W glebach lubelszczyzny średnia zawartość Ni to 9,5 $mg \cdot kg^{-1}$ (17), w glebach północno-wschodniej Polski – 25,3 $mg \cdot kg^{-1}$ (18), a w okolicach Warszawy średnia zawartość Ni w glebach trwałych użytków zielonych wynosiła od 3,05 do 30,45 $mg \cdot kg^{-1}$ (19).



Ryc. 1. Histogram zawartości Ni w próbkach gleby.

Fig. 1. Histogram of contents of Ni in soil samples.

Koncentracje niklu w badanych roślinach leczniczych były znacznie zróżnicowane w zależności od stanowiska, gatunku jak i części morfologicznej (6, 16). Zawartości niklu w pędach nadziemnych utrzymywała się na poziomie od 1,00 do 4,30 mg·kg⁻¹ w pokrzywie zwyczajnej, od 2,40 do 3,70 mg·kg⁻¹ w mniszku lekarskim oraz od 1,50 do 10,70 mg·kg⁻¹ w pędach babki lancetowatej. Teren parku krajobrazowego Dolina Słupi oddalony jest od źródeł zanieczyszczeń związanych z przemysłem i stanowi potencjalne źródło zbioru roślin na własne potrzeby przez okolicznych mieszkańców. Podwyższona zawartość Ni (10,70 mg·kg⁻¹) w pędach babki lancetowatej zebranej w sąsiedztwie ruchliwej ulicy wystąpiła tylko na jednym stanowisku badawczym. W przypadku pozyskania takiej rośliny do celów leczniczych istniałoby niebezpieczeństwo wzrostu zawartości niklu w organizmie osób długotrwale stosujących ją w fitoterapii (12). Największe zróżnicowanie koncentracji niklu stwierdzono w pędach nadziemnych babki lancetowatej (75%), nieco mniejsze w przypadku pokrzywy (46%), a najmniejsze (14%) dotyczyło mniszka lekarskiego (ryc. 2). Zbliżone zawartości Ni występowały w pędach podziemnych badanych roślin leczniczych. Pokrzywa zwyczajna kumulowała w korzeniach nieco większe ilości niklu niż w pędach nadziemnych, a w przypadku mniszka lekarskiego i babki lancetowatej wykazano tendencje odwrotną. Badania publikowane przez *Antonkiewicza* i *Jasiewicza* (20) wykazały, że w przypadku pokrzywy zwyczajnej przemieszczanie niklu z korzenia do części nadziemnej jest znacznie utrudnione. Badania prowadzone przez *Kowola* i innych (8) w okolicach Cieszyna wskazują, iż korzeń mniszka zawierał średnio większe ilości niklu (1,90 mg·kg⁻¹) niż liście (0,35 mg·kg⁻¹). Nikiel jest pierwiastkiem o dużej mobilności w środowisku (12). Jego naturalna zawartość w roślinach wynosi od 0,1 do 5,0 mg·kg⁻¹ i łatwo ulega akumulacji (21). Należy ponadto do pierwiastków niezbędnych dla roślin. Pędy mniszka pochodzącego z okolic Warszawy zawierały znacznie większe ilości niklu, od 0,98 do 20,08 mg·kg⁻¹ (19), na co niewątpliwie wpływało sąsiedztwo dużej aglomeracji miejskiej.



Ryc. 2. Zawartości Ni w roślinach leczniczych (M – mniszek lekarski, B – babka lancetowata, P – pokrzywa zwyczajna, nad – pędy nadziemne, pod – pędy podziemne).

Fig. 2. Ni content in medicinal plants (M – *Taraxacum officinale*, B – *Plantago lanceolata*, P – *Urtica Dioica*, nad – aboveground shoots, pod – underground shoots).

Współczynniki korelacji Spearmana pomiędzy zawartością niklu w glebie a koncentracją Ni w pędach roślin leczniczych wskazują na bardzo małą biodostępność tego metalu dla roślin (tab. II). Taki stan rzeczy jest wynikiem odczynu badanych gleb (tab. I). Jedynie w przypadku zawartości Ni w korzeniach pokrzywy zwyczajnej wykazano istotne statystycznie relacje pomiędzy zawartością niklu a pH i zawartością materii organicznej w glebie oraz w pędach nadziemnych mniszka lekarskiego w przypadku koncentracji niklu.

Tab e l a II. Współczynniki korelacji Spearmana pomiędzy fizykochemicznymi parametrami gleby a zawartością niklu w pędach roślin leczniczych ($n=45$, $p<0,05$, $r_{kryt.}=0,3$)

Tab l e II. The correlation coefficient between the physicochemical parameters of the soil and nickel content in the shoots of medicinal plants ($n=45$, $p<0,05$, $r_{crit.}=0,3$)

		Mniszek lekarski		Babka lancetowata		Pokrzywa zwyczajna	
		pędy nadziemne	pędy podziemne	pędy nadziemne	pędy podziemne	pędy nadziemne	pędy podziemne
		Ni					
Gleba	Mat.org.	-0,09	0,22	-0,04	0,11	0,05	0,41
	pH (H ₂ O)	0,21	-0,29	0,11	0,11	-0,17	-0,40
	pH (KCl)	0,27	-0,27	0,09	0,09	-0,25	-0,41
	Ni	-0,33	-0,03	0,00	-0,27	0,09	-0,25

