



**POLITECHNIKA
BYDGOSKA**
Wydział Rolnictwa i Biotechnologii



Dr hab. Justyna Lema-Rumińska, prof. PBS
Pracownia Roślin Ozdobnych i Warzywnych
Katedra Przyrodniczych Podstaw Rolnictwa i Ogrodnictwa
Wydział Rolnictwa i Biotechnologii
Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Mgr inż. Pauli Jadczak

pt. „Wpływ nanokolloidów złota i srebra na produkcję metabolitów wtórnych w kulturach *in vitro* lawendy wąskolistnej (*Lavandula angustifolia* Mill.)”

Ocena rozprawy doktorskiej została wykonana na podstawie uchwały nr 9 Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, przekazanej pismem z dnia 3. lutego 2022 r. przez Pana prof. dr hab. inż. Arkadiusza Telesińskiego, Dziekana Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa ZUT w Szczecinie.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pani **mgr inż. Pauli Jadczak**, przygotowana pod kierunkiem Pani dr hab. Danuty Kulpy, prof. ZUT w Katedrze Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin na Wydziale Kształtowania Środowiska i Rolnictwa ZUT w Szczecinie, składa się z jednotematycznego cyklu publikacji zgodnie z art. 15 Ust. 2 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2016, poz. 882) pod wspólnym tytułem: Wpływ nanokolloidów złota i srebra na produkcję metabolitów wtórnych w kulturach *in vitro* lawendy wąskolistnej (*Lavandula angustifolia* Mill.). W skład cyklu wchodzi 4 publikacje naukowe opublikowane w latach 2019-2020. Trzy artykuły wchodzące w skład rozprawy opublikowano w czasopiśmie z tzw. Listy Filadelfijskiej (jeden w *Plant Cell Tissue and Organ Culture* oraz dwa w *Molecules*), a jeden w czasopiśmie *Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis*. Łączna wartość osiągnięcia mierzona współczynnikiem wpływu *Impact Factor* (IF) wynosi 8,863 oraz 420 punktów z listy MEiN. Przedstawione do oceny publikacje są wieloautorskie lub dwuautorskie, jednak w trzech pracach Pani Mgr inż. Paula Jadczak jest pierwszym autorem, a w jednej drugim, co świadczy o istotnym wkładzie w powstanie tych prac (udział 40-60%), ponadto w dwóch pracach Doktorantka jest także autorem korespondencyjnym. Praca doktorska składa się z dziewięciu rozdziałów. Jednotematyczny cykl publikacji poprzedzony jest opisem składającym się z ośmiu rozdziałów (1 - Wstęp, 2 - Cel badań, 3 - Materiał i metody badań, 4 - Omówienie wyników badań przedstawionych w publikacjach stanowiących osiągnięcie naukowe, 5 - Wnioski, 6 - Literatura, 7 - Streszczenie, 8 - Abstract, 9 - Jednotematyczny cykl publikacji).

Temat rozprawy został trafnie określony i spaja cały cykl publikacji dotyczący wpływu nanokoloidów złota i srebra na produkcję metabolitów wtórnych w kulturach *in vitro* lawendy wąskolistnej.

We Wstępie Doktorantka określiła znaczenie nanocząstek metali zarówno w medycynie i farmacji, kosmetologii, ochronie środowiska, przemyśle tekstylnym, jak i na komórce roślinną, gdzie przyczyniają się do peroksydacji błon komórkowych i wpływają na ekspresję genów odpowiedzialnych za produkcję związków aktywnych biologicznie. Ponadto Autorka zwróciła uwagę na zastosowanie nanocząstek, głównie srebra, w roślinnych kulturach *in vitro* na etapie zakładania sterylnej kultury oraz badań nad ich przydatnością jako elicytorów pobudzających produkcję metabolitów wtórnych w kulturach *in vitro*. Omówiła ponadto gatunek lawendę wąskolistną jako roślinę wykorzystywaną do produkcji cennych olejków eterycznych oraz przedstawiła teorie prawdopodobnego mechanizmu oddziaływania nanocząstek dodawanych do pożywek w kulturach *in vitro* na produkcję metabolitów wtórnych.

