

**Prof. dr hab. Maciej Pawlak**  
**Katedra Dietetyki AWF w Poznaniu**  
**Zakład Fizjologii i Biochemii**  
**ul. Królowej Jadwigi 27/39**  
**61-871 Poznań**  
**Tel. 61 835 51 88**  
**E-mail: [pawlak@awf.poznan.pl](mailto:pawlak@awf.poznan.pl)**

---

Poznań, 18-01-2022

RECENZJA PRACY NA STOPIEŃ DOKTORA NAUK ROLNICZYCH  
W DYSCYPLINIE TECHNOLOGIA ŻYWNOŚCI I ŻYWIENIA  
NAPISANEJ PRZEZ MGR EMILIĘ EWĘ ZAWIEJĘ  
PT. ” WPLYW SUPLEMENTACJI BETAINĄ NA WSKAŹNIKI WYSIŁKOWE I BIOCHEMICZNE  
W GRUPIE MĘŻCZYŹN TRENUJĄCYCH *CROSSFIT*”  
WYKONANEJ W KATEDRZE ŻYWIENIA CZŁOWIEKA I DIETETYKI,  
Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu  
POD KIERUNKIEM NAUKOWYM  
PROF. DR HAB. N. MED. I N. O ZDR. AGATY CHMURZYŃSKIEJ  
PROF. AWF DR HAB. INŻ. KRZYSZTOFA DURKALEC-MICHALSKIEGO

### **Podstawa prawna opracowania recenzji**

Recenzja rozprawy naukowej została wykonana na podstawie Uchwały Rady Naukowej Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu z dnia 18 listopada 2021 roku kwietnia 2021 roku, zgodnie z którą zostałem powołany na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Emilii Zawieji zatytułowanej „Wpływ suplementacji betainą na wskaźniki wysiłkowe i biochemiczne w grupie mężczyzn trenujących CrossFit”, o czym zostałem poinformowany przez Przewodniczącą wspomnianej Rady Naukowej, Panią prof. dr hab. Magdalenę Rudzińską, pismem z dnia 01-12-2021 roku.

### **Zasadność podjęcia tematu**

Przedstawiona do recenzji praca doktorska napisana przez Panią mgr Emilię Zawieję, wykonana została w Katedrze Żywienia Człowieka i Dietetyki, jednostki organizacyjnej w ramach Wydziału Nauk o Żywności i Żywieniu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, która prowadzi od lat badania naukowe w zakresie fizjologicznych i biochemicznych aspektów dietetyki sportowej. Problematyka dysertacji, dotycząca oceny efektu suplemen-

tacji betainy w grupie mężczyzn trenujących CrossFit”, wpisuje się zatem w pełni w profil działalności naukowej Katedry.

Doktorantka włączyła się tą pracą doktorską w toczącą się dyskusję o zasadności, skuteczności, efektach i konsekwencjach stosowania suplementów diety, opartą o przeprowadzone, rzetelne badania naukowe. Studia z tego zakresu są szczególnie potrzebne w sytuacji, kiedy na rynku dostępnych jest tak wiele substancji reklamowanych przez producentów jako wspomagające wydolność organizmu i dopuszczonych do sprzedaży bez merytorycznego, naukowego uzasadnienia.

Warto nadmienić, że piśmiennictwo naukowe dotyczące betainy w odniesieniach do wysiłku fizycznego lub sportu jest coraz bardziej znaczące. W bazie PubMed, dla tej substancji podawane jest już ponad 600 publikacji rocznie, dla słów kluczowych „betaine sport” odpowiednio 15. Zebrane dotychczas wyniki dotyczące efektu betainy w aspekcie aktywności sportowej nie są jednak homogenne, co wskazuje na celowość prowadzenia dalszych, ukierunkowanych badań z tego zakresu. Również wybór programu treningowego CrossFit, który jako obciążenie organizmu intensywnym wysiłkiem szybkościowo-siłowym lub wytrzymałościowym, sprzyja pożądanym zmianom w składzie ciała, obniżając masę tkanki tłuszczowej i zwiększając zawartość masy beztłuszczowej, należy uznać za właściwy i atrakcyjny naukowo.

### **Ocena formalnej strony pracy**

Rozprawa doktorska mgr Emilii Zawieji przedstawiona w postaci monografii o objętości 121 stron wydruku komputerowego ma klasyczną strukturę dla rozpraw naukowych, obejmującą Wstęp (35 stron), Cel pracy (2), Materiał i metody (14), Wyniki (20), Dyskusję (20), Wnioski (2) i Piśmiennictwo (13). Ponadto, w kolejnych rozdziałach załączono spis 18 tabel oraz 11 rycin zamieszczonych w tekście, a ponadto załączono streszczenia, w języku polskim i angielskim. Wyniki, zebrane w tabelach opatrzonej stosowną legendą, przedstawione zostały w sposób czytelny i przejrzysty. Ryciny, na których zaprezentowano wybrane wyniki badań są dobrze opracowane i zawierają niezbędne informacje, do których podane zostały stosowne odniesienia w tekście. Na podstawie uzyskanych rezultatów badań Doktorantka sformułowała 8 wniosków.