Na podstawie zawartości niklu w pędach nadziemnych i podziemnych roślin leczniczych oraz ich koncentracji w glebie wyliczono współczynniki fitokumulacji (WF), (tab. III). Badane rośliny intensywnie kumulowały nikiel ($WF > 1$), (22). Uzyskane wartości współczynników fitokumulacji wskazują, iż spośród badanych roślin największe właściwości kumulacyjne wykazywały pędy nadziemne babki lancetowatej ($WF < 2,9$), a najmniejsze pędy nadziemne pokrzywy zwyczajnej ($WF < 1,7$). Interpretując właściwości kumulacyjne badanych roślin leczniczych w stosunku do niklu w oparciu o współczynniki specyficznej kumulacji (CSRA) uzyskano podobne wyniki, jak w przypadku współczynników WF, największe właściwości kumulacyjne posiadały pędy nadziemne babki lancetowatej, a najmniejsze pędy nadziemne pokrzywy zwyczajnej (tab. III). Według przedstawionych wartości współczynników WF i CSRA, nikiel najslabiej był kumulowany przez pędy pokrzywy zwyczajnej. Uzyskane wyniki wskazują, że analiza zawartości metali śladowych ma bardzo istotne znaczenie dla jakości roślin leczniczych. Zróżnicowane właściwości kumulacyjne poszczególnych gatunków względem niklu mogą być przyczyną nadmiernego nagromadzenia metali w roślinach leczniczych, co z kolei może wpłynąć na osłabienie leczniczego działania tych roślin (12).

Tabela III. Średnie wartości współczynników fitokumulacji (WF) oraz specyficznej kumulacji (CSRA) w pędach badanych roślin leczniczych

Table III. Average the value of WF and CSRA in shoots of studied medicinal plants

	Mniszek lekarski		Babka lancetowata		Pokrzywa zwyczajna	
	pędy nadziemne	pędy podziemne	pędy nadziemne	pędy podziemne	pędy nadziemne	pędy podziemne
WF	2,8	2,6	2,9	2,4	1,7	2,2
CSRA	1,2	1,1	1,3	1,0	0,6	0,8

W celu porównania właściwości kumulacyjnych badanych roślin leczniczych w stosunku do Ni zbadano istotność zróżnicowania koncentracji za pomocą nieparametrycznego testu U Manna Whitneya. Istotne statystycznie różnice wykazano zarówno w przypadku koncentracji niklu w pędach mniszka lekarskiego, babki lancetowatej jak i pokrzywy zwyczajnej (tab. IV). Taki wynik potwierdza wpływ gatunku rośliny na intensywność pobierania niklu (6).

Tabela IV. Istotność zróżnicowania koncentracji Ni w roślinach leczniczych (test U Manna – Whitneya).

Table IV. Significance of variation of concentration of Ni in medicinal plants (Mann Whitney U- test)

W relacji:	Ni
Pokrzywa zwyczajna – Mniszek lekarski	+++
Mniszek lekarski – Babka lancetowata	+
Pokrzywa zwyczajna – Babka lancetowata	++

Poziom istotności: +++ $p < 0,001$, ++ $p < 0,01$, + $p < 0,05$.

WNIOSKI

1. Rośliny lecznicze z parku krajobrazowego Dolina Słupi, charakteryzowały się różnicowanymi zawartościami niklu. Największe ilości Ni wykazywały pędy nadziemne babki lancetowatej, a najmniejsze pędy nadziemne pokrzywy zwyczajnej.

2. Zawartość Ni w większości próbek nie budziła zastrzeżeń, za wyjątkiem pędów babki lancetowatej zebranych w sąsiedztwie ruchliwej ulicy, w których stwierdzono podwyższoną zawartości tego metalu.

3. Wykazano istotne statystycznie różnice w koncentracji niklu w mniszku lekarskim, babce lancetowatej i w pokrzywie zwyczajnej.

A. Parzych

ASSESSMENT OF THE PHYTOACCUMULATION OF NICKEL
IN SELECTED MEDICINAL PLANTS OF SŁUPIA VALLEY

S u m m a r y

The studies have been carried out in September 2012 in the landscape park "Słupia Valley". Soil samples (5-20 cm) of rhizosphere and samples of above-ground shoots (leaves and stems) and underground (roots) of stinging nettle (*Urtica dioica*), dandelion (*Taraxacum officinale*) and plantain (*Plantago lanceolata*) collected at 15 locations in the park were subjected to chemical analysis. The content of Ni was analyzed by microwave plasma atomic emission spectrometry (Agilent 4100 MP-AES). The content of Ni in soil and medicinal plants varied. The largest concentration of Ni were detected in the shoots of the *Plantago lanceolata*, and the smallest in the *Urtica dioica*. The content of Ni in the majority of samples was not objectionable, except for plantain stems collected in the vicinity of a busy street, where the metal content was elevated. Statistically significant differences have been detected in the concentration of nickel between *Taraxacum officinale*, *Plantago lanceolata*, and *Urtica dioica*.

