

Lublin, 31.03.2022 r.

Dr hab. Grażyna Zawiaślak  
Katedra Warzywnictwa i Ziolarstwa  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

**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.)”**

wykonanej w Katedrze Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin  
Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie  
pod kierunkiem Pani dr hab. inż. Danuty Kulpy, prof. ZUT

Recenzja została wykonana w oparciu o uchwałę nr 9 Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie z dnia 31 stycznia 2022 roku.

**Wprowadzenie**

Nanotechnologia to stosunkowo nowy obszar nauki. Z uwagi na unikatowe właściwości nanomateriałów, dyscyplina ta znajduje zastosowanie w wielu obszarach, m.in. w medycynie, farmacji, kosmetologii. Nanocząstki są przedmiotem ogromnych inwestycji, dlatego wzrost liczby produktów konsumenckich opartych na nanotechnologii postępuje bardzo szybko. Należy wspomnieć również o innych dziedzinach - ogrodnictwo i rolnictwo, w których zastosowanie nanocząsteczek jest widoczne m.in. w ochronie roślin. Do najczęściej stosowanych nanocząsteczek należą: nanosrebro i nanozłoto. Z licznych doniesień literaturowych wynika, że nanokolloidy znalazły zastosowanie w roślinnych kulturach *in vitro*, czego dowodem jest przedłożona do recenzji rozprawa doktorska.

Lawenda wąskolistna (*Lavandula angustifolia* Mill.) jest rośliną aromatyczną, szeroko wykorzystywaną w ziołolecznictwie oraz kosmetologii. Podobne znaczenie ma olejek lawendowy, który może być otrzymywany w procesie hydrodestylacji kwiatów lawendy pochodzących z upraw polowych. Autorka prowadząc swoje badania włączyła się w aktualny, światowy nurt nauki nad wtórnymi metabolitami o właściwościach leczniczych, biosyntezy w kulturach tkankowych gatunków roślin z rodziny Lamiaceae. Hodowla

roślin w kulturach *in vitro* zapewnia produkcję materiału roślinnego wolnego od zanieczyszczeń i chorób. Ponadto prowadzone namnażanie roślin w pełni kontrolowanych warunkach laboratoryjnych, niezależnie od warunków klimatycznych i glebowych i jest możliwa przez cały rok.

### **Struktura oraz treść rozprawy doktorskiej**

Recenzowana rozprawa doktorska mgr Pauli Jadczak ma formę monotematycznego zbioru czterech artykułów naukowych pod wspólnym tytułem „Wpływ nanokolloidów złota i srebra na produkcję metabolitów wtórnych w kulturach *in vitro* lawendy wąskolistnej (*Lavandula angustifolia* Mill.)”. Prace naukowe wchodzące w skład cyklu stanowiącego osiągnięcie naukowe to:

1. Jadczak P., Kulpa D., Bihun M., Przewodowski W. 2019. Positive effect of AgNPs and AuNPs in *in vitro* cultures of *Lavandula angustifolia* Mill. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. DOI: 10.1007/s11240-019-01656-w (udział własny: 51%, opracowanie koncepcji badań, prowadzenie doświadczeń w kulturach *in vitro* oraz współudział w przeprowadzeniu analizy statystycznej wyników i pisanie publikacji).
2. Wesołowska A., Jadczak P., Kulpa D., Przewodowski W. 2019. Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) analysis of essential oils from AgNPs and AuNPs elicited *Lavandula angustifolia in vitro* cultures. Molecules DOI: 10.3390/molecules24030606 (udział własny: 40%, opracowanie koncepcji badań, prowadzenie doświadczeń w kulturach *in vitro* oraz współudział w przeprowadzeniu analizy statystycznej wyników i pisanie publikacji).
3. Jadczak P., Kulpa D., Drozd R., Przewodowski W., Przewodowska A. 2020. Effect of AuNPs and AgNPs on the antioxidant system and antioxidant activity of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) from *in vitro* cultures. Molecules DOI: 10.3390/molecules25235511 (udział własny: 50%, opracowanie koncepcji badań, prowadzenie doświadczeń w kulturach *in vitro* oraz współudział w przeprowadzeniu analizy statystycznej wyników i pisanie publikacji).
4. Jadczak P., Kulpa D. 2020. *Lavandula angustifolia* propagated in *in vitro* cultures on media containing AgNPs and AuNPs—an alternative to synthetic preservatives in cosmetics. Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis seria Agricultura, Alimentaria, Piscaria et Zootechnica. DOI: 10.21005/AAPZ2020.56.4.01 (udział własny: 60%, współpraca przy opracowaniu koncepcji badań, współudział w przeprowadzeniu analizy statystycznej wyników i pisanie publikacji).

