



dr hab. Jolanta Tomaszewska-Gras, prof. UPP

Katedra Zarządzania Jakością i Bezpieczeństwem Żywności

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr farm. Joanny Brzezińskiej - Rojek
pt. „Bromatologiczna i fizykochemiczna ocena suplementów diety zawierających
Beta vulgaris L.”, wykonanej w Katedrze i Zakładzie Bromatologii
Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego,
pod kierunkiem dr hab. n. farm. Małgorzaty Grembeckiej
oraz prof. dr hab. n. farm. Magdaleny Prokopowicz

Podstawa formalna wykonania recenzji: Uchwała Nr 28/2023 Rady Nauk
Farmaceutycznych Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego z dn. 20.06.2023 r.

Podstawa prawna wykonania recenzji: Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa
Wyższego z dnia 20 lipca 2018 roku (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późniejszymi zmianami).

1. Celowość podjętej problematyki badawczej

Rozprawa doktorska Pani mgr farm. Joanny Brzezińskiej-Rojek dotyczy bromatologicznej i fizykochemicznej oceny suplementów diety otrzymanych z buraka zwyczajnego (*Beta vulgaris* L.). Celem badań była ocena jakości i bezpieczeństwa wybranych suplementów w oparciu o aspekty jakości handlowej m.in poprawność ich oznakowania, parametry fizyczne form aplikacyjnych a także ocenę wartości żywieniowej tj. oznaczenie całkowitej zawartości polifenoli (TPC), całkowitego potencjału antyoksydacyjnego (TAC), zawartości makro- i mikroelementów oraz oznaczenie obecności zanieczyszczeń (azotany (III) i (V), metale ciężkie).

Podjęcie tematu oceny jakości suplementów diety przez Doktorantkę jest w pełni uzasadnione, ze względu na stosunkowo liberalne podejście do wprowadzania na rynek suplementów diety w Polsce, wynikające z braku uregulowań prawnych, zabezpieczających interes i bezpieczeństwo zdrowotne konsumenta oraz braku opłat wymaganych przy rejestracji suplementów diety. Produkty te bowiem mogą być wprowadzane na rynek bezpośrednio po zgłoszeniu powiadomienia, nie podlegając żadnej uprzedniej kontroli jakości ani weryfikacji składu. Taka sytuacja stwarza ryzyko, że do obrotu trafią produkty niebezpieczne dla konsumentów, a ponadto bez gwarancji wykrycia tego faktu, gdyż kontrole przeprowadzane przez GIS są wyrywkowe. W literaturze stosunkowo ubogo

opisane są suplementy diety, otrzymywane z korzenia buraka zwyczajnego, w kontekście właściwości funkcjonalnych a także bezpieczeństwa. Biorąc pod uwagę rosnące zainteresowanie tego typu produktami, ich powszechną dostępność i formę sprzedaży typu e-commerce oraz niedostateczną kontrolę rynku jak i brak europejskich wytycznych dotyczących parametrów fizycznych formy aplikacyjnej, uzasadnione jest podjęcie takiego tematu, ze względu na ryzyko występowania na rynku produktów o niewłaściwej jakości handlowej i odżywczej.

Podsumowując uważam, że tematyka badań podjęta przez Doktorantkę jest niezwykle istotna i trafnie dobrana. Fakt istnienia dużego ryzyka dla konsumenta niekontrolowanej sprzedaży suplementów o nie zawsze zadeklarowanym składzie oraz niewłaściwej ich jakości, w pełni uzasadnia celowość podjętej tematyki i przeprowadzonych badań. Mając na uwadze znaczenie powyższych kwestii uważam, że praca dostarcza nowej wiedzy, nie tylko w aspekcie badań podstawowych ale również aplikacyjnych, w kontekście wprowadzenia nowych wymagań dla suplementów diety.

2. Ogólna charakterystyka i ocena formalna pracy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska jest spójnym tematycznie opracowaniem, na które składa się sześć publikacji, w tym dwóch artykułów przeglądowych oraz czterech oryginalnych prac twórczych:

D.1. Brzezińska J., Grembecka M. (2021) Suplementy diety – specyficzna żywność. *Post. Hig. Med. Dośw.* 75(1): 655-673, <https://doi.org/10.2478/ahem-2021-0011>

D.2. Brzezińska J., Brzezicha-Cirocka J., Misztal-Szkudlińska M., Szefer P., Grembecka M. (2020) *Beta vulgaris L.* jako bogate źródło substancji o charakterze prozdrowotnym. *Bromat. Chem. Toksykol.* 53(2): 57-65.