PIŚMIENNICTWO

1. Keane B., Collier M.H., Shann J.R., Rogstad S.H.: Metal content of dandelion (*Taraxacum officinale*) leaves in relation to soil contamination and airborne particulate matter, *The Science of the Total Environment* 2001; 281: 63-78. – 2. Järup L.: Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin* 2003; 68: 167-182. – 3. Gruca-Królikowska S., Waclawek W.: Metale w środowisku. Cz. II. Wpływ metali ciężkich na rośliny, *Chemia · Dydaktyka · Ekologia · Metrologia* 2006; 11, 1-2: 41-56. – 4. Gworek B.: Glin w środowisku przyrodniczym a jego toksyczność, *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 2006; 29: 27-38. – 5. Malzahn E.: Biomonitoring środowiska leśnego Puszczy Białowieskiej, *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 2009; 40: 439-447. – 6. Łaszewska A., Kowol J., Wiechula D., Kwapiński J.: Kumulacja metali w wybranych gatunkach roślin leczniczych z terenu Beskidu Śląskiego i Beskidu Żywieckiego, *Problemy Ekologii* 2007; 11, 6: 285-291. – 7. Kowol J., Urban A., Rochel R., Gruszka K., Halejak A., Druźba D.: Rośliny lecznicze jako zasoby metali ciężkich podczas profilaktyki ziołolecniczej, *Farmaceutyczny Przegląd Naukowy* 2007a; 5: 11-15. – 8. Kowol J., Urban A., Wróbel H., Gruszka K., Druźba D., Adamczyk M., Rochel R., Halejak A.: Parametry ekotoksykologiczne przydatne dla oceny jakości obszarów pozyskiwania roślin leczniczych, *Farmaceutyczny Przegląd Naukowy* 2007b; 5: 16-21. – 9. Korzeniowska J., Panek E.: The content of trace metals (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) in selected plant species (moss *Pleurozium Schreberi*, *Taraxacum Officinale*, Spruce *Picea Abies*) along the road Cracow – Zakopane. *Geomatics and Environmental Engineering* 2012; 6, 143-50. – 10. Malawska M., Wilkomirski B.: An analysis of soil and plant (*Taraxacum officinale*) contamination with heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the area of the railway junction Ilawa Główna, Poland. *Water Air Soil Pollut.* 2001; 127: 339-349.

11. Królak E.: Accumulation of Zn, Cu, Pb and Cd by Dandelion (*Taraxacum officinale* Web.) in environments with various degrees of metallic contamination, Polish Journal of Environmental Studies 2003; 12, 6: 713-721. – 12. Wiechula D., Loska K., Jonderko W.: Ocena zanieczyszczenia niklem pokrzywy zwyczajnej (*Urtica Dioica* L.) z terenu województwa śląskiego, Bromat. Chem. Toksykol. XLV, 2012; 1: 20-25. – 13. Denkhaus E., Salnikow K.: Nickel essentiality, toxicity, and carcinogenicity. Crit. Rev. Oncol. Hematol., 2002; 42: 35-56. – 14. Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z.: 1991. *Metody analizy i oceny gleb i roślin. Katalog*, IOŚ, Warszawa. – 15. Morel J.L.: Bioavailability of trace elements to terrestrial plants. Soil Ecotoxicology 1997; 141-176. – 16. Salahinejad M., Aflaki F.: Toxic and essential mineral elements content of black tea leaves and their tea infusions consumed in Iran. Biol. Trace Elem. Res., 2010; 134: 109-117. – 17. Lipiński W., Bednarek W.: Występowanie kadmu i niklu w glebach o różnym składzie granulometrycznym. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 1997; 448a, PAN, Warszawa. – 18. Niesiolobędzka K.: Metale ciężkie w aspekcie właściwości gleb w północno-wschodniej Polsce. Chemia i inżynieria środowiska 1998, 5: 3. – 19. Wowokonowicz P., Malowaniec B., Niesiolobędzka K.: Metale ciężkie w roślinach i glebach na trwałych użytkach zielonych w okolicach Warszawy, Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych 2011; 49: 309-319. – 20. Antonkiewicz J., Jasiewicz C.: Ocena przydatności różnych gatunków roślin do fitoremediacji gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi. Acta Sci. Pol. Formatio Circumiectus, 2002; 1(1-2): 119-130.
21. Kabata-Pendias A.; Pendias H.: Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa, 1999. – 22. Wesołowski M., Radecka I.: Rośliny lecznicze. Skład pierwiastkowy, źródła składników mineralnych dla roślin, wskaźniki skażenia środowiska metalami ciężkimi. Farmacja Pol., 2003; 59(20): 911-919.

Adres: 76-200 Słupsk, ul. Arciszewskiego 22b

Natalia Mazurkiewicz, Joanna Podlasińska

ZAWARTOŚĆ RTĘCI W GRZYBACH WIELKOOWOCNIKOWYCH Z OBSZARU WOJEWÓDZTWA ZACHODNIOPOMORSKIEGO

Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska
Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie
Kierownik: dr R. Gamrat

Oznaczono zawartość rtęci w 7 gatunkach grzybów wielkoowocnikowych oraz w próbkach gleby zebranych na obszarze województwa zachodniopomorskiego. Całkowitą zawartość rtęci w suchej masie grzybów oznaczono za pomocą spektrometru absorpcji atomowej AMA 254. Stwierdzono najwyższą koncentrację rtęci w owocnikach czubajki kani oraz borowików szlachetnych. Natomiast najniższą zawartością rtęci odznaczały się owocniki krowiaków podwiniętych. Stwierdzono, że w większości przypadków grzyby kumulują więcej rtęci w kapeluszach niż w trzonach owocników.