Piśmiennictwo obejmuje 170 pozycji literaturowych, wyłącznie anglojęzycznych, publikowanych przede wszystkim w ostatnich 12 latach (53,5%) w uznanych czasopismach naukowych, Pod względem edytorskim praca została przygotowana prawidłowo.

Badanie uzyskały zgodę Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym w Poznaniu nr 1092/17 z dnia 9.11.2017.

### **Ocena merytoryczna pracy**

Dwa pierwsze zagadnienia, wyszczególnione jako „**Wstęp**” i „**Część literaturowa**”, traktować należy jako szerokie i wieloaspektowe wprowadzenie w tematykę zagadnienia. We wstępie tej 35 stronicowej części pracy Doktorantka opisała zatem wyczerpująco zarówno ideę CrossFitu jako programu treningowego oraz przedstawiła jego odniesienia do wydolności fizycznej i zdolności wysiłkowej organizmu. Przedstawiony został w tym rozdziale również rozległy, krytyczny przegląd literatury, pokazujący funkcje biologiczne betainy u ssaków, funkcje modulujące tego związku w zakresie gospodarki lipidowej, a także dotychczasowy stan wiedzy odnośnie do wpływu suplementacji betainą na zdolności wysiłkowe i skład ciała. Doktorantka opisała też biochemiczne funkcje tego związku pobieranego częściowo z pokarmem, ale też wytwarzanego endogennie, zwracając też uwagę na jego istotne funkcje w procesach fizjologicznych, zwłaszcza w odniesieniu do gospodarki wodno-elektrolitowej. Omówione we wstępie aspekty współgrają z dobrze dobranym, cytowanym piśmiennictwem, tworząc zwartą całość tego rozdziału.

Po lekturze wstępu odnosi się wrażenie, że Doktorantka ma świadomość, o czym pisze na str. 15, że mechanizm działania betainy nie jest jeszcze w pełni poznany, a jej działanie u ludzi nie jest jednoznaczne, bowiem w literaturze można znaleźć przykłady zarówno potwierdzające jak i podważające tezę o potencjale do zwiększania zdolności wysiłkowych oraz zmiany kompozycji składu ciała. Słusznie zatem, że starała się włączyć w analizę badawczą aspekt genetyczny, bowiem są przesłanki wskazujące, że genotyp w genie MTHFR może pośrednio wpływać na efektywność wykorzystania betainy.

**Cel pracy**, który został sformułowany dopiero w trzecim akapicie tak zatytułowanego rozdziału, zmierzał do „oceny wpływu suplementacji dwoma dawkami betainy (2,5 i 5,0 g/d.) na zdolności do wykonywania specyficznego dla CrossFit wysiłku fizycznego, moc mięśniową, zmiany składu ciała oraz profil lipidowy i stężenie hormonów anaboliczno-katabolicznych”.

Ponadto, ze względu na udział betainy w cyklu przemian jednowęglowych, oceniano wpływ genotypu MTHFR na odpowiedź organizmu po zastosowaniu suplementacji tym związkiem chemicznym w grupie mężczyzn trenujących sporty szybkościowo-siłowe. Doktorantka uwzględniła możliwość zróżnicowanego efektu podaży betainy, uwarunkowanego genotypem w genie reduktazy metylo-tetrahydrofolianów (MTHFR). Wydaje się to być uza-

sadnione zważywszy, że polimorfizm tego genu może wpływać na przemiany homocysteiny do metioniny. Zatem u osób z określonym wariantem genu MTHFR, zapotrzebowanie na betainę może być większe.

Bez zastrzeżeń do merytorycznej strony „Celu pracy”, wydaje się, że warto rozważyć skrócenie tego rozdziału i przekazanie czytelnikowi wyłącznie jasno sformułowanego celu badań własnych.

W 11-stronicowym rozdziale „**Material i metody badań**”, Doktorantka przedstawiła dokładny opis badań zaprojektowanych w modelu krzyżowej (ang. cross-over), podwójnie zaślepionej, randomizowanej próby klinicznej, w których uczestnicy byli losowo przypisywani do jednej z czterech grup. Dokładnie scharakteryzowana została grupa badana, dla której podano przeprowadzane testy i pomiary oraz opisano warunki, w których przebiegały. W rozdziale tym opisano również procedurę suplementacji, ocenę stanu odżywienia i składu ciała, ocenę sposobu żywienia podczas całego czasu interwencji oraz ocenę zdolności wysiłkowych za pomocą testów.