Głównymi celami prezentowanej rozprawy doktorskiej było: określenie wpływu dodatku do pożywki nanokoloidów zawierających nanocząstki złota i srebra na wzrost roślin, w tym rozwój trichomów wydzielniczych lawendy wąskolistnej (*Lavandula angustifolia* Mill.), odmiany 'Munstead' w kulturach *in vitro*. Ocena składu chemicznego olejków eterycznych oraz zawartości polifenoli ogółem, produkowanych przez lawendę wąskolistną namnażaną w kulturach *in vitro* na pożywkach wzbogaconych w nanokoloidy złota lub srebra. Ponadto badania dotyczyły określenia wpływu nanocząstek złota i srebra na aktywność enzymów antyoksydacyjnych i zdolność do zmiatania wolnych rodników w tkankach roślin lawendy wąskolistnej namnażanych w kulturach *in vitro* i oceny możliwości wykorzystania tkanek lawendy wąskolistnej w kulturach *in vitro* na pożywkach zawierających w swoim składzie nanocząstki złota lub srebra jako alternatywy dla syntetycznych konserwantów używanych w produktach kosmetycznych.

Opracowanie wydajnej metody otrzymywania olejków eterycznych lub też fragmentów tkanek roślin o istotnie podwyższonej w wyniku elicytacji aktywności antyoksydacyjnej i antymikrobiologicznej, pozwoliłoby na ich wykorzystanie jako substancji konserwujących kosmetyki, zwłaszcza tych o krótkim terminie przydatności do użycia. Podjęta problematyka badawcza jest istotna ze względu na poszukiwanie alternatywnych substancji pochodzących z roślin, które mogłyby zastąpić w praktyce kosmetycznej substancje chemiczne prowadzące często do problemów alergicznych skóry. Zwiększenie wydajności ich wytwarzania w kulturach *in vitro* roślin poprzez elicytację może dostarczyć bardzo wysokiej jakości fitozwiązków o charakterze aplikacyjnym w szeroko pojętej kosmetyce.

W rozdziale 3 Doktorantka przedstawiła charakterystykę materiału badawczego oraz metody badawcze. Materiałem użytym do prowadzenia badań w ramach wykonanej pracy doktorskiej były rośliny lawendy wąskolistnej, odmiany 'Munstead' pochodzące z kolekcji roślin Laboratorium Kultur *In Vitro*, Katedry Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin, mieszczącej się na Wydziale Kształtowania Środowiska i Rolnictwa ZUT w Szczecinie. Eksplantaty pobrane z tych roślin posłużyły do założenia doświadczenia, w którym określono:

wpływ nanocząstek złota i srebra dodawanych do pożywki podstawowej w różnych stężeniach (od 1 do 50 mg·dm⁻³) na wzrost i rozwój roślin lawendy w kulturach *in vitro*. Obserwacje prowadzono przy pomocy skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM), określono również morfologię wykształconych trichomów wydzielniczych (**publikacja 1**). W otrzymanych w ten sposób tkankach lawendy oznaczono aktywność enzymów antyoksydacyjnych (POX, APX, CAT, SOD), zdolność do zmiatania wolnych rodników metodą ABTS•+ oraz zawartość polifenoli ogółem (**publikacja 3**). Następnie porównano zawartość olejku eterycznego i jego skład (metodą GC-MS) w tkankach lawendy wąskolistnej namnażanej na pożywkę podstawowej, z dodatkiem AgNPs lub AuNPs (**publikacja 2**).

Na ostatnim etapie pracy doktorskiej (**publikacja 4**) porównano potencjał konserwujący emulsje kosmetyczne tkanek lawendy wąskolistnej w kulturach *in vitro*, na pożywkach wzbogaconych w 1 lub 10 mg·dm⁻³ nanocząstki złota lub srebra o dwóch wielkościach cząstek 13 lub 30 nm.

Analizę trichomów wydzielniczych liści za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM) przeprowadzono w Centrum Biologii Molekularnej i Biotechnologii Uniwersytetu Szczecińskiego w Małkocinie. Badania mające na celu określenie stężenia i kompozycji olejków eterycznych wykonano na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej ZUT w Szczecinie.

W kolejnym rozdziale Doktorantka omówiła wyniki badań zawartych w publikacjach stanowiących osiągnięcie naukowe.