Hasła kluczowe: grzyby, metale ciężkie, rtęć, bioakumulacja.

Key words: mushrooms, heavy metals, mercury, bioaccumulation.

Grzyby zbierane są na całym świecie, jednak wschodnia Europa jest liderem wśród konsumentów grzybów. Za najpowszechniej zbierane leśne gatunki uznaje się prawdziwki (*Boletes sp.*) oraz pieprznika jadalnego (*Cantharellus cibarius*), pospolicie zwanego „kurką” (1). Skup grzybów leśnych w Polsce w 2007 r. wynosił 4176 ton, w tym 513 ton stanowiły borowiki, 900 ton podgrzybki, a najwięcej przyjęto kurek – 2560 ton (ponad 50% wszystkich grzybów) (2). Przeciętna czeska rodzina zbiera rocznie około 7 kg grzybów na domostwo, a indywidualna konsumpcja grzybów może wynieść nawet 10 kg *per capita* (3).

Grzyby są cennym produktem ze względu na walory smakowe, wartości odżywcze oraz źródło substancji mineralnych (Cu, Fe, K, Mg, Se, P) i witamin (szczególnie B, D i K) (1). Niestety, oprócz pierwiastków przyjaznych człowiekowi grzyby gromadzą również metale ciężkie (4). Rtęć kuluje się przede wszystkim w nerkach i mózgu, przyczyniając się do zaburzeń w funkcjonowaniu organizmu (5). Najgroźniejsza forma tego metalu to metylortęć, która występuje w grzybach w ilości 3–20% rtęci całkowitej, a stopień jej bioakumulacji w organizmie człowieka dochodzi do 95% (5, 6).

Badania ryzyka nadmiernego pobrania rtęci z dzienną racją pokarmową nie wykazały zagrożenia przekroczenia PTWI (Provisionale Tolerable Weekly Intake – Tymczasowe Tolerowane Pobranie Tygodniowe), które wynosi 0,3 mg Hg/osobę/tydzień (6). Jednak ze względu na wielopokoleniową tradycję grzybobrania w Polsce, należy zwrócić szczególną uwagę na poziom metali ciężkich w grzybach, które są

zbierane i spożywane czasem w bardzo dużych ilościach, co może stanowić zagrożenie dla społeczeństwa, którego podstawą diety są grzyby – tania i łatwo dostępna żywność.

Celem pracy było określenie zawartości rtęci w owocnikach siedmiu gatunków grzybów oraz substracie glebowym zebranych na obszarze województwa zachodniopomorskiego.

MATERIAŁ I METODY

Owocniki 7 gatunków grzybów (6 jadalnych i 1 niejadalny) oraz glebę (z głębokość 0–15 cm, pobieranej spod owocników i w promieniu do 30 cm od owocnika) pozyskano do badań jesienią roku 2009 na obszarach leśnych przylegających do 6 miast województwa zachodniopomorskiego. Gatunki grzybów objęte badaniami to borowik szlachetny (*Boletus edulis*) – Choszczno i Świnoujście, czubajka kania (*Macrolepiota procera*) – Choszczno, Świnoujście i Złocieniec (2 szt.), podgrzybek brunatny (*Xerocomus badius*) – Gryfino (7 szt.), Wolin i Złocieniec, podgrzybek zajęczek (*Xerocomus subtomentosus*) – Gryfino i Police, gołąbek cukrowy (*Russula alutacea*) – Gryfino, kozłarz babka (*Leccinum scabrum*) – Złocieniec i krowiak podwinięty (*Paxillus involutus* – niejadalny) – Gryfino (2 szt.).

W sumie zebrano 21 zdrowych, nieuszkodzonych owocników grzybów, które oczyszczono plastikowym nożem bezpośrednio po zbiorze oraz podzielono na trzony i kapelusze. Każdy owocnik traktowany był jako osobna próbka. Następnie próbki suszono w temp. 60°C w suszarce, w której część metylortęci może ulegać stratom, jednak warunki te są przyjęte jako standard w tego typu badaniach (1, 3, 4, 8, 11, 14). Po wysuszeniu próbki grzybów rozdrobniono mechanicznie w młynku. Natomiast próbki gleby suszono w temperaturze pokojowej i po wysuszeniu przesiano przez sito o średnicy oczek 0,1 mm.

Zawartość rtęci całkowitej została oznaczona za pomocą spektrometru absorpcji atomowej AMA 254. Przy oznaczaniu próbek grzybów zastosowano: czas suszenia – 15 s, czas rozkładu – 130 s oraz czas pomiaru – 45 s. Wszystkie próbki grzybów oraz gleby zostały oznaczone dwukrotnie. Dla uzyskanych wyników wyliczono wartości średnie, odchylenia standardowe oraz współczynniki bioakumulacji (BCF).