D.3. Brzezińska J., Szewczyk A., Brzezicha J., Prokopowicz M., Grembecka M. (2021) Evaluation of physicochemical properties of beetroot-based dietary supplements. *Foods.* 10(8): 1-16, art. ID 1693, <https://doi.org/10.3390/foods10081693>.

D.4. Brzezińska-Rojek J., Sagatovych S., Malinowska P., Gadaj K., Prokopowicz M., Grembecka M. (2023) Antioxidant capacity, nitrite and nitrate content in beetroot-based dietary supplements. *Foods*, 12: 1017, <https://doi.org/10.3390/foods12051017>

D.5. Brzezińska-Rojek J., Rutkowska M., Brzezicha J., Konieczka P., Prokopowicz M., Grembecka M. (2022) Mineral composition of dietary supplements – analytical and chemometric approach. *Nutrients*, 14 (1): 1-25, art. ID 106, <https://doi.org/10.3390/nu14010106>

D.6. Brzezińska-Rojek J., Rutkowska M., Ośko J., Konieczka P., Prokopowicz M., Grembecka M. (2022) Mercury content in beetroot and beetroot-based dietary supplements. *J.Food.Compos.Anal.*, 114: 104828, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104828>

Dwie prace przeglądowe (D1, D2) opublikowane zostały w języku polskim, natomiast cztery oryginalne prace twórcze (D3, D4, D5, D6), w języku angielskim, w recenzowanych czasopismach naukowych indeksowanych przez Journal Citation Report. Sumaryczny współczynnik oddziaływania tzw. „Impact Factor” wynosi 22,705 (min. 0,357; max. 6,706), natomiast łączna liczba punktów obliczona dla wszystkich sześciu publikacji, zgodnie z komunikatem MEiN z 2021 roku, jest równa 485 punktów (wartość minimalna 5; maksymalna 140). Wszystkie prace miały charakter zespołowy co świadczy o umiejętności pracy zespołowej i znajdowania i wykorzystywania do swoich celów badawczych doświadczenia specjalistów. Ponadto Doktorantka we wszystkich publikacjach jest pierwszym autorem, co z kolei wskazuje na jej wiodącą rolę.

Przedstawiony do recenzji zbiór publikacji został dodatkowo uzupełniony o 44-stronnicowy autoreferat, stanowiący syntezę załączonych publikacji i podsumowujący uzyskane wyniki. Obejmuje on streszczenie w języku polskim i angielskim, wykaz publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe, wykaz skrótów, przegląd piśmiennictwa, cele badawcze, materiał i metody badawcze, omówienie najważniejszych rezultatów, wnioski oraz bibliografię.

3. Ocena merytoryczna pracy

3.1. Przegląd piśmiennictwa

Ocena przeglądu piśmiennictwa w niniejszej recenzji, opiera się głównie na dwóch artykułach przeglądowych, wchodzących w skład osiągnięcia Doktorantki. Dołączenie prac przeglądowych do zbioru publikacji jako osiągnięcie, uważam za cenne i słuszne, gdyż dowodzi nabycia przez Doktorantkę umiejętności przygotowania tego typu opracowań, wymagających przeglądu stosunkowo dużej ilości literatury, co uprawnia do stwierdzenia, że Autorka dzięki temu posiadała szerokie rozeznanie w temacie a także śledziła na bieżąco literaturę przedmiotu, obejmującą, oprócz publikacji naukowych, także aktualne prawodawstwo.

Odnosząc się do przeglądu literatury przedstawionego przez Doktorantkę w pierwszej publikacji (D1), należy podkreślić szeroki kontekst omawianych zagadnień, obejmujący omówienie i porównanie stanu prawnego wprowadzania i sprzedaży suplementów diety w Polsce, w Unii Europejskiej i Stanach Zjednoczonych jak również ich znakowania, składu, wymagań jakościowych, zanieczyszczeń i fałszowania. Druga z prac przeglądowych stanowi opracowanie dotyczące zagadnień wartości odżywczej buraka jako źródła substancji o charakterze prozdrowotnym. W pracy omówiono występowanie charakterystycznych dla tego warzywa substancji o aktywności prozdrowotnej jak betalainy (betacyjaniny, betaksantyny) jak również betainy. Pewną niejasność jednak po przeczytaniu tej publikacji budzi fakt umieszczenia azotanów (III) i (V) jako związków bioaktywnych w Tabeli 1, zatytułowanej „Zawartość składników odżywczych i