Trzy pierwsze prace zostały opublikowane w renomowanych czasopismach indeksowanych w bazie Journal Citation Reports i posiadają łączny współczynnik oddziaływania  $IF = 8,863$ . Sumaryczna liczba punktów dla wszystkich publikacji wchodzących w skład rozprawy wynosi 420 punktów według listy czasopism MNiSW. Wszystkie prace opublikowane są w języku angielskim. W trzech publikacjach Doktorantka jest pierwszym autorem, a dołączone oświadczenia Doktorantki oraz współautorów wskazują na jej wiodącą rolę w opracowaniu koncepcji i hipotezy badawczej, zaplanowaniu i realizacji części eksperymentalnej, analizie statystycznej uzyskanych wyników oraz w przygotowaniu manuskryptu do publikacji.

Zebrane publikacje poprzedzone są wstępem połączonym z przeglądem literatury, ściśle powiązany z tematem pracy. Autorka bardzo precyzyjnie określa celowość podjętych badań, opisuje badany materiał i stosowane metody oraz zwięźle przedstawia otrzymane wyniki. Następnie kończy tę część rozprawy w postaci 12 wniosków. Ponadto zamieszczony jest spis literatury oraz streszczenia w języku polskim i języku angielskim. Do dysertacji dołączone są kopie czterech oryginalnych prac naukowych składających się na rozprawę doktorską oraz oświadczenia współautorów prac stanowiących podstawę recenzowanego doktoratu.

Należy podkreślić, iż prace wchodzące w skład rozprawy są obszerne, zawierają liczny materiał ilustracyjny, interesujące analizy statystyczne. Doktorantka wykazała się bardzo dobrą znajomością literatury przedmiotu, odpowiednio cytując ją w przedstawianych pracach. Dobór literatury do podejmowanych tematów badawczych świadczy o wysokiej umiejętności korzystania i rozumienia prac naukowych w języku angielskim.

Rozprawa doktorska przygotowana jest bardzo starannie zarówno pod względem językowym, jak i graficznym. Układ poszczególnych rozdziałów jest logiczny i przejrzysty. Treści zawarte w poszczególnych rozdziałach nie budzą żadnych zastrzeżeń i odpowiadają zamieszczonym tytułom.

### **Merytoryczna ocena rozprawy doktorskiej**

Oryginalne prace naukowe wchodzące w skład rozprawy doktorskiej zostały opublikowane w prestiżowych czasopismach naukowych, o czym świadczy ich Impact Factor oraz przyznane przez MNiSW punkty. Zostały one poddane ocenie kompetentnych recenzentów, dlatego trudno znaleźć poważniejsze uchybienia.

W publikacji nr 1 Doktorantka skupiła się na zbadaniu wpływu nanokolloidów zawierających nanocząsteczki złota lub srebra na rozwój roślin lawendy wąskolistnej



hodowanych w kulturach *in vitro*, w tym także ich wpływ na trichomy wydzielnicze, które są odpowiedzialne za sekrecję olejków eterycznych. Wykazała jednoznacznie możliwość otrzymania dużej ilości tkanek roślinnych lawendy z prawidłowo wykształconymi trichomami wydzielniczymi w wyniku namnażania ich w kulturach *in vitro* na pożywkach uzupełnionych nanokoloidami zawierającymi AgNPs i AuNPs. Rośliny namnażane na wymienionych pożywkach niezależnie od stężenia cechowały się większą świeżą masą, większą liczbą wykształconych pędów oraz dłuższym korzeniem. Dodanie do pożywek niskich stężeń AgNPs tj. 1 i 2 mg·dm<sup>-3</sup> nie wpływało na wysokość namnażanych roślin lawendy, zaś zwiększenie jego stężenia w pożywce (pow. 5 mg·dm<sup>-3</sup>) wpłynęło na ograniczenie wzrostu roślin i zmniejszenie liczny wykształconych trichomów wydzielniczych i jednocześnie stymulowało rozwój systemu korzeniowego.

Kolejnym zagadnieniem badawczym było określenie zawartości i składu olejku eterycznego (publikacja 2) oraz zawartości polifenoli ogółem (publikacja 3) w tkankach *Lavandula angustifolia* Mill. rosnącej na pożywkach z dodatkiem nanocząsteczek.