Ocenę dokładności i precyzji stosowanych metod i procedur analitycznych dokonano na podstawie certyfikowanych materiałów odniesienia: INCT-TL-1 (liście herbaty), INCT-MPH-2 (mieszanka ziół polskich) oraz Loamy sand 4 CRM 036-050.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Najwyższą zawartością rtęci odznaczały się czubajki kanie oraz borowiki szlachetne. Najwyższą koncentrację Hg odnotowano w kapeluszu czubajki kani zebranej w okolicy Świnoujścia – 3,3 mg·kg⁻¹ (tab. I). Natomiast średnia zawartość rtęci dla wszystkich owocników tego gatunku (tylko kapelusze) wynosi 2,45 mg·kg⁻¹, niewiele mniejszą średnią zawartością rtęci odznaczały się kapelusze borowików szlachetnych – 2,34 mg·kg⁻¹ (tab. I).

Tabela I. Zawartość rtęci w badanych próbkach grzybów i gleby ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.)Table I. Content of mercury in samples of mushrooms and soil ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w.)

Gatunek	Miejsce zbioru	Kapelusz	Trzon	Gleba
		$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.		
Borowik szlachetny <i>Boletus edulis</i> Bull.: Fr.	Choszczno	2,4096±0,0943	1,1175±0,0178	0,0155±0,0007
	Świnoujście	2,2727±0,1524	1,0588±0,0759	0,0339±0,0103
	\bar{x}	2,3412±0,1233	1,0882±0,0469	0,0247±0,0055
Czubajka kania <i>Macrolepiota procera</i> (Scop. ex Fr.) Singer	Choszczno	2,5880±0,1206	1,2362±0,0199	0,0323±0,0021
	Świnoujście	3,3062±0,1626	1,8004±0,0408	0,1701±0,0102
	Złocieniec	1,4715±0,0202	0,7365±0,0272	0,0239±0,0001
		2,4216±0,0331	1,5216±0,0515	0,0317±0,0050
\bar{x}	2,4468±0,0841	1,3237±0,0349	0,0645±0,0044	
Gołąbek cukrowy <i>Russula alutacea</i> (Pers.:Fr.) Fr.	Gryfino	0,0743±0,0032	0,0509±0,0038	0,0467±0,0075
Koźlarz babka <i>Leccinum scabrum</i> (Bull.: Fr.) Gray	Złocieniec	0,3706±0,0090	0,4085±0,0032	0,0839±0,0007
Krowiak podwinięty <i>Paxillus involutus</i> (Batsch.: Fr.) Fr.	Gryfino	0,0373±0,0033	0,0267±0,0031	0,2415±0,0103
		0,0170±0,0017	0,0213±0,0038	0,3903±0,0144
	\bar{x}	0,0271±0,0025	0,0240±0,0034	0,3159±0,0124
Podgrzybek brunatny <i>Xerocomus badius</i> (Fr.) Kühner ex E. J. Gilbert	Gryfino	0,1681±0,0019	0,0523±0,0093	0,2105±0,0014
		0,0882±0,0060	0,0699±0,0004	0,2307±0,0355
		0,0680±0,0113	0,0384±0,0055	0,1732±0,0008
		0,1155±0,0054	0,0662±0,0040	0,1880±0,0032
		0,1025±0,0025	0,0940±0,0020	0,1020±0,0137
		0,0545±0,0011	0,0335±0,0031	0,1183±0,0051
	0,1056±0,0106	0,0882±0,0041	0,3759±0,0015	
	Wolin	0,0991±0,0019	0,0902±0,0029	0,2133±0,0070
	Złocieniec	0,1721±0,0040	0,0936±0,0066	0,1055±0,0193
\bar{x}	0,1082±0,0050	0,0696±0,0042	0,1908±0,0097	
Podgrzybek zajączek <i>Xerocomus subtomentosus</i> (L.: Fr.) Quél.	Gryfino	0,5258±0,0200	0,1215±0,0131	0,1707±0,0028
	Police	0,2616±0,0017	0,1546±0,0061	0,0709±0,0213
	\bar{x}	0,3937±0,0109	0,1380±0,0096	0,1208±0,0121

Zawartość rtęci we wszystkich owocnikach obu badanych gatunków (czubajki kani i borowika szlachetnego) przekraczała nawet kilkakrotnie (ponad 6 razy) dopuszczalną zawartość rtęci w suszu grzybowym, która wg nieobowiązującego już rozporządzenia Ministra Zdrowia wynosiła $0,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (7). Współczynniki BCF wskazują, że zarówno czubajka kania, jak i borowik szlachetny kumulują więcej rtęci w kapeluszach niż trzonach (borowik szlachetny 2,15 razy więcej, a czubajka kania ok. 1,88 razy więcej (tab. II).

Tabela II. Współczynniki bioakumulacji rtęci (BCF)

