

# PRZEGLĄD TOKSYN WYSTĘPUJĄCYCH W GRZYBACH

## OVERVIEW OF MUSHROOM TOXINS

**Piotr Najgebauer<sup>1\*</sup>, Monika Staś-Bobis<sup>1</sup>,  
Teobald Kupka<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Uniwersytet Opolski, Wydział Chemii, ul. Oleska 48, 45-052 Opole  
\*e-mail: 122217@student.uni.opole.pl

---

### Abstract

Wykaz stosowanych symboli i oznaczeń

Wprowadzenie

- Przeгляд toksyn grzybowych
  - Podstawowa charakterystyka toksyn grzybowych
- Opisy wybranych toksyn
  - Neurotoksyny
    - Kwas ibotenowy i muscymol
    - Muskaryna
    - Kwas akromelowy
    - Psylocybina i psylocyna, aeruginascyna, bufotenina, baecystyna, norbaecystyna
  - Nefrotoksyny
    - Orelanina
    - Kwas 2-amino-4,5-heksadienowy
  - Hepatotoksyny
    - Amatoksyny, phollotoksyny i wirotoksyny
  - Hepatotoksyny
    - Gyromitryna
  - Miostatyny
    - Kwas cycloprop-2-enokarboksylowy

Uwagi końcowe

Podziękowania

Piśmiennictwo cytowane

---

**Piotr Najgebauer** ukończył studia magisterskie na kierunku chemia na Uniwersytecie Opolskim. Prace inżynierską oraz magisterską wykonał w Zakładzie Chemii Fizycznej i Modelowania Molekularnego.



<https://orcid.org/0000-0001-5322-9894>

**dr Monika Staś-Bobis** Studia doktoranckie na Wydziale Chemii Uniwersytetu Opolskiego. Praca doktorska na temat: "Właściwości konformacyjne oksazoloaminokwasów". 2-miesięczny staż w Narodowym Uniwersytecie Dong Hwa, Hualien, Tajwan oraz miesięczny staż w Instytucie Chemii Fizycznej i Teoretycznej Politechniki w Graz, Austria. Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, 2-letni staż podoktorski w Instytucie Chemii Organicznej i Biochemii Czeskiej Akademii Nauk w Pradze. Od 2019 adiunkt na Wydziale Chemii Uniwersytetu Opolskiego, Członek Polskiego Towarzystwa Chemicznego. Zainteresowania naukowe to modyfikacje łańcucha głównego peptydów i ich wpływ na właściwości tych związków.



<https://orcid.org/0000-0002-7854-0141>

**Prof. dr hab. Teobald Kupka** (rocznik 1954) rozpoczął swoją przygodę z chemią w ostatniej klasie szkoły podstawowej. Magister chemii (1979, Instytut Chemii Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach). Od 1980 pracował w zespole profesora Jana Olgierda Dziegielewskiego (UŚI). W latach 90-tych przebywał w Grecji (University of Ioannina, NATO Expert Visit). Od 1998 pracował w University of Waterloo, w latach 2001-2005 w Argonne National Laboratory (Chicago) i Academia Sinica, Taiwan (2005-2006).

Od 2014 współorganizował coroczne konferencje międzynarodowe w Opolu, Tajpei i Wuhan (Polish-Taiwanese Conference "From molecular modeling to nano- and biotechnology" i podobne).

Zainteresowania naukowe: badania eksperymentalne (NMR, IR/R) i teoretyczne (modelowanie molekularne). Promotor 4 doktoratów (3 w trakcie). Opublikował 121 publikacji 2000 cytowań, szereg rozdziałów w książkach, 1 patent, Hirsch 28.



<https://orcid.org/0000-0002-6252-3822>

## ABSTRACT

Mushroom toxins are diversified range of toxic chemical compounds. They vary significantly not only in structures but also in toxicity and level of risk they pose. Some, such as amatoxins, are lethal, while others, like psilocybin are intentionally used as hallucinogens. Certain toxins, such as coprine, may be harmful only under specific conditions. Despite centuries of awareness regarding the potential toxicity of mushrooms, intoxications resulting from mushroom consumption still occur.

In this review, our aim is to provide an overview of the mushroom toxins. The first part of this work presents the overview of mushroom toxins, detailing their basic features such as structures and toxicity, along with mushroom species in which they occur. In the second part of this article, we describe selected toxins grouped by their toxicity, into five categories: neurotoxins, hepatotoxins, cytotoxins, nephrotoxins and myostatins.

Keywords: mushroom toxins, mycotoxins, poisonous mushroom, toxic compounds, biologically active compounds

Słowa kluczowe: toksyny grzybów, mykotoksyny, grzyby trujące, substancje toksyczne, związki biologicznie czynne

---

---

**WYKAZ STOSOWANYCH SKRÓTÓW**

Muscymol [forma NH] – 5-aminometylo 1,2-oksazol-3-on  
Muscymol forma OH] – 5-aminometylo 1,2-oksazol-3-ol  
Muscymol [jon obojnaczy] – 1,2-oksazol-3-an aminometylu

## WPROWADZENIE

Grzyby mają zauważalny udział w diecie większości kultur. Popularność swą zawdzięczają zarówno walorom smakowym, odżywczym, jak i przyzwyczajeniom kulturowym. Faktem znanym od stuleci jest, iż niektóre ich gatunki są toksyczne dla człowieka, mimo to nadal zdarzają się zatrucia grzybami [1]. Część z nich, jak muchomor czerwony (*Amanita muscaria*) jest bardzo szeroko rozpoznawalna, (choć akurat wspomniany gatunek nie należy do szczególnie niebezpiecznych, w odróżnieniu od swego krewniaka – muchomora zielonawego (*Amanita phalloides*) [2, 3]).