Olejek eteryczny jest głównym metabolitem wtórnym lawendy. W warunkach polowych najwięcej olejku lawendowego gromadzą rośliny w okresie kwitnienia. Dzięki kulturom *in vitro* istnieje możliwość produkowania cennego materiału roślinnego, wolnego od zanieczyszczeń w stosunkowo krótszym okresie czasu niż ma to miejsce w uprawach polowych. Analiza składu jakościowego i ilościowego olejku lawendowego z *Lavandula angustifolia* Mill. rosnącej na pożywkach wzbogaconych nanocząsteczkami złota bądź srebra wykazała zróżnicowanie udziału procentowego związków chemicznych w zależności od stężenia i rodzaju nanocząsteczek w pożywce. Obecność w pożywce nanocząsteczek złota i srebra powodowała zmniejszenie udziału związków o niższej masie cząsteczkowej ( $\alpha$ - i  $\beta$ -pinenu, kamfenu,  $\delta$ -3-karenu, p-cymenu, eucaliptolu i borneolu) oraz zwiększenie udziału związków o wyższej masie ( $\alpha$ -kadinolu, 9-cendranonu, kadalenu,  $\alpha$ -bisabololu, cis-14-nor-muurołu-5-en-4-one, oraz (E,E)-farnezolu). Bardzo interesujące był skład olejku lawendowego z roślin hodowanych na pożywkach kontrolnych, który okazał się bogatszy w takie związki jak:  $\alpha$ - i  $\beta$ -pinen, p-cymen, kamfen,  $\delta$ -3-karenu. Uzyskane wyniki mogą posłużyć jako wskazówka do otrzymywania olejku o określonym składzie chemicznym.

Ogólna zawartość polifenoli w *Lavandula angustifolia* Mill. była modyfikowana rodzajem nanocząsteczek dodawanych do pożywki oraz ich stężeniem w podłożu.

Analizowanym zagadnieniem badawczym w przedłożonej rozprawie było też określenie wpływu nanocząsteczek na aktywność enzymów antyoksydacyjnych (publikacja

3). Namnażanie lawendy na pożywkach z dodatkiem nanocząsteczek złota i srebra powodowało wzmożoną aktywność enzymów antyoksydacyjnych (peroksydaza antyaskorbinianowa i dysmutaza ponadtlenkowa) oraz obniżenie aktywności peroksydazy gwajakowej.

Następnym problemem badawczym, jakim zajęła się Doktorantka, była ocena możliwości wykorzystania wysuszonych i sproszkowanych tkanek *Lavandula angustifolia* Mill., elicytowanych w kulturach *in vitro* nanocząsteczkami złota i srebra, jako substancji konserwujących emulsje kosmetyczne (publikacja 4). Wyniki badań wskazują, iż fragmenty tkanki lawendy wąskolistnej pozyskane z podłoża wzbogacanych w  $1\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  AgNPs o wielkości cząstek 13 nm mogą zostać wykorzystane do konserwacji emulsji kosmetycznych o krótkim terminie przydatności.

### **Ocena końcowa**

Dysertacja doktorska Pani mgr inż. Pauli Jadczyk jest przygotowana z dbałością o stronę językową i edytorską. W całej pracy Doktorantka posługuje się precyzyjnym językiem naukowym oraz swobodnie porusza się w terminologii dotyczącej prezentowanych zagadnień.

W pracy znalazły się jedynie pewne nieścisłości, które nie pomniejszają wysokiej wartości merytorycznej recenzowanej pracy. Wśród nich można wymienić:

- str. 20 błąd we wniosku 2, gdzie słowo „wyższą” w stwierdzeniu: .....charakteryzowały się wyższą świeżą masą....należało by zastąpić słowem większą, które jest bardziej adekwatne do

masy

- str. 30, 9.Jednotematyczny cykl publikacji – można dodać numery czasopism oraz strony, mimo widniejących numerów DOI

- str. 30, 9.Jednotematyczny cykl publikacji – przy publikacji 4 rok wydania przesunięty został za tytuł artykułu.

Podsumowując, przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Pauli Jadczyk, pt. „Wpływ nanokolloidów złota i srebra na produkcję metabolitów wtórnych w kulturach *in vitro* lawendy wąskolistnej (*Lavandula angustifolia* Mill.)” jest bardzo interesująca, ma charakter aplikacyjny, udowadnia zasadność prowadzenia dalszych badań w obszarze wykorzystania nanocząsteczek złota i srebra do produkcji wysokiej jakości materiału roślinnego z zastosowaniem w przemyśle kosmetycznym jako naturalnego środka konserwującego.

Doktorantka na podstawie precyzyjnie zaplanowanych oraz starannie

przeprowadzonych eksperymentów wykazała użyteczność wybranych metod.

Rozprawa doktorska została wykonana w dyscyplinie naukowej ogrodnictwo.

Stwierdzam, że przedstawiona do oceny rozprawa doktorska jest oryginalnym i wartościowym osiągnięciem naukowym oraz spełnia wymagania określone na podstawie art. 179 ust. 1 i 3 pkt 2b ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1669, późn. zm.) w związku z art. 14 ust. 2 pkt 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jedn. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789, późn. zm.).

Wniosuję do Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie o przyjęcie rozprawy doktorskiej mgr inż. Pauli Jadczak i dopuszczenie jej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Ze względu na istotne walory oryginalności naukowej oraz mając na uwadze wysoką jakość uzyskanych wyników i wiodącą rolę Doktorantki w powstawaniu publikacji naukowych wnoszę do Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie o wyróżnienie pracy doktorskiej.

Dr hab. Grażyna Zawisłak