Table II. Bioaccumulation factors (BCF) for mercury

Gatunek	Miejsce zbioru	BCF _{K/T} ¹⁾	BCF _{K/G} ²⁾	BCF _{T/G} ³⁾
Borowik szlachetny <i>Boletus edulis</i> Bull.: Fr.	Choszczno	2,16	155,21	71,98
	Świnoujście	2,15	67,08	31,25
	\bar{x}	2,15	111,14	51,61
Czubajka kania <i>Macrolepiota procera</i> (Scop. ex Fr.) Singer	Choszczno	2,09	80,23	38,32
	Świnoujście	1,84	19,43	10,58
	Złocieniec	2,00	61,66	30,86
		1,59	76,40	48,00
\bar{x}	1,88	59,43	31,94	
Gołąbek cukrowy <i>Russula alutacea</i> (Pers.: Fr.) Fr.	Gryfino	1,46	1,59	1,09
Koźlarz babka <i>Leccinum scabrum</i> (Bull.: Fr.) Gray	Złocieniec	0,91	4,42	4,87
Krowiak podwinięty <i>Paxillus involutus</i> (Batsch.: Fr.) Fr.	Gryfino	1,39	0,15	0,11
		0,79	0,04	0,05
	\bar{x}	1,09	0,10	0,08
Podgrzybek brunatny <i>Xerocomus badius</i> (Fr.) Kühner ex E. J. Gilbert	Gryfino	3,22	0,80	0,25
		1,26	0,38	0,30
		1,77	0,39	0,22
		1,74	0,61	0,35
		1,09	1,00	0,92
		1,63	0,46	0,28
		1,20	0,28	0,23
	Wolin	1,10	0,46	0,42
	Złocieniec	1,84	1,63	0,89
	\bar{x}	1,65	0,67	0,43
Podgrzybek zajęczek <i>Xerocomus subtomentosus</i> (L.: Fr.) Quél.	Gryfino	4,33	3,08	0,71
	Police	1,69	3,69	2,18
	\bar{x}	3,38	3,38	1,45

¹⁾ BCF_{K/T} - współczynnik bioakumulacji w kapeluszu w stosunku do trzonu;

²⁾ BCF_{K/G} - współczynnik bioakumulacji w kapeluszu w stosunku do gleby;

³⁾ BCF_{T/G} - współczynnik bioakumulacji w trzonie w stosunku do gleby.

Nie stwierdzono statystycznie istotnych korelacji (współczynnik korelacji Spearmana, $p \leq 0,05$) pomiędzy zawartością Hg w kapeluszach lub trzonach i w glebie w przypadku wszystkich badanych gatunków.

Odnotowano ponad 150 razy większą koncentrację Hg (tab. II) w kapeluszu owocnika borowika szlachetnego zebranego w Choszczynie w stosunku do jej zawartości w glebie oraz $BCF_{K/G}$ wynoszący przeszło 80 w przypadku czubajki kani (tab. II), co świadczy o nadmiernym pobieraniu Hg z gleby.

Podobne wyniki koncentracji rtęci w owocnikach borowików szlachetnych w porównaniu do wyników badań własnych (kapelusz – $2,3412 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; trzon – $1,0882 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) (tab. I), stwierdzono w owocnikach tego gatunku grzybów zebranych na terenie Zaborskiego Parku Krajobrazowego (8), w Augustowie (9) oraz na obszarze Wdzydzkiego Parku Krajobrazowego (10).

Czubajka kania odznacza się silną zdolnością bioakumulacyjną rtęci, o czym świadczą otrzymane wyniki, potwierdzone badaniami wykonanymi na owocnikach grzybów z terenu Trójmiejskiego Parku Krajobrazowego (11) oraz z okolic Polanowic w gminie Gubin (12) i z Wyżyny Wieluńskiej (13).

Zdecydowanie niższą zawartość rtęci stwierdzono w owocnikach podgrzybków brunatnych – średnio $0,1082 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ w kapeluszach oraz $0,0696 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ w trzonach (tab. I). Wyliczone współczynniki wskazują na większą kumulację Hg w kapeluszach niż w trzonach (średni $BCF_{K/T} = 1,65$). Natomiast współczynniki $BCF_{K/G}$ i $BCF_{T/G}$ są mniejsze niż 1 (tab. II). Większą zawartość rtęci niż w podgrzybku brunatnym stwierdzono w podgrzybkach zajączkach (średnia zawartość Hg w kapeluszu wynosiła $0,3937 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tab. I). Współczynnik $BCF_{K/T}$ wskazują na większą kumulację Hg w kapeluszach niż w trzonach oraz nadmierny pobór rtęci z gleby ($BCF_{K/G}$ równy 3,38) (tab. II).

Najniższą koncentrację rtęci zaobserwowano w owocnikach krowiaków podwiniętych (średnio $0,0271 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) (tab. I). Natomiast wartości współczynnika BCF odnoszące się do gleby wskazują na wykluczanie tego pierwiastka z owocników krowiaka podwiniętego ($BCF_{K/G} = 0,1$ a $BCF_{T/G} = 0,8$) (tab. II). Zarówno w otrzymanych wynikach, jak i badaniach wykonanych w przeszłości, owocniki krowiaków podwiniętych kumulują rtęć w małym stopniu, niezależnie od tego czy zawartość tego pierwiastka w glebie jest wysoka, czy niska. Wyższą zawartość rtęci w owocnikach tego gatunku stwierdzono na obszarze wyżyny Wieluńskiej (13) (kapelusz – $0,12 \pm 0,095 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, trzon – $0,061 \pm 0,04 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Należy zauważyć, że w grzybach zebranych na terenie gminy Kościerzyna (14) odnotowano wyższą zawartość rtęci w trzonach niż w kapeluszach owocników (odpowiednio $0,031 \pm 0,013 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ i $0,024 \pm 0,007 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), a podobną zależność stwierdzono w badaniach własnych w przypadku jednej z badanych próbek z okolic Gryfina (trzon – $0,0213 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ i kapelusz – $0,0170 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) (tab. I).