Toksyny grzybów towarzyszą ludziom od zarania dziejów. Stanowią głównie zagrożenie dla amatorów grzybów leśnych oraz są źródłem dolegliwości, takich jak mdłości [4], wymioty [5], ból brzucha, biegunka [6] czy nawet przyczyną śmierci [1]. Celem prezentowanej pracy jest charakterystyka toksyn występujących w grzybach kapeluszowych, które zostały opisane w literaturze naukowej (podanej w poniższej Tabeli 1). Do każdego związku dołączono jego strukturę, gatunek grzyba, z którego były wyizolowane oraz jaki rodzaj toksyczności wykazują. Wybrane z nich zostały także omówione w nieco szerszym zakresie. Przedstawione zestawienie może stać się źródłem inspiracji do pogłębiania wiedzy na temat toksyn grzybów, ich mechanizmu działania oraz możliwości ich wykorzystania jako potencjalnych leków.

## 1. PRZEGLĄD TOKSYN GRZYBOWYCH

### 1.1. PODSTAWOWA CHARAKTERYSTYKA TOKSYN GRZYBÓW

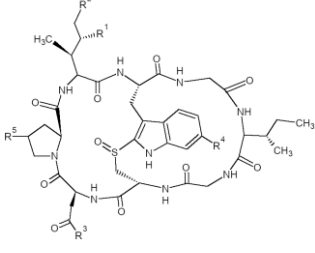
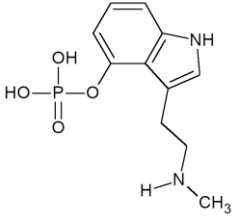
Do najważniejszych elementów charakterystyki toksyn należy rodzaj ich toksyczności. Informuje on jak wpływa dana toksyna na organizm ludzki. Wśród toksyn można wyróżnić między innymi neurotoksyny (oddziałujące na układ nerwowy), hepatotoksyny (oddziałujące na wątrobę), nefrotoksyny (oddziałujące na nerki) i miotoksyny (oddziałujące na mięśnie).

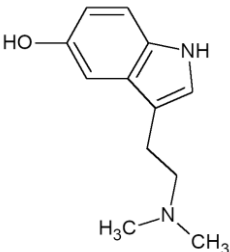
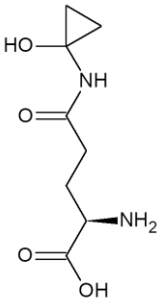
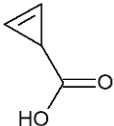
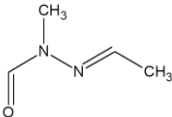
W Tabeli 1 przedstawiono zestawienie toksyn grzybów kapeluszowych wraz z rodzajem toksyczności jakie wykazują oraz gatunki grzybów, które je produkują.

Tabela 1. Zestawienie toksyn występujących w grzybach: nazwy i struktury, toksyczność, gatunki grzybów, wykazujących ich obecność oraz piśmiennictwo

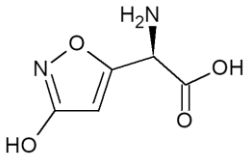
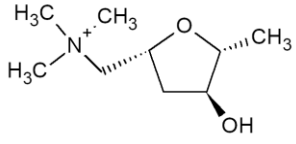
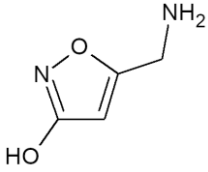
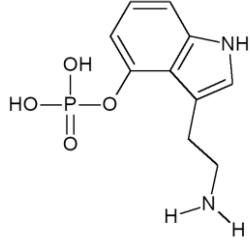
Table 1. Mushroom toxins: their names and structures, toxicity, mushroom species showing their presence and bibliography

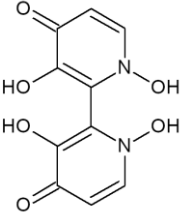
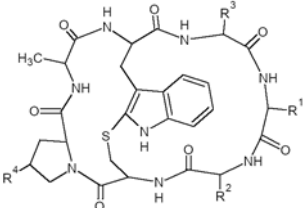
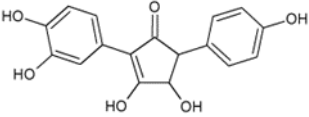
Toksyna	Rodzaj toksyczności	Występowanie-gatunki grzybów	Odnośniki literaturowe
<p>Kwas akromelowy (A)</p> <p>The structure shows a central five-membered imidazole ring. At the 2-position, there is a carboxylic acid group (-COOH). At the 4-position, there is a side chain consisting of a methylene group (-CH2-), a chiral center with a hydroxyl group (-OH) and a propionic acid group (-CH2-CH2-COOH), and a nitrogen atom with a hydrogen atom (-NH-).</p>	Neurotoksyna	<i>Clitocybe acromelalga</i> , <i>Paralepistopsis acromelalga</i> , <i>Paralepistopsis amoenolens</i>	[7-11]
<p>Aeruginascyna</p> <p>The structure features an indole ring system. At the 3-position of the indole, there is a phosphate group (-O-P(=O)(OH)-). At the 2-position, there is a propyl chain (-CH2-CH2-CH2-) that terminates in a trimethylammonium group (-N+(CH3)3).</p>	Neurotoksyna	<i>Pholiotina cyanopus</i> , <i>Inocybe corydalina</i> , <i>Pluteus americanus</i> , <i>Pluteus glaucotinctus</i> , <i>Pluteus salicinus</i> , <i>Psilocybe caerulipes</i> , <i>Psilocybe cubensis</i> , <i>Psilocybe cyanescens</i> , <i>Psilocybe mexicana</i> , <i>Psilocybe ovoideocystidiata</i> , <i>Psilocybe semilanceata</i> , <i>Psilocybe zapotecorum</i>	[12-16]
<p>Kwas 2-amino-4,5-heksadienowy</p> <p>The structure is a six-carbon chain with a carboxylic acid group (-COOH) at C1, an amino group (-NH2) at C2, and a terminal vinyl group (-CH=CH2) at C6.</p>	Nefrotoksyna	<i>Amanita smithiana</i> , <i>Amanita proxima</i> , <i>Amanita pseudoporphyria</i> , <i>Amanita neoovoidea</i>	[17-19]