W **publikacji nr 1** pt. „Positive effect of AgNPs and AuNPs in *in vitro* cultures of *Lavandula angustifolia* Mill.” opublikowanej w czasopiśmie *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* Doktorantka wraz ze współautorami badała wpływ nanokolloidów zawierających nanocząstki złota lub srebra na rozwój roślin lawendy wąskolistnej w kulturach *in vitro*, w tym także ich wpływ na trichomy wydzielnicze odpowiedzialne za sekrecję olejków eterycznych. Wyniki powyższych badań wskazują na istotny wpływ AuNPs i AgNPs na liczbę i średnicę trichomów wydzielniczych na dolnej i górnej powierzchni blaszek liściowych lawendy. Niskie stężenia NPs zwiększały liczbę wykształconych trichomów wydzielniczych. Najliczniej struktury te występowały na blaszkach liściowych lawendy namnażanej na pożywkach zawierających 5 mg·dm⁻³ AuNPs. Lawenda namnażana na pożywkach z dodatkiem najwyższych stężeń AgNPs (50 mg·dm⁻³) wykształciła najmniejszą liczbę trichomów, na obu stronach blaszek liściowych. Wyższe stężenia NPs nie zwiększały średnicy włosków wydzielniczych na górnej powierzchni blaszek liści lawendy w porównaniu z pożywką kontrolną. Na zwiększenie się średnicy trichomów wydzielniczych w stosunku do kontroli na dolnej powierzchni blaszki liściowej wpłynęły od 1 do 10 mg·dm⁻³ AuNPs oraz 1 mg·dm⁻³ AgNPs dodawane do pożywek wzrostowych.

W kolejnym doświadczeniu określono zawartość i skład metabolitów wtórnych - olejków eterycznych (**publikacja nr 2** pt. „Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) Analysis of Essential Oils from AgNPs and AuNPs Elicited *Lavandula angustifolia In Vitro* Cultures” opublikowanej w *Molecules*). Celem doświadczenia była analiza olejków eterycznych, pozyskanych z roślin lawendy wąskolistnej namnażanej w kulturach *in vitro* na

pożywkach wzbogacanych w nanocząstki złota bądź srebra. W pracy tej dowiedziono, że uprawa lawendy wąskolistnej w kulturach *in vitro* na pożywkach zawierających w swoim składzie nanocząstki złota i srebra istotnie wpływa na skład chemiczny i zawartość olejków eterycznych. Analiza składu olejków metodą GC-MS umożliwiła zidentyfikowanie 97 różnych związków chemicznych reprezentujących, w zależności od stężenia nanocząstek od 99,29-99,95% zawartości olejków eterycznych. Stwierdzono zróżnicowanie udziału procentowego związków chemicznych w analizowanych olejkach eterycznych, w zależności od stężenia i rodzaju nanocząstek w pożywce. Nanocząstki złota i srebra dodawane do pożywek powodowały zmniejszenie ilości i udziału procentowego związków o niższej masie cząsteczkowej, które zostały zastąpione przez te o wyższej masie cząsteczkowej. Olejki eteryczne pozyskane z tkanek lawendy uprawianej na pożywkach z dodatkiem $10 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ AgNPs najbardziej różniły się jakościowo w odniesieniu do kontroli.

Doświadczenie dowodzi, że nanocząstki złota i srebra spełniają funkcję elicytorów w kulturach *in vitro* lawendy wąskolistnej, istotnie wpływając na zawartość i skład produkowanych przez nią olejków eterycznych. Nie jest jednak jasne jaki jest mechanizm oddziaływania nanocząstek dodawanych do pożywek w kulturach *in vitro* na produkcję metabolitów wtórnych. Przypuszcza się, że nanocząstki metali wywołują stres oksydacyjny. Dlatego w kolejnym doświadczeniu określono wpływ nanocząstek na aktywność enzymów antyoksydacyjnych (**publikacja 3** pt. „Effect of AuNPs and AgNPs on Antioxidant System and Antioxidant Activity of Lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) from *In Vitro* Cultures” opublikowanej w *Molecules*). Celem badania było określenie aktywności enzymów antyoksydacyjnych lawendy wąskolistnej (APX, SOD, POX, CAT) narażanej na stres wywołany nanocząstkami złota i srebra oraz jej zdolność do zmiatania wolnych rodników (ABTS•+) i zawartość polifenoli ogółem.