bioaktywnych w surowym buraku i różnych przetworach buraczanych (100 g)” (strona 58, D2), tym bardziej, że w wielu miejscach Autorka traktuje obecność tych związków jako zanieczyszczenie. *W związku z powyższym proszę o wyjaśnienie czy związki te mogą być rozpatrywane jako składniki odżywcze czy bioaktywne.* Warto również zwrócić uwagę, iż Autorka podaje w podsumowaniu, iż wypicie 140 ml soku z buraka może być korzystne dla obniżenia ciśnienia tętniczego, gdyż dostarcza ok. 500 mg jonów NO_3^- , jednakże należy wziąć pod uwagę, że jest to ilość odpowiadająca dopuszczalnej wartości ADI dla osoby o masie 100 kg, a w przypadku osób o niższej masie, będzie ono nawet przekroczone.

3.2. Cel pracy

Kandydatka w rozprawie jasno określiła cel pracy, którym była ocena bromatologiczna i fizykochemiczna suplementów diety zawierających buraka zwyczajnego (*Beta vulgaris* L.). Ponadto wyznaczono następujące cele szczegółowe:

- 1) Ocena jakości i bezpieczeństwa wybranych suplementów diety zawierających *Beta vulgaris* L. uwzględniająca poprawność oznakowania i parametry fizyczne formy aplikacyjnej.
- 2) Ocena suplementów diety zawierających *Beta vulgaris* L. pod względem potencjału antyoksydacyjnego, całkowitej zawartości polifenoli, zawartości azotanów(III) i (V), oraz składu pierwiastkowego, w porównaniu ze różnymi częściami świeżego buraka.
- 3) Oszacowanie narażenia na pierwiastki toksyczne oraz azotany (III) i (V) wskutek stosowania suplementów diety zawierających *Beta vulgaris* L. oraz świeżego buraka.

3.3. Materiał i metody badań

Do przeprowadzenia eksperymentów został zgromadzony liczny materiał badawczy składający się z 54 próbek suplementów, dostępnych na polskim rynku w postaci tabletek, kapsułek oraz proszków. Badania porównywano w odniesieniu do próbek różnych części surowego warzywa buraka tj. całe warzywo, obrane oraz skórki. Stosowane techniki analityczne oraz metody statystyczne zostały dokładnie opisane w publikacjach.

3.4. Omówienie wyników i prawidłowość wnioskowania

Wyniki uzyskane przez mgr farm. Joannę Brzezińską-Rojek zestawiono w czterech oryginalnych pracach twórczych (D3-D6), które omawiają kolejno zagadnienia: oceny fizykochemicznej suplementów diety otrzymanych z korzenia buraka (D3), aktywności przeciwutleniającej i zawartości związków polifenolowych oraz azotanów (D4); zawartości składników mineralnych (D5) oraz całkowitej zawartości rtęci (D6) .

Publikacja D3 zatytułowana “Evaluation of physicochemical properties of beetroot based dietary supplements” i opublikowana w czasopiśmie *Foods* zawiera wyniki badania parametrów fizycznych, wielkości, kształtu tabletek i kapsułek dla 31 produktów. Ponadto wykonano analizę jednolitości masy, czasu rozpadu, ścieralności i twardości dla tabletek niepowlekanych (14 produktów), a dla produktów w kapsułkach analizę jednolitości masy i czasu rozpadu (17 produktów). W wyniku wykonanych

pomiarów zwrócono uwagę na zróżnicowanie wielkości i kształtów jednostek dawkowania, które może stanowić potencjalne ryzyko dla konsumenta przy połykaniu w związku ze stwierdzonymi przekroczeniami parametrów fizycznych. Publikacja ta oprócz badań fizycznych parametrów suplementów zawiera wyniki oznaczenia jonów żelaza i cynku w analizowanych suplementach diety.