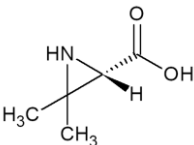
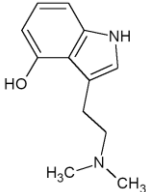
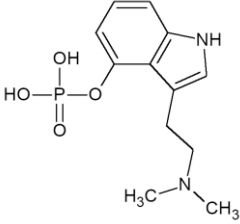
<p>Amatoksyny</p> <p><math>\alpha</math>-amanityna - <math>R_1=OH</math>, <math>R_2=OH</math>,  <math>R_3=NH_2</math>, <math>R_4=OH</math>, <math>R_5=OH</math></p> <p><math>\beta</math>-amanityna - <math>R_1=OH</math>, <math>R_2=OH</math>,  <math>R_3=OH</math>, <math>R_4=OH</math>, <math>R_5=OH</math></p> <p><math>\gamma</math>-amanityna - <math>R_1=H</math>, <math>R_2=OH</math>,  <math>R_3=NH_2</math>, <math>R_4=OH</math>, <math>R_5=OH</math></p> <p><math>\epsilon</math>-amanityna - <math>R_1=H</math>, <math>R_2=OH</math>,  <math>R_3=OH</math>, <math>R_4=OH</math>, <math>R_5=OH</math></p> <p>Amanina - <math>R_1=OH</math>, <math>R_2=OH</math>,  <math>R_3=OH</math>, <math>R_4=H</math>, <math>R_5=OH</math></p> <p>Amaninamid - <math>R_1=OH</math>, <math>R_2=OH</math>,  <math>R_3=NH_2</math>, <math>R_4=H</math>, <math>R_5=OH</math></p> <p>Amanullina - <math>R_1=H</math>, <math>R_2=H</math>,  <math>R_3=NH_2</math>, <math>R_4=OH</math>, <math>R_5=OH</math></p> <p>Kwas amanullinowy - <math>R_1=H</math>, <math>R_2=H</math>,  <math>R_3=NH_2</math>, <math>R_4=OH</math>, <math>R_5=OH</math></p> <p>Proamanullina - <math>R_1=H</math>, <math>R_2=H</math>,  <math>R_3=NH_2</math>, <math>R_4=OH</math>, <math>R_5=H</math></p> 	<p>Cytotoksyny, Hepatotoksyny</p>	<p><i>Amanita virosa</i>,  <i>Amanita bisporigera</i>,  <i>Amanita exitialis</i>,  <i>Amanita subjunquillea</i>,  <i>Amanita fuliginea</i>,  <i>Amanita phalloides</i>,  <i>Amanita verna</i>,  <i>Amanita ocreata</i>,  <i>Amanita bisporidea</i>,  <i>Lepiota brunneoincarnata</i>,  <i>Lepiota josserandii</i>,  <i>Lepiota subincarnata</i>,  <i>Lepiota helveola</i>,  <i>Lepiota castanea</i>,  <i>Galerina marginata</i></p>	<p>[2, 19-35]</p>
<p>Baeocystyna</p> 	<p>Neurotoksyna</p>	<p><i>Psilocybe germanica</i>,  <i>Psilocybe semilanceata</i>,  <i>Inocybe aeruginascens</i>,  <i>Psilocybe cubensis</i>,  <i>Psilocybe cyanescens</i>,  <i>Pholiotina cyanopus</i>,  <i>Inocybe corydalina</i>,  <i>Gymnopilus dilepis</i>,  <i>Panaeolus cinctulus</i>,  <i>Pholiotina cyanopus</i>,  <i>Pluteus americanus</i>,  <i>Pluteus glaucotinctus</i>,  <i>Pluteus salicinus</i>,  <i>Psilocybe baeocystis</i>,</p>	<p>[12-16, 36-39]</p>

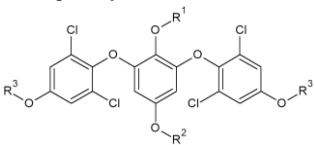
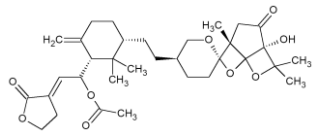
		<i>Psilocybe caerulipes</i> , <i>Psilocybe medullosa</i> , <i>Psilocybe mexicana</i> , <i>Psilocybe ovoideocystidiata</i> , <i>Psilocybe serbica</i> , <i>Psilocybe subaeruginosa</i> , <i>Psilocybe zapotecorum</i>	
Bufotenina 	Neurotoksyna	<i>Amanita citrina</i> , <i>Amanita porphyria</i> , <i>Amanita tomentella</i>	[13, 40]
Kopryna* 	*Nie jest sama w sobie toksyczna. Jest jednak inhibitorem dehydrogenazy acetaldehydowe, wskutek czego, spożyta wraz z alkoholem, wywołuje zatrucie aldehydem octowym.	<i>Coprinopsis atramentaria</i> , <i>Coprinellus micaceus</i> , <i>Coprinus comatus</i>	[41-43]
Kwas cycloprop-2-enokarboksyłowy 	Miostatyna	<i>Russula subnigricans</i>	[44-46]
Gyromitryna (hydrolizowana do monometylohydrazyny) 	Hepatotoksyna, Neurotoksyna, Kancerogen	<i>Gyromitra esculenta</i> , <i>Gyromitra gigas</i> , <i>Gyromitra fastigiata</i> ,	[47-56]