Scharakteryzowane zostały również procedury pobierania krwi i metodyki przeprowadzenia ilościowej oceny wskaźników biochemicznych a także analizy polimorfizmu genu MTHFR. W celu opracowania uzyskanych wyników Doktorantka zastosowała szereg metod statystycznych.

W opinii recenzenta, realizacja tak szerokiego zakresu badań z wykorzystaniem nowoczesnych technik badawczych i statystycznych wskazuje na wysokie umiejętności i kompetencje mgr Emilii Zawieji, zarówno w zakresie przygotowania nowatorskiej koncepcji, jak też realizacji badań.

**Wyniki** przeprowadzonych i opisanych przez Doktorantkę pomiarów stanowią istotny wkład w poznanie roli betainy w aspekcie sprawności motorycznej i zdolności wysiłkowych u sportowców. Autorka uwzględniła w swoich dociekaniach nie tylko wyniki oznaczeń biochemicznych, ilustrujące aktualny status lub odpowiedź organizmu na zastosowane czynniki doświadczalne, ale też analizowała szereg elementów, które mogły modulować ten proces, w tym również aspekt genetyczny.

Rozdział wyniki koncentrował się na wpływie suplementacji betainą na masę i skład ciała oraz efektami suplementacji tym związkiem chemicznym na wyniki testów wysiłkowych, a ponadto wpływem betainy na moc mięśniową. Uzyskane dane analizowano również w aspekcie wpływu betainy na aktywność enzymów wątrobowych, charakterystykę profilu lipidowego oraz stężenia glukozy i wybranych hormonów. Opisano je również w odniesie-

niu do relacji pomiędzy zdolnościami wysiłkowymi a cechami charakterystyki badanej grupy oraz pomiędzy stężeniem lipidów, markerów biochemicznych oraz hormonów we krwi a cechami charakterystyki populacji. Uzyskane wyniki osadzone zostały w monitorowanych przez Doktorantkę warunkach środowiskowych (dieta/trening), przy zapewnieniu braku zmian w sposobie odżywiania się uczestników badań podczas trwania całej interwencji.

Warto dodać, że wyniki Doktorantki, poza jasnym opisem, przedstawione zostały w formie zrozumiałych, dobrze zaprojektowanych i adekwatnych tabel oraz rycin zawartych w manuskrypcie pracy doktorskiej.

**Dyskusja** wyników została podzielona na 7 tematycznych części. W tym rozdziale, szeroko omówione wyniki badań własnych porównano z danymi z piśmiennictwa. Dyskusja została przeprowadzona szeroko, wielowątkowo, zachowując jednocześnie spójność w zestawieniu z uzyskanymi wynikami i poparcie trafnie dobranymi publikacjami. W tej części pracy dostrzec można również doskonałą orientację autorki w zagadnieniach z zakresu fizjologii i biochemii. Na uznanie zasługuje ponadto przeprowadzona analiza statystyczna oraz wykorzystanie tych danych w dyskusji.

**Wnioski** przedstawione przez Doktorantkę odpowiadają na cele badań postawione w dysertacji. Do najważniejszych zaliczyć można te, które wskazują, że wystarczającą dawką tego związku chemicznego jest 2,5 g/d, a jej zwiększenie do 5,0 g dziennie nie miało wpływu na monitorowane wskaźniki.

Wykazano również, że suplementacja betainą wpływała na poprawę zdolności do wykonywania wysiłku charakterystycznego dla CrossFit, prawdopodobnie poprzez zwiększenie zawartości TBW oraz podwyższenie stężenia testosteronu w surowicy. Również wpływ suplementacji betainą nie wydaje się być zależny od genotypu MTHFR rs1801133.

### **Uwagi i pytania**

Szeroki zakres badań przeprowadzonych przez mgr Emilię Zawieję w ramach pracy doktorskiej sprawiły, że podczas lektury dysertacji nasuwały się uwagi i pytania, na które jako recenzent pracy, chętnie usłyszałbym odpowiedź.

1. Doktorantka wskazała, że dotychczasowy stan wiedzy wskazuje na anaboliczny wpływ betainy poprzez zwiększenie stężenia insulinopodobnego czynnika wzrostu 1 (IGF-1) i hormonu wzrostu. Z drugiej strony IGF-1 aktywuje ścieżkę sygnałową, obniżającą ekspre-

sję enzymów antyoksydacyjnych, jak katalaza czy dysmutaza ponadtlenkowa. A zatem, czy stymulowanie wzrostu stężenia IGF-1 jest dla organizmu zawsze wskazane?