Owocniki kozłarza babki (kapelusz – $0,3706 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) kumulują rtęć w podobnym stopniu, jak owocniki podgrzybka zajączka ($0,3937 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) (tab. I). Stwierdzono podobną kumulację rtęci w owocnikach tego gatunku w badaniach własnych (kapelusz – $0,40850 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ i trzon – $3706 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) oraz owocnikach kozłarza babki zebranych na obszarze gminy Kościerzyna (kapelusz – $0,37 \pm 0,33 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, trzon – $0,22 \pm 0,16 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), w Augustowie (kapelusz – $0,23 \pm 0,09 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) oraz na Wyżynie Wieluńskiej (kapelusz – $0,5 \pm 0,23 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, trzon – $0,32 \pm 0,13 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) (14, 9, 13). W wyżej wymienionych pracach (14, 9, 13) stwierdzono większą kumulację rtęci w kapeluszach niż w trzonach owocnika, a w badaniach własnych stwierdzono zależność odwrotną: wyższą koncentrację rtęci w trzonie ($0,4085 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) niż w kapeluszu ($0,3706 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) (tab. II).

WNIOSKI

1. Spośród badanych gatunków grzybów najsilniej gromadzą rtęć borowik szlachetny i czubajka kania.
2. W większości przypadków grzyby gromadzą więcej rtęci w kapeluszach niż w trzonach owocników.
3. Stwierdzono następującą zależność dotyczącą zdolności bioakumulacyjnych względem rtęci wśród grzybów z tej samej rodziny systematycznej (prawdziwki *Boletus*): borowik szlachetny > podgrzybek zajączek > podgrzybek brunatny.

N. Mazurkiewicz, J. Podlasińska

THE MERCURY CONTENT OF MACROFUNGI FROM AREA
OF WEST POMERANIAN DISTRICT

Summary

Mercury content was quantified in 7 species of macrofungi and the soil samples collected in the area of West Pomeranian province. The total mercury content in dried weight of mushrooms was determined using atomic absorption spectrometer AMA 254. The analysis showed highest concentrations of mercury in fruiting bodies of king bolete and parasol mushroom. The lowest concentration of mercury was observed in fruiting bodies of involute paxillus. In most of cases, mushrooms accumulate more mercury in the caps than in the stalks, while the ability to accumulate heavy metals differs between individual species.

PIŚMIENNICTWO

1. Romàn de M., Boa E., Woodward S.: Wild-gathered fungi for health and rural livelihoods. Proc. Nutr. Soc., 2006; 65: 190-197. – 2. Rocznik Statystyczny Rolnictwa, Warszawa, 2010 – 3. Kalač P., Svoboda L.: A review of trace element concentrations in edible mushrooms. Food Chemistry, 2000; 69: 273-281. – 4. Falandysz J., Frankowska A.: Biokumulacja pierwiastków i radionuklidów przez grzyby wielkoowocnikowe. Przegląd bibliograficzny dla ziem polskich, Roczn. PZH, 2000; 51: 321-344. – 5. Chmielnicka J.: Metale i metaloidy. Toksykologia, Seńczuk W., PZWL, Warszawa, 2002: 433-511. – 6. Pierzynowska J., Uchto K., Górnicka M.: Próba oszacowania pobrania rtęci z racją pokarmową w latach 1997–2006 w Polsce. Bromat. Chem. Toksykol., 2009; 42(4): 1129-1134. – 7. Dz. U. Nr 37, poz. 326; 2003; Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 13 stycznia 2003 r. w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, dozwolonych substancjach dodatkowych, substancjach pomagających w przetwarzaniu albo na powierzchni żywności. – 8. Falandysz J., Strumnik K.: Rtęć w grzybach jadalnych z Zaborskiego Parku Krajobrazowego., Aura, 2000; 6: 15-16. – 9. Falandysz J., Bielawski L.: Mercury content of wild edible mushrooms collected near the town of Augustów. Pol. J. Environ. Stud., 2001; 10: 67-71. – 10. Falandysz J., Świeczkowski A., Danisiewicz D.: Zawartość rtęci w grzybach jadalnych na terenie Wdzydzkiego Parku Krajobrazowego. Bromat. i Chem. Toksykol., 1999; 32(2): 201-205.
11. Falandysz J., Brzostowski A., Nosewicz M., Danisiewicz D., Frankowska A., Apanasewicz D., Bielawski L.: Rtęć w grzybach jadalnych z terenu Trójmiejskiego Parku Krajobrazowego., Bromat. i Chem. Toksykol., 2000; 33(2): 177-182. – 12. Falandysz J., Kryszewski K.: Rtęć w grzybach i substracie spod grzybów z okolicy Polanowic w gminie Gubin, województwo zielonogórskie. Roczn. PZH, 1996; 47: 377-388. – 13. Danisiewicz D., Falandysz J., Strumnik K., Hałaczkiwicz J.: Mercury in mushrooms and underlying soil from the Wieluńska Upland., The III Conference on Trace Metals. Effects on organisms and environment. 2000: 177. – 14. Falandysz J., Marcinowicz A., Danisiewicz D., Galecka K.: Rtęć w grzybach i substracie spod grzybów w rejonie Łubiany, gmina Kościerzyna. Bromat. i Chem. Toksykol. 1997; 30(1): 63-68.