Następna publikacja D4 ze zbioru stanowiącego osiągnięcie traktuje o całkowitym potencjale antyoksydacyjnym, zawartości polifenoli oraz azotanów (III) i (V) w suplementach diety w porównaniu do liofilizowanych próbek otrzymanych z całego i obranego korzenia buraka oraz ze skórek w kontekście oceny ich jakości jak i bezpieczeństwa. Obszerny fragment tej publikacji stanowi część optymalizacyjną, polegającą na przetestowaniu różnych warunków ekstrakcji tj. MEA, UAE (niestety ani w publikacji ani w autoreferacie nie wyjaśniono co oznaczają te skróty), przy użyciu różnych ekstrahentów (metanolu, etanolu i prawdopodobnie kwasu mrówkowego, niestety nie podano co oznacza skrót FA) oraz warunków analizy oznaczenia zawartości polifenoli metodą Folina-Ciocalteu, mające na celu wybranie najbardziej efektywnego modelu ekstrakcji. W zakresie oceny aktywności antyoksydacyjnej należy podkreślić, że Doktorantka włożyła bardzo dużo pracy w porównanie suplementów z liofilizatami z korzenia buraka, stosując wiele różnych metod (CUPRAC, DPPH, Folina-Ciocalteu), wyrażając wyniki w przeliczeniu na 1 gram świeżej masy oraz suchej masy jak również na dzienną dawkę w przypadku suplementów. Dodatkowo porównano wyniki dla warzyw z uprawy organicznej oraz konwencjonalnej. Generalnie Autorka stwierdziła, że liofilizaty zawierały istotnie wyższą zawartość związków polifenolowych niż suplementy w przeliczeniu na 1 gram, tutaj można przypuszczać, że chodzi o 1 gram świeżej masy (w tabeli S8 publikacji D4 podano jednostkę mg TE (troloxu)/g), gdyż odnosząc te dane do Tabeli 2 w publikacji D4 można dostrzec, że w przeliczeniu na suchą masę, wartości TAC były zbliżone dla liofilizatów (15 i 13 mg GAE /g suchej masy, dla kapsułek i proszków (odpowiednio: 14; 13 mg GAE /g), przy czym dla tabletek wynosiła 7,8 mg GAE /g. Natomiast wartości różnią się istotnie, jeśli porówna się wyniki w przeliczeniu na 1 gram świeżej masy, wówczas są zdecydowanie wyższe dla próbek buraka. Istnienie dużych różnic w aktywności i zawartości polifenoli pomiędzy suplementami a liofilizowanymi próbkami buraka (dla 100 gramów) wydaje się oczywiste, tym bardziej, że w publikacji D3 stwierdzono we wnioskach, że suplementy zawierały po przeliczeniu mniej niż 5 gramów świeżych warzyw. Może porównanie względem zawartości związku charakterystycznego dla buraka, dałoby bardziej porównywalne warunki. Jeszcze bardziej sprawa się komplikuje w przypadku porównania zawartości polifenoli w przeliczeniu na dzienną dawkę. Tutaj Doktorantka podsumowuje, że liofilizaty z buraka wykazywały najwyższą wartość, jednakże nie jest to zaskoczeniem, biorąc pod uwagę, że wzięto pod uwagę próbkę o masie 100 gramów.

W opracowaniu wyników dotyczących aktywności przeciwutleniającej w rozdziale 2.6 („Statistical Analyses”) publikacji podano, że wyniki przedstawiono w postaci wartości średniej i odchylenia standardowego, natomiast w opracowaniu autoreferatu na wykresie 4 (str. 24) porównywano mediany. *Czy Doktorantka mogłaby wyjaśnić, z czego wynikają te różnice? Dodatkowo proszę o wyjaśnienie dlaczego zastosowano oznaczenia istotności różnic („a”, „b”) tylko dla tabletek i kapsułek, natomiast dla próbek otrzymanych z buraków ich nie umieszczono.*