2. Doktorantka pisze na str. 15, że „suplementacja betainą nie jest do końca poznana”. Jakie zatem działania należy podjąć, aby prowadząc badania z takimi substancjami, wykluczyć możliwe zagrożenia spowodowane np. przedawkowaniem.

3. Zamieszczona w tekście tabela wskazuje, że betaina występuje w dużych ilościach w nasionach, zwłaszcza w otrębach, a w mniejszych ilościach w jajach. Jak zatem interpretować te relacje, przyjmując, że zarówno ziarno jak i jaja stanowią przede wszystkim materiał zapasowy dla rozwijającego się zarodka.

4. W trakcie suplementacji, osobom badanym podawano wyglądające identycznie celulozowe kapsułki zawierające 500 mg betainy lub celulozy jako placebo, co uniemożliwiało rozpoznanie preparatów. Ponadto, osoby suplementujące 5,0 g/d. przyjmowały zatem dziesięć kapsułek, w trzech porcjach dziennie: trzy rano, trzy popołudniu i cztery wieczorem. Natomiast osoby suplementujące 2,5 g/d. przyjmowały pięć kapsułek: dwie rano i trzy wieczorem. Suplement był przyjmowany do posiłku i popijany dużą ilością wody.

Proszę zatem o wyjaśnienie, czy osoby badane znały się i mogły wymieniać wzajemnie informacje lub/i wiedziały do jakiej grupy badanej zostały przypisane? Jeżeli znały się, czego nie można wykluczyć, czy nie należało obu dawek aplikować w takiej samej liczbie, tzn. zawsze 5 lub 10 kapsułek?

5. Proszę też o odpowiedź, dlaczego, zgodnie z danymi na str. 53, wszystkie cztery spotkania ukończyło 35 osób, natomiast w tabeli 5, podobnie jak przy badaniu polimorfizmu, mowa jest o 37 osobach.

6. Pisząc o pozytywnych stronach pewnych związków chemicznych (tlenek azotu i efekt wazodylatacji), nie należy zapominać o ich „drugim obliczu”. NO to bowiem także neurotransmitter wzmacniający chociażby obwodowo i centralnie stany zapalne.

**Nobody is perfect.** To stwierdzenie dotyczy wszystkich, wkraczających i podążających już drogą naukową, również Autorki recenzowanej pracy doktorskiej. Pomimo zapewne kilkakrotnego czytania i przeprowadzonej dokładnej korekty, uszły uwadze niektóre przecinki, zagubiły się litery lub inne drobne elementy szaty graficznej.

- Zamienić można też niektóre niezręczne lub mylące stwierdzenia jak „Dobowa podaż betainy z dietą oscyluje zwyczajowo na poziomie między 100 a 300 mg.” bądź „szczególnie w dyscyplinach, w których trzeba pokonać siłę przyciągania ziemskiego”, a CrossFit do takich się zalicza”, albo też (str. 25) „w obu pracach

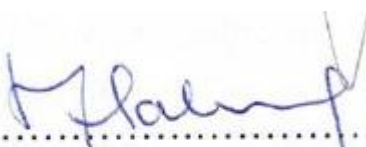
uczestnicy charakteryzowali się podwyższoną masą ciała, mierzoną za pomocą wskaźnika masy ciała (ang. *body mass index*, BMI)”.

- Zwłaszcza na UP warto, mówiąc o zawartości tłuszczu w mięsie brojlerów czy świń, stosować termin „chów”, a nie o „hodowla” zwierząt.

### **Podsumowanie i wniosek końcowy**

Przedłożoną do recenzji dysertację Pani mgr Emilii Zawieji oceniam jako opracowanie wartościowe i oryginalne, zawierające aspekty zarówno naukowe jak i użyteczne. Zawarte w niej wyniki badań poszerzają wiedzę naukową z zakresu dyscypliny technologia żywności i żywienia, w szczególności w odniesieniu do suplementacji osób poddanych wysiłkowi fizycznemu. Doktorantka sprawnie sformułowała temat i cel pracy, poprawnie zaplanowała i przeprowadziła badania stosując różne techniki badawcze z obszaru fizjologii, biochemii i genetyki. Umiejętnie wykorzystała też potencjał zastosowanych narzędzi badawczych, analitycznych i statystycznych, co podnosi znacząco wiarygodność ustaleń naukowych prezentowanych w rozprawie.

Mimo uwag o charakterze wyjaśniającym czy dyskusyjnym, stwierdzam, że rozprawa ta spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom na stopień naukowy doktora, zawarte w ustawie z dn. 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2016 r. poz. 882, z późn. zm.). Dlatego też wnoszę do Rady Naukowej Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu o dopuszczenie mgr inż. Emilii Zawieji do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

  
.....  
(podpis)