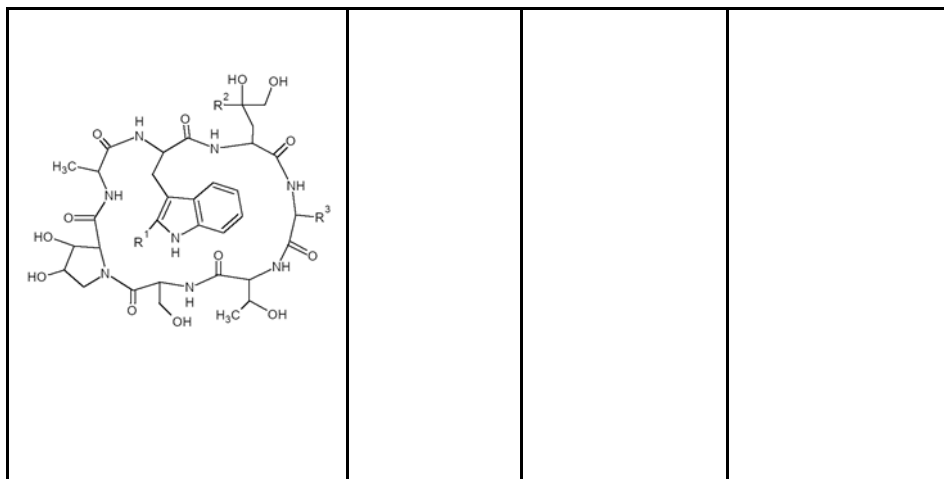


<p>Kwas ibotenowy</p> 	Neurotoksyna	<p><i>Amanita muscaria</i>, <i>Amanita regalis</i>, <i>Amanita pantherina</i></p>	[57-60]
<p>Muskaryna</p> 	Neurotoksyna	<p><i>Amanita muscaria</i>, <i>Inocybe serotina</i>, <i>Clitocybe serussata</i>, <i>Clitocybe dealbata</i>, <i>Clitocybe phyllophilla</i>, <i>Clitocybe rivulosa</i></p>	[61, 62]
<p>Muscymol</p> 	Neurotoksyna	<p><i>Amanita muscaria</i>, <i>Amanita pantherina</i>, <i>Amanita regalis</i></p>	[37, 63-70]
<p>Norbaeocystyna</p> 	Neurotoksyna	<p><i>Pholiotina cyanopus</i>, <i>Inocybe corydalina</i>, <i>Panaeolus cinctulus</i>, <i>Pluteus americanus</i>, <i>Pluteus glaucotinctus</i>, <i>Pluteus salicinus</i>, <i>Psilocybe baeocystis</i>, <i>Psilocybe caerulipes</i>, <i>Psilocybe cubensis</i>, <i>Psilocybe cyanescens</i>, <i>Psilocybe medullosa</i>, <i>Psilocybe mexicana</i>, <i>Psilocybe ovoideocystidiata</i>, <i>Psilocybe semilanceata</i>, <i>Psilocybe serbica</i>, <i>Psilocybe zapotecorum</i></p>	[12-16, 37, 38]

<p>Orelanina</p> 	<p>Nefrotoksyna</p>	<p><i>Cortinarius orellanum</i>, <i>Cortinarius henrici</i>, <i>Cortinarius orellanoides</i>, <i>Cortinarius speciosissimus</i>, <i>Cortinarius rainierensis</i> <i>Cortinarius rubellus</i>,</p>	<p>[71-74]</p>
<p>Fallotoksyny</p> <p>Falloina - <math>R_1=CH_3</math>, <math>R_2=CH(OH)CH_3</math>, <math>R_3=CH_2(CH_3)_2OH</math>, <math>R_4=OH</math></p> <p>Falloidyna - <math>R_1=CH_3</math>, <math>R_2=CH(OH)CH_3</math>, <math>R_3=CH_2C(CH_3, CH_2OH)_2OH</math>, <math>R_4=OH</math></p> <p>Fallisyna - <math>R_1=CH_3</math>, <math>R_2=CH(OH)CH_3</math>, <math>R_3=CH_2C(CH_2OH)_2OH</math>, <math>R_4=OH</math></p> <p>Fallacyna - <math>R_1=CH(CH_3)_2</math>, <math>R_2=CH(OH)COOH</math>, <math>R_3=CH_2C(CH_3)_2OH</math>, <math>R_4=OH</math></p> <p>Fallacydyna - <math>R_1=CH(CH_3)_2</math>, <math>R_2=CH(OH)COOH</math>, <math>R_3=CH_2C(CH_3, CH_2OH)_2OH</math>, <math>R_4=OH</math></p> <p>Fallisacyna - <math>R_1=CH(CH_3)_2</math>, <math>R_2=CH(OH)COOH</math>, <math>R_3=CH_2C(CH_2OH)_2OH</math>, <math>R_4=OH</math></p> <p>Fallina - B <math>R_1=CH_2Ph</math>, <math>R_2=CH(OH)CH_3</math>, <math>R_3=CH_2C(CH_3)_2OH</math>, <math>R_4=H</math></p> <p>Profalloina - <math>R_1=CH_3</math>, <math>R_2=CH(OH)CH_3</math>, <math>R_3=CH_2C(CH_3)_2OH</math>, <math>R_4=H</math></p> 	<p>Cytotoksyna, hepatotoksyna</p>	<p><i>Amanita virosa</i>, <i>Amanita subjunquillea</i>, <i>Amanita fuliginea</i>, <i>Amanita phalloides</i>,</p>	<p>[27, 29, 75-78]</p>
<p>Inwolotyna</p> 	<p>Hemotoksyna</p>	<p><i>Paxillus involutus</i></p>	<p>[6, 79-82]</p>