Niewątpliwą wartością tej pracy jest przeprowadzona analiza korelacji, w wyniku której uzyskano silne zależności pomiędzy metodą Folina-Ciocalteu, metodą opartą na redukcji związków miedzi (CUPRAC) oraz metodą z wykorzystaniem rodnika 2,2-difenylo-1-pikrylohydrazylowego (DPPH) dla wszystkich analizowanych grup produktów (liofilizaty z buraka, tabletki, kapsułki, proszki). W drugiej części publikacji Autorka dodatkowo porównuje inną grupę związków, mianowicie ocenia zawartość azotanów (III) i (V) w suplementach i liofilizowanych próbkach buraka, które oznaczano metodą Griessa. Dla metody tej uzyskano wysoką dokładność (81-105%) i precyzję (0,22-4,95%), co wskazuje na dużą wiarygodność wyników. *Biorąc pod uwagę jednakże znaczną toksyczność tej metody, chciałabym zapytać Doktorantkę, co skłoniło ją do wyboru tej metody a nie innych instrumentalnych, mniej czasochłonnych i toksycznych metod jak np. chromatografia jonowymienna czy elektroforeza kapilarna.* W wyniku przeprowadzonych badań Kandydatka ustaliła, że niezależnie od rodzaju próbki zawartość azotanów (V) zawsze była wyższa od azotanów (III), ponadto stwierdzono wyższą średnią zawartość azotanów (V) w próbkach buraka z konwencjonalnej uprawy niż w suplementach (kapsułki, tabletki, proszki) oraz od próbek buraka z uprawy organicznej. W pracy stwierdzono generalnie, że suplementy zawierały średnio mniej azotanów (III) i (V) niż liofilizaty z buraka, aczkolwiek warto wziąć pod uwagę, że dla kapsułek i proszków maksymalne zawartości azotanów (V) wynosiły odpowiednio 15 186 mg/kg oraz 13 110 mg/kg i przekraczały znacznie wartości średnie oznaczone dla liofilizatów (4980 mg/kg suchej masy dla uprawy konwencjonalnej oraz 2612 mg/kg suchej masy dla uprawy organicznej). *W tym miejscu jednak chciałabym zwrócić uwagę na rysunek nr 5 w autoreferacie, gdzie nie znalazłam informacji czy przedstawione wyniki dotyczą wartości średniej i co było miarą rozrzutu, przedstawionego na słupkach oraz czy 100 gramowa porcja buraka w podpisie rysunku dotyczy liofilizatu czy świeżych warzyw?*

Należy jednocześnie dodać, iż wartością powyższej publikacji jest niewątpliwie przeprowadzenie analizy ryzyka w odniesieniu do azotanów (III) i (V). Autorka stwierdza, że tabletki dostarczają maksymalnie 3,2% ADI NO_3^- i 5,1% ADI NO_3^- dla kapsułek.

Następna publikacja (D5), wchodząca w skład osiągnięcia dotyczy oznaczenia w suplementach i próbkach warzyw buraka 22 składników mineralnych, stanowiących makro-, mikroelementy oraz metale ciężkie. Oznaczenia dokonano za pomocą metody atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w mikrofalowej plazmie azotowej (MP-AES) we współpracy z prof. dr hab. Piotrem Konieczką z Katedry Chemii Analitycznej Politechniki Gdańskiej. W pierwszym etapie badań metodę poddano walidacji, uzyskując wysoką dokładność dla wszystkich pierwiastków (80-120%) oraz precyzję (do 10%). Publikacja jest bardzo wartościowym opracowaniem, gdyż zawiera porównanie zawartości makro- i mikroelementów w próbkach suplementów i świeżego buraka. Oprócz aspektu żywieniowego podejmuje temat bezpieczeństwa zdrowotnego tych produktów, gdyż oznaczono również zawartości takich metali ciężkich jak ołów, arsen i kadm. Doktorantka ustaliła, że badane suplementy charakteryzowały się niższą zawartością makro- i mikroelementów w dziennej porcji rekomendowanej przez producenta niż 100-gramowa porcja buraka z upraw konwencjonalnych lub organicznych, wyjątek tylko stanowiły suplementy wzbogacone w związki żelaza. Za niezwykle cenne w kontekście bezpieczeństwa zdrowotnego uważam stwierdzenie:

- przekroczenia dopuszczalnych limitów dla kadmu zgodnie z Rozp. Komisji UE 2023 /915 w próbce buraków, trzech suplementach diety w kapsułkach i dwóch w tabletkach
- braku obecności ołowiu powyżej LOQ (0,69 mg/kg) w suplementach i próbkach buraka
- znacznych ilości arsenu w burakach (trzy próbki z uprawy konwencjonalnej i trzy z uprawy organicznej (182-198 mg/kg) jak i suplementach (185-190 mg/kg).