Mrs. President of the Polish
Society of Nutritional Sciences

Berlin, 20th February 2014

Dear Prof. Dr. hab. Anna Brzozowska:

It is my pleasure to inform you that the website of the next 12th Conference of the Federation of European Nutrition Societies (FENS), which will be held in Berlin from the 20th to the 23rd October 2015 with the following title: *"Nutrition and health throughout life-cycle – Nutritional sciences for the benefit of European consumers"* is now open.

The website address is www.fensberlin2015.org.

Please also find attached the Conference announcement. We kindly request you to upload it on the website of your society.

From now on, you will receive information via the newsletter the technical secretariat will be sending.

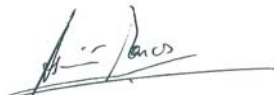
Please help us spread the information and forward the newsletters to all partners and professionals in your country.

Prof. Dr. Heiner Boeing (Chairman of the Organizing Committee) and Dr. Helmut Oberritter (Secretary of the Organizing Committee), along with other members of the Organizing and Scientific Committees, are preparing a scientific programme which will be of great interest from both an educational and a participative level for all of us.

I would like to highlight that Berlin is one of the most attractive European cities with one of the richest cultures. This perfect combination of science and culture will make the FENS conference a memorable event.

I would like to thank you in advance for your support and cooperation and I look forward to meeting you in Berlin to exchange ideas and knowledge on the wide field of Nutrition.

Yours sincerely,



Ascensión Marcos
President of FENS

BROMATOLOGIA I CHEMIA TOKSYKOLOGICZNA

Journal of health and environmental
research

The online version of the published magazine is a primal version

VOL. XLVII

2014

No. 1

CONTENS

<i>G. Cichosz, H. Czczot</i> : Milk fat in prophylaxis of metabolic diseases	1
<i>M. Gil, E. Glodek</i> : Frequency of intake of selected sources of fat among female students at University of Rzeszów and BMI	10
<i>E. Glodek, M. Gil</i> : Assessment of frequency of intake of selected sources of dietary fibre among female students of Rzeszow University	18
<i>A. Szczodrowska, W. Krysiak</i> : Assesment of the frequency of intake of selected food products and dishes and the level of food consumption consciousness among students of Lodz Universities	25
<i>J. Wyka, D. Mazurek, A. Broniecka, E. Piotrowska, M. Bronkowska, J. Biernat</i> : Nutritional state young people aged 13-15 in the context of risk metabolic syndrome (MS)	32
<i>M. Bronkowska, K. Zatońska, K. Łoźna, J. Biernat</i> : Assessment of dietary intakes of vitamin d and calcium with food rations in people diagnosed with type 2 diabetes	41
<i>E. Cieślik, A. Siembida, I. Cieślik, K. Zagłaniczna</i> : Nutritional awareness of fish and fish preserves consumption among the malopolska voivodeship's residents	49
<i>A. Guzik, E. Sawicka, A. Długosz</i> : The role of estrogens and environmental factors in prostate cancer	57
<i>K. Piasecka-Józwiak, M. Świątek, B. Chabłowska</i> : Application of antifungal proprieties of lactic acid bacteria strains for food bioconservation	64
<i>A.M. Salejda, G. Krasnowska</i> : Bioactive compounds of hen egg - possibilities of application in biopreservation of meat and meat products	72
<i>R. Świetlik, M. Trojanowska</i> : Physical speciation of heavy metals in coffee infusions	82
<i>T. Kleiber, T. Szablewski, K. Stuper-Szablewska, R. Cegielska-Radziejewska</i> : Determination of manganese stress influence on concentration of trace elements in leaves of tomatoes (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.)	89
<i>Z. Goluch-Koniuszy, M. Rygielska</i> : The effect of replacement of sucrose with sucralose (E 955) in the diet on the selected metabolic pathways in an animal model	96
<i>A. Parzych</i> : Assessment of the phytoaccumulation of nickel in selected medicinal plants of Słupia Valley	106
<i>N. Mazurkiewicz, J. Podlasińska</i> : The mercury content of macrofungi from area of west pomeanian district	114

REDAKCJA

Redaktor Naczelny: prof. UM dr hab. Anna Wędzisz
Adres Redakcji: 90-151 Łódź, ul. Muszyńskiego 1, tel. 42 677 91 40

KOMITET REDAKCYJNY

dr hab. Jerzy Bertrandt (Warszawa), prof. dr hab. Anna Brzozowska (Warszawa),
dr hab. Halina Grajeta (Wrocław), prof. dr hab. Regina Olędzka (Warszawa),
mgr inż. Grażyna Rychter (Warszawa), prof. dr hab. Piotr Szefer (Gdańsk),
prof. dr hab. Bogumiła Urbanek-Karłowska (Warszawa)

Wydawca

POLSKIE TOWARZYSTWO FARMACEUTYCZNE
DZIAŁ WYDAWNICTW – Redaktor Prowadzący: Hanna Piata
00-238 Warszawa, ul. Długa 16
tel. 22 831 02 41; fax 22 635 84 43

Czasopismo indeksowane/abstraktowane przez Biological Abstracts, Chemicals Abstracts, Nutrition Abstracts and Reviews Series A: Human and Experimental; Nutrition Abstracts and Reviews Series B: Livestock Feeds and Feeding, Apicultural Abstracts, Food Science and Technology Abstracts, Excerpta Medica, Agro-Librex