Stwierdzono, że nanokolidy złota i srebra zwiększają aktywność enzymów antyoksydacyjnych, takich jak peroksydaza askorbinianowa (APX) i dysmutaza ponadtlenkowa (SOD), jednak reakcja ta zależy od ich stężenia w pożywce. Najwyższą aktywność APX stwierdzono w tkankach roślin namnażanych na podłożach zawierających 2 i $5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ AgNPs. Nanocząstki złota istotnie zwiększały aktywność APX w stosunku do kontroli, jedynie kiedy zastosowane były w stężeniu $10 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Najwyższą aktywność SOD zaobserwowano przy stężeniu 2 i $5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ AgNP i AuNPs. Dodatek AgNPs do podłoża hodowlanych we wszystkich zastosowanych stężeniach oraz $1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ AuNPs obniżył aktywność peroksydazy gwajakolowej (POX), w porównaniu do aktywności obserwowanej u roślin kontrolnych. Nie wykazano istotnego wpływu nanocząstek na wzrost aktywności katalazy (CAT) w stosunku do kontroli.

Zawartość polifenoli ogółem zmieniała się w zależności od rodzaju i stężenia nanocząstek w pożywce. Wzrost zawartości polifenoli w stosunku do kontroli stwierdzono dla lawendy namnażanej na pożywkach z dodatkiem 2 , 5 i $10 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ AuNPs oraz od 5 do $50 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ AgNPs. Z kolei lawenda uprawiana na podłożach z dodatkiem najwyższego stężenia nanocząstek złota ($50 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) oraz najniższych stężeń nanocząstek srebra (1 i $2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) charakteryzowała się istotnie niższą od kontroli zawartością polifenoli.

Mając na uwadze aplikacyjny charakter pracy doktorskiej, w kolejnym etapie badań określono możliwość zastosowania wysuszonych i sproszkowanych fragmentów roślin lawendy, elicytowanych w kulturach *in vitro* nanocząstkami Ag i Au, jako substancji konserwujących emulsje kosmetyczne (**publikacja 4 pt.** „*Lavandula angustifolia* propagated in *in vitro* cultures on media containing AgNPs and AuNPs: an alternative to synthetic preservatives in cosmetics” opublikowanej w *Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis*). Celem ostatniego etapu badań było określenie możliwości wykorzystania rozdrobnionych tkanek lawendy wąskolistnej uzyskanych na podłożach zawierających nanocząstki złota lub srebra o rozmiarach 13 i 30 nm do konserwacji emulsji kosmetycznych. Wykazano, że tkanki lawendy uprawianej na podłożach zawierających AuNPs i AgNPs wykazały zadowalające zdolności konserwujące. W przypadku emulsji kosmetycznych kontrolnych, które nie zawierały dodatku tkanek roślinnych ani kwasu dehydrooctowego i benzoowego, zaobserwowano pojawianie się kolonii bakteryjnych i grzybowych po drugim tygodniu trwania doświadczenia. Dodatek tkanek lawendy uprawianej na pożywkach nie zawierających nanocząstek chronił badane próbki przed zanieczyszczeniem mikrobiologicznym. W tym przypadku kolonie bakteryjne zostały wykryte po 4 tygodniach, a grzybowe po 6 tygodniach inkubacji. Dodatek tkanki lawendy rosnącej na podłożach uzupełnionych w AgNPs o wielkości cząstek 13 nm oraz w stężeniu $1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ wydłużył czas pojawiania się kolonii bakteryjnych do 8 tygodni, a wynik ten był porównywalny z efektem konserwującym DHA BA. Wyższe stężenie AgNPs w pożywce, a także większa średnica cząstek (30 nm), spowodowały zmniejszenie zdolności konserwujących tkanek roślinnych. Obecność AuNPs w pożywkach także wykazała pozytywny wpływ na aktywność antymikrobiologiczną lawendy, jednak w mniejszym stopniu niż w przypadku AgNPs. Autorka sugeruje, że rozdrobnione fragmenty tkanki lawendy, pozyskane z roślin uprawianych na pożywkach zawierających $1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ AgNPs o wielkości cząstek 13 nm mogą być wykorzystane do konserwacji emulsji kosmetycznych o krótkim okresie przydatności do użycia.