Szczególnie ostatnie ustalenie jest wyjątkowo ważne z tego względu, że nawet najnowsze zaktualizowane rozporządzenie dotyczące najwyższych dopuszczalnych poziomów zanieczyszczeń (Rozp. Komisji UE 2023 /915) nie uwzględnia obecności arsenu w warzywach, a zakładając spożycie 100 g buraków, dostarczona dawka arsenu odpowiadałaby 1546% i 1573% BMDL_{0,5} oraz w przypadku suplementów 44-45% BMDL_{0,5}, która odpowiada wartości najniższej dawki związanej ze wzrostem prawdopodobieństwa rozwoju raka płuc o 0,5%. Za bardzo cenne w tej publikacji uważam wykonanie analiz chemometrycznych tj. analizy czynnikowej i analizy skupień, które miały na celu rozróżnienie próbek buraka z uprawy konwencjonalnej i organicznej na podstawie wszystkich zmiennych (zawartości wszystkich składników mineralnych), czy rozróżnienie suplementów w tabletkach i kapsułkach.

Natomiast ostatnia z publikacji (D6), włączonych w cykl osiągnięcia Doktorantki, dopełnia temat bezpieczeństwa zdrowotnego suplementów, gdyż podejmuje temat oceny zawartości rtęci w próbkach buraka oraz suplementach, oznaczonej metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej w środowisku zimnych par, w Katedrze Chemii Analitycznej PG. *W publikacji ilość oznaczonej rtęci opisano symbolem THg, jednakże nie znalazłam nigdzie (ani w publikacji ani w autoreferacie) wyjaśnienia, czy odnosi się*

to do sumy zawartości rtęci metalicznej (Hg^0), rtęci nieorganicznej (Hg^{2+}) i rtęci organicznej (metylortęci CH_3Hg^+).

Generalnie praca jest bardzo wartościowa pod względem analitycznym, metoda uprzednio została zwalidowana pod kątem dokładności (93-102%) oraz precyzji (4,7%). Na podstawie uzyskanych wyników Doktorantka nie stwierdziła przekroczenia dopuszczalnego limitu zanieczyszczenia rtęcią (0,10 mg/kg) w badanych suplementach oraz w próbkach buraka. Wykazano zróżnicowanie zawartości rtęci w zależności od części buraka zwyczajnego, przy czym najwyższy poziom oznaczono w skórkach (28 ± 22 ng/100 g ś.m.). Ponadto Doktorantka ustaliła, że żadna z analizowanych próbek buraków ani suplementów nie przekroczyła wartości tolerowanego tymczasowego tygodniowego pobrania (PTWI), ustalonego na poziomie 4 μ g/kg m.c./tydzień na podstawie zaleceń FAO/WHO.

Jednakże do powyższej pracy mam następujące pytania:

1) Dlaczego na rysunku 1, 2 i 3 w publikacji D6 przedstawiono medianę, podczas gdy w tabelkach (tabela 4 i 5) są średnie, oraz dlaczego na powyższych wykresach wartości mediany mają wartości ujemne?

2) Proszę o wyjaśnienie dlaczego w przeprowadzonej analizie statystycznej badano związek pomiędzy wynikami dla próbek buraka a suplementów oraz co oznacza stwierdzenie „statistically significant relationships were found between beetroot samples and dietary supplements” (rozdział 3.3 publikacji D6). Czy w tym przypadku nie byłoby bardziej odpowiednie wykonanie testu istotności różnic?

Całość pracy wykonanej przez Doktorantkę została podsumowana w postaci sześciu wniosków w końcowym fragmencie części wynikowej autoreferatu. Wnioski zostały trafnie sformułowane, potwierdzając realizację wszystkich założonych celów badawczych.

Do całości pracy jako recenzentka mam następujące pytanie:

Z czego wynika różna ilość próbek suplementów wykorzystywanych w publikacji D4 (50), D5 (17) oraz D6 (54)?

4. Ocena formy językowej i technicznej strony opracowania

Cały autoreferat ma prawidłową strukturę i jest napisany poprawnym językiem. Z obowiązku recenzenta chciałabym jednakże zwrócić uwagę na pewne drobne błędy natury redakcyjnej czy dostrzeżone nieścisłości np. sformułowania typu.:

- Tabela 3 autoreferatu – „suplementy diety zawierające buraka zwyczajnego”
- Str. 25 autoreferatu – „przetwór buraczany”
- Rys. 6 autoreferatu – „buraki konwencjonalne” lub „buraki organiczne”
- Str. 8 publikacji D5- „means were significant from others”

Ponadto w spisie w autoreferacie nie odnotowałam następujących skrótów: UAE, MAE, FA, EDI, EMI, EWJ, BMDL.