<p>Pleurocybellazyrydyna**</p>  <p>The structure shows a five-membered ring with a nitrogen atom (HN) and two methyl groups (H<sub>3</sub>C and CH<sub>3</sub>). A carboxylic acid group (-COOH) is attached to the ring, with the hydrogen atom shown with a dashed bond.</p>	Neurotoksyna	<i>Pleurocybella porrigens</i>	[83]
<p>Psilocyna</p>  <p>The structure shows a 5-hydroxytryptamine derivative with a dimethylaminoethyl side chain. The indole ring has a hydroxyl group at the 5-position and a dimethylaminoethyl group at the 3-position.</p>	Neurotoksyna	<i>Psilocybe bohemica</i> , <i>Psilocybe cubensis</i> , <i>Psilocybe cyanescens</i> , <i>Pholiotina cyanopus</i> , <i>Gymnopilus dilepis</i> , <i>Inocybe aeruginascens</i> , <i>Inocybe corydalina</i> , <i>Panaeolus cinctulus</i> , <i>Pluteus americanus</i> , <i>Pluteus glaucotinctus</i> , <i>Pluteus salicinus</i> , <i>Psilocybe caerulescens</i> , <i>Psilocybe caerulipes</i> , <i>Psilocybe medullosa</i> , <i>Psilocybe mexicana</i> , <i>Psilocybe ovoideocystidiata</i> , <i>Psilocybe semilanceata</i> , <i>Psilocybe serbica</i> , <i>Psilocybe subaeruginosa</i> , <i>Psilocybe zapotecorum</i>	[12, 13, 15, 16, 36, 37, 57]
<p>Psylocybina</p>  <p>The structure shows a 5-phosphoryltryptamine derivative with a dimethylaminoethyl side chain. The indole ring has a phosphoryl group (-O-P(=O)(OH)<sub>2</sub>) at the 5-position and a dimethylaminoethyl group at the 3-position.</p>	Neurotoksyna	<i>Psilocybe semilanceata</i> , <i>Inocybe aeruginascens</i> , <i>Psilocybe bohemica</i> , <i>Psilocybe cubensis</i> , <i>Psilocybe cyanescens</i> , <i>Gymnopilus dilepis</i> , <i>Inocybe corydalina</i> , <i>Panaeolus cinctulus</i> , <i>Pholiotina cyanopus</i> ,	[13, 15, 16, 36, 37]

		<i>Pluteus americanus</i> , <i>Pluteus glaucotinctus</i> , <i>Pluteus salicinus</i> , <i>Psilocybe caerulescens</i> , <i>Psilocybe caerulipes</i> , <i>Psilocybe cubensis</i> , <i>Psilocybe cyanescens</i> , <i>Psilocybe medullosa</i> , <i>Psilocybe mexicana</i> , <i>Psilocybe ovoideocystidiata</i> , <i>Psilocybe semilanceata</i> , <i>Psilocybe serbica</i> , <i>Psilocybe subaeruginosa</i> , <i>Psilocybe zapotecorum</i>	
<p>Russupheliny</p> 	Cytotoksyny	<i>Russula subnigricans</i>	[84-86]
<p>Saponacolidy</p> 	Miotoksyna	<i>Tricholoma terreum</i> , <i>Tricholoma equestre</i>	[87]
<p>Virotoksyny</p> <p>Viroidyna - R<sub>1</sub>=SO<sub>2</sub>, R<sub>2</sub>=CH<sub>3</sub>*C(R),  R<sub>3</sub>=CH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub></p> <p>Alloviroidyna - R<sub>1</sub>=SO<sub>2</sub>,  R<sub>2</sub>=CH<sub>3</sub>*C(S), R<sub>3</sub>=CH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub></p> <p>Desoxoviroidyna - R<sub>1</sub>=SO<sub>2</sub>,  R<sub>2</sub>=CH<sub>3</sub>, R<sub>3</sub>=CH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub></p> <p>α-viroidyna - R<sub>1</sub>=SO<sub>2</sub>, R<sub>2</sub>=CH<sub>3</sub>,  R<sub>3</sub>=CH<sub>3</sub></p> <p>viroizyna- R<sub>1</sub>=SO<sub>2</sub>, R<sub>2</sub>=CH<sub>2</sub>OH,  R<sub>3</sub>=CH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub></p>	Cytotoksyna, hepatotoksyna	<i>Amanita virosa</i> , <i>Amanita phalloides</i>	[88-96]



## 2. OPISY WYBRANYCH TOKSYN

### 2.1. NEUROTOKSYNY

#### 2.1.1. Kwas ibotenowy i muscymol

Kwas ibotenowy jest substancją o heterocyklicznym pierścieniu izoksazolowym. Jego biosynteza obejmuje zamknięcie pierścienia i dekarboksylację kwasu  $\beta$ -hydroksyglutaminowego [57]. Kwas ibotenowy jest nieselektywnym agonistą receptorów kwasu glutaminowego, będącego jednym z neuroprzekaźników, co wynika z faktu, iż struktury obu związków są podobne [58] oraz ze zdolności kwasu ibotenowego do przenikania bariery krew-mózg [60]. Z tego powodu jest on wykorzystywany do lezji, mających na celu dokładniejsze zbadanie i lepsze zrozumienie działania ośrodkowego układu nerwowego [59].

Muscymol jest produktem dekarboksylacji kwasu ibotenowego [97], występującym w trzech formach tautomerycznych [65]. Są to 5-aminometylo 1,2-oksazol-3-on [forma NH], 5-aminometylo 1,2-oksazol-3-ol [forma OH] oraz 1,2-oksazol-3-an aminometylu [jon obojnaczy]. Wykazuje on działanie neurotoksyczne wynikające z jego budowy oraz zdolności do pokonywania bariery krew-mózg. Muscymol zalicza się do analogów strukturalnych kwasu  $\gamma$ -aminomasłowego (GABA) [66], przez co oddziałuje jako agonista na receptory tego neuroprzekaźnika [69]. Wspomniana neurotoksyczność czyni go interesującym obiektem badań z dziedziny medycyny, jak na przykład terapia choroby Alzheimera [67] czy epilepsji [68]. Od wieków był też wykorzystywany jako środek halucynogeny [70].