Konstrukcja pracy jest przejrzysta i logiczna. Tematy podejmowane w kolejnych publikacjach wynikają z rezultatów badań uzyskanych w poprzednich pracach i są ich rozwinięciem. Przedstawione prace świadczą o dużej wiedzy Pani mgr inż. Pauli Jadczak, bardzo dobrej umiejętności dyskusji i interpretacji wyników oraz formułowania syntetycznych wniosków. Istotny jest również potencjalnie aplikacyjny charakter pracy, gdyż uzyskane wyniki wskazują na możliwość wykorzystania nanocząstek złota i srebra jako elicytorów zwiększających w roślinach zawartość cennych substancji o charakterze metabolitów wtórnych uzyskanych metodą roślinnych kultur *in vitro* do produkcji wysokiej jakości naturalnych kosmetyków.

Do najważniejszych wniosków rozprawy doktorskiej Pani Mgr inż. Pauli Jadczak należy zaliczyć:

a/ Wykazanie możliwości otrzymania dużej ilości tkanek roślinnych (rośliny rozmnażane na pożywkach z dodatkiem nanokoloidów zawierających AgNPs i AuNPs, niezależnie od ich

stężenia w pożywce, charakteryzowały się wyższą świeżą masą i liczbą wykształconych pędów oraz dłuższym korzeniem) z prawidłowo wykształconymi trichomami wydzielniczymi.

b/ Stwierdzenie, że dodatek do pożywek niskich stężeń AgNPs (1 i 2 mg·dm⁻³) nie wywierał wpływu na wysokość namnożonych roślin. Zwiększenie jego stężenia w pożywce powyżej 5 mg·dm⁻³ wpłynęło na ograniczenie wzrostu roślin i zmniejszenie liczby wykształconych trichomów wydzielniczych, a jednocześnie stymulowało rozwój systemu korzeniowego.

c/ Stwierdzenie, że namnażanie lawendy w kulturach *in vitro* na pożywkach z dodatkiem od 1 do 10 mg·dm⁻³ AuNPs wpłynęło na zwiększenie liczby wykształconych trichomów wydzielniczych.

d/ Wykazanie, że najważniejszymi związkami występującymi w olejkach eterycznych lawendy wąskolistnej uzyskanej *in vitro* były: borneol, τ-kadinol, tlenek kariofilenu, γ-kadinen i 1,8-cineol.

e/ Stwierdzenie, że nanocząstki złota i srebra dodawane do pożywek miały wpływ na skład chemiczny olejków eterycznych.

f/ Wykazanie, że olejek eteryczny pozyskany z tkanek lawendy hodowanej na pożywkach z dodatkiem 10 mg·dm⁻³ AgNPs najbardziej różnił się jakościowo w odniesieniu do kontroli. W jego składzie zidentyfikowano 13 związków chemicznych nieobecnych w olejku izolowanym z roślin kontrolnych.

g/ Wykazanie, że namnażanie lawendy wąskolistnej na pożywkach z dodatkiem nanocząstek złota i srebra skutkowało wzmożoną aktywnością enzymów antyoksydacyjnych takich jak: peroksydaza askorbinianowa (APX) i dysmutaza ponadtlenkowa (SOD), wpływając zaś na obniżenie się aktywności peroksydazy gwajakolowej POX. Poziom aktywności enzymów zależał od stężenia i rodzaju nanocząstki.

i/ Stwierdzenie, że dodatek do pożywek namnażających nanocząstek w stężeniu od 1 do 20 mg·dm⁻³ AuNPs oraz od 2 do 50 mg·dm⁻³ AgNPs zwiększał aktywność antyoksydacyjną określoną przez zdolność do zmiatania wolnych rodników ABTS•+. Wyjątek stanowiło tu najniższe stężenie AgNPs (1 mg·dm⁻³) oraz najwyższe stężenie AuNPs (50 mg·dm⁻³), których zdolność pozostawała na poziomie kontroli.

j/ Określenie rodzaju nanocząstek dodawanych do pożywki oraz ich stężenia w pożywce które wpływa na zawartość w tkankach polifenoli ogółem. Rośliny namnażane na pożywkach z dodatkiem od 2 do 10 mg·dm⁻³ AuNPs oraz od 5 do 50 mg·dm⁻³ AgNPs charakteryzowały się wyższą zawartością polifenoli ogółem w porównaniu z kontrolą.

k/ Wykazanie, że tkanki lawendy wąskolistnej namnażanej na pożywkach wzbogaconych w 1 mg·dm⁻³ nanocząstek srebra o wielkości cząsteczki 13 nm wykazywały właściwości konserwujące, zabezpieczając emulsje kosmetyczne przed zanieczyszczeniem mikrobiologicznym przez okres do 6 tygodni, a po okresie 8 tygodni obserwowano jedynie niewielki wzrost mikroorganizmów.