Pewną nieścisłością w pracy jest także podawanie wartości średnich i odchylenia standardowego z różną liczbą cyfr po przecinku dla tego samego oznaczenia np.:

- na stronie 24 autoreferatu dla parametru TPC: $14 \pm 1,2$; $14 \pm 0,47$; $15 \pm 0,702$; $7,8 \pm 0,77$

- na stronie 29 autoreferatu- tabela 3; np. dla Al: $0,65 \pm 0,18$; $50,4 \pm 1,2$; 37 ± 71 lub As: $3,246 \pm 0,047$; $3,68 \pm 0,11$; $93,9 \pm 1,2$

5. Podsumowanie recenzji

Całość przedstawionej pracy zarówno w postaci referatu w języku polskim jak i sześciu publikacji oceniam bardzo wysoko. Pomimo moich uwag czy dociekliwych pytań, chciałabym podkreślić wysoką wartość naukową przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników. Cykl sześciu publikacji wydanych w większości w czasopismach wysoko punktowanych stanowi kompleksowe i wieloaspektowe opracowanie na temat jakości i bezpieczeństwa suplementów diety otrzymywanych z korzenia buraka zwyczajnego. Koncepcja pracy, jej założenia i eksperymenty przeprowadzono w sposób poprawny, konsekwentny i staranny. W badaniach Kandydatka wykazała się opanowaniem zaawansowanego warsztatu analitycznego, warto podkreślić, że w każdej publikacji stosowano inne metody analityczne a ze względu na bardzo dużą ilość próbek wykonanie wszystkich badań wymagało dużo czasu. Uzyskane wyniki Doktorantka przeanalizowała, zinterpretowała i przedyskutowała z dużą wnikliwością i znajomością problemu, konfrontując je z wynikami uzyskanymi dla próbek surowego warzywa buraka oraz z wynikami innych autorów. Badania pozwoliły na pogłębienie aktualnego stanu wiedzy na temat jakości i bezpieczeństwa suplementów diety. Tematykę rozprawy uważam za ważną z punktu widzenia ochrony konsumenta, gdyż zwróciła ona uwagę na braki w zakresie wymagań i kontroli tych produktów.

Za niezwykle cenne w rozprawie doktorskiej uważam:

-wszechstronne podejście do tematyki jakości i bezpieczeństwa suplementów diety zarówno w kontekście wartości handlowej (parametry fizyczne formy aplikacyjnej, ocena znakowania suplementów), wartości odżywczej (ocena aktywności antyoksydacyjnej składników suplementów oraz zawartości związków polifenolowych makro- i mikroelementów) oraz bezpieczeństwa zdrowotnego (oznaczenie zawartości azotanów (III) i (V) oraz metali ciężkich (ołów, arsen, kadm oraz rtęć).

-niezwykle dokładną i obszerną dokumentację wyników badań załączoną do każdej publikacji (ilość stron w oryginalnych pracach twórczych z suplementem wynosi D3: 21 str.; D4: 22 str.; D5: 34 str.; D6: 10 str.)

-dużą liczbę zbadanych próbek suplementów oraz próbek z buraka całego, obranego oraz skórek zakupywanych od różnych producentów i w różnym czasie

-wykonanie analizy ryzyka zdrowotnego dla oznaczonych substancji, stanowiących zanieczyszczenie suplementów diety (azotany, arsen, kadm oraz rtęć).

Podsumowując swoją ocenę, stwierdzam, że przedstawiona do recenzji **rozprawa doktorska** pani mgr farm. Joanny Brzezińskiej-Rojek pt. „Bromatologiczna i fizykochemiczna ocena suplementów diety zawierających *Beta vulgaris L.*”, stanowiąca kompleksowe i dogłębne opracowanie problemu jakości i bezpieczeństwa suplementów otrzymanych z korzenia buraka zwyczajnego, jest oryginalnym i wartościowym osiągnięciem naukowym, a zawarte w recenzji uwagi nie rzutują na jej wysoką wartość naukową. W świetle obowiązujących przepisów (Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r, Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce wraz z uzupełnieniami) przedstawiona rozprawa spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim, w związku z czym zwracam się do Wysokiej Rady Nauk Farmaceutycznych Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie mgr farm. Joanny Brzezińskiej-Rojek do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Janeta Gura