### 2.1.3 Muskaryna

Muskaryna jest związkiem o heterocyklicznym pierścieniu furanowym, jak też czwartorzędową solą amoniową. Jest ona nieselektywnym agonistą receptorów muskarynowych [61], co wynika ze strukturalnego podobieństwa muskaryny do acetylocholino, będącej jednym z neuroprzekaźników. Nie jest ona zdolna do przenikania bariery krew-mózg, jednak wykazuje znaczną trwałość [62]. Z racji efektów ubocznych nie jest stosowana w medycynie, choć znajduje zastosowanie w badaniu szlaków sygnałowych [98].

### 2.1.4 Kwas akromelowy

Kwas akromelowy jest związkiem zaliczającym się do kainoidów, są trzy odmiany tego kwasu A, B i C. Oddziałuje on na receptory glutaminowe jako ich agonista, podobnie jak kwas kainowy, od którego jest znacznie silniejszy [9].

### 2.1.4 Psylocybina i psylocyna, aeruginascyna, bufotenina, baeocystyna, norbaeocystyna

Psylocybina (oraz psylocyna, będąca produktem jej defosforylacji), a także aeruginascyna, bufotenina, baeocystyna i norbaeocystyna są alkaloidami tryptaminowymi [12, 36, 39]. Oddziałują one agonistycznie z receptorami 5-hydroksytryptaminowymi, co wynika z ich strukturalnego podobieństwa do serotoniny, będącej jednym z neuroprzekaźników [37]. Są one zdolne do przenikania bariery krew-mózg. Ich aktywność biologiczna mogłaby potencjalnie znaleźć zastosowanie w terapii stanów lękowych czy depresyjnych [99]. Od wieków stosowane są one jako środki halucynogenne [37].

## 2.2. NEFROTOKSYNY

### 2.2.1. Orelanina

Orelanina jest związkiem o dwóch heterocyklicznych pierścieniach pirydynowych. Jest ona nefrotoksyną, działającą z dużym opóźnieniem. Dokładny mechanizm jej działania nie jest znany, choć może wynikać z jej struktury - bipyridyny. Inne związki z tej grupy, stosowane między innymi jako herbicydy, np. parakwat, mogą ulegać redukcji do rodników, a następnie utlenieniu do rodni-

ków nadtlenkowych [71]. Prowadzić może do niewydolności nerek, trwałego uszkodzenia tego organu, w tym wymagającego jego transplantacji [72].

### **2.2.2. Kwas 2-amino-4,5-heksadienowy**

Kwas 2-amino-4,5-heksadienowy jest nefrotoksyną, lecz, inaczej niż w przypadku orelaniny objawy zatrucia nim pojawiają się dość szybko. Prowadzić może do ciężkiego, choć odwracalnego uszkodzenia nerek wskutek zapalenia nerek [17-19].

## **2.3. HEPATOTOKSYNY**

### **2.3.1. Amatoksyny, fallotoksyny i wirotoksyny**

Amatoksyny, fallotoksyny oraz wirotoksyny należą do oligopeptydów cyklicznych.

Amatoksyny zawierają w swej strukturze 8 grup aminokwasowych oraz są bicykliczne. Są inhibitorami polimerazy RNA (przede wszystkim typu II), przez co wykazują działanie cytotoksyczne [94, 96], zaś najpoważniej uszkodzonym organem jest wątroba.

Fallotoksyny zawierają w swojej strukturze 7 grup aminokwasowych [95] oraz są bicykliczne. Działają one stabilizująco na filamenty F-aktynowe oraz stymulują polimeryzację G-aktyny [90]. Działają szybciej niż amatoksyny, ale są mniej groźne [92].

Wirotoksyny są z kolei monocyklicznymi pentapeptydami. Podobnie jak fallotoksyny, działają stabilizująco na filamenty F-aktynowe oraz stymulują polimeryzację G-aktyny [90]. Działają szybciej niż amatoksyny, ale są mniej groźne [92].

## **2.4. CYTOTOKSYNY**

### **2.4.1. Gyromitryna**

Giromitryna, ze względu na swoją strukturę, łatwo hydrolizuje do monometylohydrazyny, przez co wykazuje toksyczność w kilku obszarach. Działa zarówno hepatotoksycznie [49] jak i neurotoksycznie [47], przejawia też działanie kancerogenne [55].

## 2.5. MIOSTATYNY

### 2.4.1. Kwas cycloprop-2-enokarboksylowy

Kwas cycloprop-2-enokarboksylowy wywołuje rabdomiolizę [44, 46]. Jest ona rezultatem wzrostu stężenia jonów wapnia we wnętrzu komórek mięśniowych wskutek zużycia w nich ATP, co skutkuje rozpadem tychże komórek. Zwykle objawy zatrucia obejmują ból w klatce piersiowej, bóle mięśni, mdłości, torsje [45].

## UWAGI KOŃCOWE

Toksyny wytwarzane przez grzyby to liczna i zróżnicowana pod wieloma względami grupa związków. Bardzo zróżnicowane jest także stwarzane przez nie zagrożenie oraz jego charakter.

Do najgroźniejszych dla życia i zdrowia należą cykliczne oligopeptydy, a zwłaszcza amatoksyny. W porównaniu z innymi toksynami toksycznymi związkami wytwarzanymi przez grzyby kapeluszowe, stwarzają wyższe ryzyko zgonu lub spowodowania poważnego uszczerbku na zdrowiu, na czele z uszkodzeniem wątroby w stopniu tak znacznym, iż często konieczna jest transplantacja tego organu.

Inaczej przedstawia się sytuacja w przypadku neurotoksyn. Rzadko wywołują one śmiertelne zatrucia, co jednak nie oznacza, iż nie stanowią zagrożenia, choć innego rodzaju. Wiele z nich, będąc analogami neuroprzekaźników, wykazują działanie psychoaktywne, halucynogenne. Z tego powodu zawierające je grzyby są często spożywane intencjonalnie. Choć zjawisko to nie jest niczym nowym, wykorzystywano je bowiem w ten sposób od wieków, w różnych kulturach, to obecnie przybiera ono na sile.