I/ Stwierdzenie, że fragmenty tkanki lawendy pochodzące z podłoży wzbogacanych w $1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ AgNPs o wielkości cząstek 13 nm mogą być z powodzeniem wykorzystywane do konserwacji emulsji kosmetycznych o krótkim terminie przydatności.

Reasumując, stwierdzam, że przedstawiony cykl publikacji pod wspólnym tytułem: „Wpływ nanokolloidów złota i srebra na produkcję metabolitów wtórnych w kulturach *in vitro* lawendy wąskolistnej (*Lavandula angustifolia* Mill.) stanowi dobrą podstawę do ubiegania się o stopień doktora w dyscyplinie naukowej rolnictwo i ogrodnictwo.

Podczas lektury pracy nasunęło mi się jednak kilka pytań i uwag.

Uwagi:

1. W pracy zauważono drobne literówki oraz tautologie np. „pożywka ta stanowiła pożywkę”.
2. W pracy doktorskiej pojawiają się określenia typu: „hodowla roślin w kulturach *in vitro*” oraz „tkanek hodowanych w kulturach *in vitro*” itp. Proszę wyjaśnić dlaczego użyto tu słowa „hodowla” a nie „uprawa”?
3. Z Pani rozprawy doktorskiej wynika, że: „Dodatek tkanki lawendy rosnącej na podłożach uzupełnionych w AgNPs o wielkości cząstek 13 nm oraz w stężeniu $1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ wydłużył czas pojawiania się kolonii bakteryjnych do 8 tygodni, a wynik ten był porównywalny z efektem konserwującym DHA BA”.

Z literatury naukowej wiadomo, że nanocząstki metali m. in. srebra i złota mogą mieć działanie cytotoksyczne i genotoksyczne. Czy stosowanie ich w kosmetykach jest bezpieczne dla konsumentów? Od czego może zależeć cyto- i genotoksyczność na żywe komórki? Jaka średnica nanocząstek umożliwia ich penetrację przez błony komórkowe do wnętrza komórki i organelli komórkowych? Czy wykonano odpowiednie badania toksykologiczne emulsji zawierających nanocząstki srebra lub złota na tkanki/ komórki skóry ludzkiej w warunkach *in vitro*?

Pragnę zaznaczyć, że powyższe uwagi to drobne nieścisłości, głównie redakcyjne, które nie wpływają na merytoryczną ocenę pracy.

Podsumowanie

Podsumowując, niniejszym stwierdzam, że przedstawiona do oceny rozprawa doktorska **Pani Mgr inż. Pauli Jadczyk pt. „Wpływ nanokolloidów złota i srebra na produkcję metabolitów wtórnych w kulturach *in vitro* lawendy wąskolistnej (*Lavandula angustifolia* Mill.)”** spełnia wszystkie wymogi stawiane rozprawom doktorskim określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jednolity Dz. U. 2017, poz. 1789, z późn. zm.) oraz § 11 ust. 6 uchwały

nr 113 Senatu ZUT z dnia 23 września 2019 roku (z późn. zm.). Z tego względu przedkładam wniosek do Wysokiego Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie o dopuszczenie **Pani Mgr inż. Pauli Jadcza**k do dalszych etapów postępowania w przewodzie doktorskim.

Biorąc pod uwagę wartość naukową recenzowanej pracy oraz ze względu na fakt, że przedstawiony spójny tematycznie cykl publikacji składa się z wysokopunktowanych artykułów (wg MEiN 420 punktów) o łącznym współczynniku wpływu IF = 8,863, wnioskuję do Wysokiej Rady Dyscypliny Wydziału o **wyróżnienie powyższej rozprawy**.

Bydgoszcz, 4.04.2022 r.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jadczak Paulina - Kurba', is written in a cursive style.