## PODZIĘKOWANIE

Dla upamiętnienia 60-lecia funkcjonowania kierunku Chemia na Uniwersytecie Opolskim oraz jego poprzednim wcieleniu, Wyższej Szkole Pedagogicznej im. Powstańców Śląskich w Opolu.

## PIŚMIENNICTWO CYTOWANE

- [1] E.M. Meisel, B. Morgan, M. Schwartz, Z. Kazzi, H. Cetin, A. Sahin, *Wilderness Environ. Med.*, 2022, **33**, 412.
- [2] J. Garcia, V.M. Costa, A. Carvalho, P. Baptista, P.G. de Pinho, M. de Lourdes Bastos, F. Carvalho, *Food Chem. Toxicol.*, 2015, **86**, 41.
- [3] S. Dluholucký, M. Snitková, M. Knapková, M. Cibirová, Z. Mydlová, *Toxicon*, 2022, **219**, 106927.



- [4] F.I. Rampolli, P. Kamler, C. Carnevale Carlino, F. Bedussi, *Eur. J. Intern. Med.*, 2021, **8**, 002212.
- [5] M. Łukasik-Głębocka, A. Druzd, M. Naskret, *Przegl. Lek.*, 2011, **68**, 449.
- [6] R. Wennig, F. Eyer, A. Schaper, T. Zilker, H. Andresen-Streichert, *Dtsch. Arztebl. Int.*, 2020, **117**, 701.
- [7] K. Konno, K. Hashimoto, Y. Ohfune, H. Shirahama, T. Matsumoto, *J. Am. Chem. Soc.*, 1988, **110**, 4807.
- [8] Y. Ishida, H. Ouchi, T. Kan, H. Shinohara, K. Nakajima, Y. Nagaoka, *Shokuhin Eiseigaku Zasshi*, 2022, **63**, 79.
- [9] S.X. Lin, M.A. Curtis, J. Sperry, *Biorg. Med. Chem.*, 2020, **28**, 115820.
- [10] D.B. Sattelle, M.-I. Sepúlveda, H. Shinozaki, M. Ishida, *Arch. Insect Biochem. Physiol.*, 1994, **25**, 87.
- [11] S. Funayama, G.A. Cordell, *Alkaloids: A Treasury of Poisons and Medicines.*, Academic Press, Cambridge, 2014.
- [12] M. Halama, A. Poliwooda, I. Jasicka-Misiak, P.P. Wiczorek, R. Rutkowski, *Open Life Sciences*, 2014, **10**, 40.
- [13] C. Lenz, A. Sherwood, R. Kargbo, D. Hoffmeister, *ChemPlusChem*, 2021, **86**, 28.
- [14] A.M. Sherwood, A.L. Halberstadt, A.K. Klein, J.D. McCorvy, K.W. Kaylo, R.B. Kargbo, P. Meisenheimer, *J. Nat. Prod.*, 2020, **83**, 461.
- [15] K. Gotvaldová, J. Borovička, K. Hájková, P. Cihlářová, A. Rockefeller, M. Kuchař, *Int. J. Mol. Sci.*, 2022, **23**, 14068.
- [16] K. Gotvaldová, K. Hájková, J. Borovička, R. Jurok, P. Cihlářová, M. Kuchař, *Drug Test. Anal.*, 2021, **13**, 439.
- [17] M. Kirchmair, P. Carrilho, R. Pfab, B. Haberl, J. Felgueiras, F. Carvalho, J. Cardoso, I. Melo, J. Vinhas, S. Neuhauser, *Nephrol. Dial. Transplant.*, 2011, **27**, 1380.
- [18] A. Mancini, F. Assisi, S. Balestreri, P. Angelini, M. Bozzi, C. Cuzzola, F. Davanzo, V. Giancaspro, E. Laraia, M.T. Nisi, A. Proscia, G. Tarantino, O. Vitale, F. Petrarulo, *G. Ital. Nefrol.*, 2015, **32**,
- [19] L. Gussow, *Emerg. Med. News*, 2008, **30**, 18.
- [20] J. Wu, X. Gong, Z. Hu, Q. Sun, *BMC Surg.*, 2021, **21**, 436.
- [21] F. Enjalbert, S. Rapior, J. Nouguiet-Soulé, S. Guillon, N. Amouroux, C. Cabot, *J. Toxicol.: Clin. Toxicol.*, 2002, **40**, 715.
- [22] J. Sun, H.-S. Zhang, H.-J. Li, Y.-Z. Zhang, Q. He, J.-J. Lu, Y. Yin, C.-Y. Sun, *Toxicon*, 2019, **161**, 12.
- [23] S. Sarawi, Y.-N. Shi, H. Lotz-Winter, K. Reschke, H.B. Bode, M. Piepenbring, *Phytochemistry*, 2022, **195**, 113069.
- [24] Z. Mao, Y. Yu, H. Sun, Y. Cao, Q. Jiang, C. Chu, Y. Sun, S. Huang, J. Zhang, F. Chen, *Forensic Toxicol.*, 2022, **40**, 111.
- [25] E. Kaya, I. Yilmaz, Z.A. Sinirlioglu, S. Karahan, R. Bayram, K.O. Yaykasli, S. Colakoglu, A. Saritas, *Z. Severoglu, Toxicon*, 2013, **76**, 225.
- [26] I. Yilmaz, E. Kaya, Z.A. Sinirlioglu, R. Bayram, M.G. Surmen, S. Colakoglu, *Toxicon*, 2014, **87**, 68.
- [27] K.H. Kim, S.U. Choi, K.M. Park, S.J. Seok, K.R. Lee, *Arch. Pharmacal Res.*, 2008, **31**, 579.
- [28] J. Hu, P. Zhang, J. Zeng, Z. Chen, *J. Sci. Food Agric.*, 2012, **92**, 2664.
- [29] Q. Zhou, S.-S. Tang, Z.-M. He, T. Luo, Z.-H. Chen, P. Zhang, *Mycoscience*, 2017, **58**, 267.
- [30] Q. Wang, M. Sun, H. Lv, P. Lu, C. Ma, Y. Liu, S. Liu, H. Tong, Z. Hu, Y. Gao, *Toxicon*, 2020, **174**, 43.
- [31] P. Long, F. Fan, B. Xu, Z. He, Y. Su, P. Zhang, J. Xie, Z. Chen, *Mycobiology*, 2020, **48**, 204.

- [32] R.M. Sgambelluri, S. Epis, D. Sasser, H. Luo, E.R. Angelos, J.D. Walton, *Toxins*, 2014, **6**, 2336.
- [33] I. Akata, I. Yilmaz, E. Kaya, N.C. Coskun, M. Donmez, *Toxicon*, 2020, **187**, 29.
- B.Z. Horowitz, M.J. Moss, *Amatoxin Mushroom Toxicity*. [online], StatPearls Publishing, [dostęp: 2024-02-24]. Dostępny w Internecie: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK431052/>
- [35] E. Kaya, S. Karahan, R. Bayram, K.O. Yaykasli, S. Colakoglu, A. Saritas, *Toxicol. Ind. Health*, 2015, **31**, 1172.
- [36] J. Gartz, G. Wiedemann, *Drug Test. Anal.*, 2015, **7**, 853.
- [37] R.C. Van Court, M.S. Wiseman, K.W. Meyer, D.J. Ballhorn, K.R. Amses, J.C. Slot, B.T.M. Dentinger, R. Garibay-Orijel, J.K. Uehling, *Fungal Biol.*, 2022, **126**, 308.
- [38] A.Y. Leung, A.G. Paul, *J. Pharm. Sci.*, 1968, **57**, 1667.
- [39] M. Naem, A.M. Sherwood, A.R. Chadeayne, J.A. Golen, D.R. Manke, *Acta Crystallogr. E*, 2022, **78**, 550.
- [40] R.P. Chamakura, *Forensic Sci. Rev.*, 1994, **6**, 1.
- [41] E. Hodgson, w: E. Hodgson (Ed.), *Chapter Fourteen - Toxins and Venoms*, *Prog. Mol. Biol. Transl. Sci.*, Academic Press, Cambridge, 2012.
- [42] T.R. Peredy, w: P. Wexler (Ed.), *Mushrooms, Coprine*, *Encyclopedia of Toxicology (Third Edition)*, Academic Press, Cambridge, 2014.
- [43] J. Brent, R.B. Palmer, w: M.W. Shannon, S.W. Borron, M.J. Burns (Ed.), *Chapter 23 - Mushrooms*, *Haddad and Winchester's Clinical Management of Poisoning and Drug Overdose (Fourth Edition)*, W.B. Saunders, Philadelphia, 2007.
- [44] M. Matsuura, Y. Saikawa, K. Inui, K. Nakae, M. Igarashi, K. Hashimoto, M. Nakata, *Nat. Chem. Biol.*, 2009, **5**, 465.
- [45] M.K. Min, D. Lee, S.W. Shon, J.H. Ryu, I. Wang, M.J. Lee, M. Chun, T. Hyun, *Wilderness Environ. Med.*, 2022, **33**, 324.
- [46] S. Lin, M. Mu, F. Yang, C. Yang, *Wilderness Environ. Med.*, 2015, **26**, 380.
- [47] E. Lagrange, J.-P. Vernoux, *Toxins*, 2020, **12**, 482.
- [48] H. Persson, *Medicine*, 2016, **44**, 116.
- [49] J. Patočka, R. Pita, K. Kuča, *MMSL*, 2012, **81**, 61.
- [50] I. Ojanperä, w: M.J. Bogusz (Ed.), *Chapter 10 Mushroom toxins*, *Handbook of Analytical Separations*, Elsevier Science B.V., Amsterdam, 2008.
- [51] K.M. Horowitz, E.L. Kong, B.Z. Horowitz, *Gyromitra Mushroom Toxicity*. [online], StatPearls Publishing, [dostęp: 2024-02-24]. Dostępny w Internecie: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470580/>
- [52] A.M. Leathem, T.J. Dorran, *CJEM*, 2015, **9**, 127.
- [53] D. Nagel, L. Wallcave, B. Toth, R. Kupper, *Cancer Res.*, 1977, **37**, 3458.
- [54] D.E. Brooks, K.A. Graeme, w: J. Brent, K. Burkhart, P. Dargan, B. Hatten, B. Megarbane, R. Palmer, J. White (Ed.), *Gyromitra Mushrooms*, *Critical Care Toxicology: Diagnosis and Management of the Critically Poisoned Patient*, Springer International Publishing, Cham, 2017.
- [55] R. Braun, W. Dittmar, U. Greeff, *J. Appl. Toxicol.*, 1981, **1**, 243.
- [56] B. Toth, K. Patil, J. Erickson, R. Kupper, *Mycopathologia*, 1979, **68**, 121.
- [57] K. Stebelska, *Ther. Drug Monit.*, 2013, **35**, 420.
- [58] J. Stříbrný, M. Sokol, B. Merová, P. Ondra, *Int. J. Legal Med.*, 2012, **126**, 519.
- [59] F. Rahim, B. Keikhaei, A. Sarkaki, A. Doulah, *Asian J. Anim. Vet. Adv.*, 2010, **5**, 13.
- [60] J.H. Rossmeisl, M.A. Higgins, D.J. Blodgett, M. Ellis, D.E. Jones, *J. Vet. Emerg. Crit. Car.*, 2006, **16**, 208.
- [61] B. Merová, P. Ondra, M. Staňková, M. Sural, J. Stříbrný, L. Hebká, K. Lemr, *J. Chromatogr. B*, 2011, **879**, 2549.

- [62] F. Xu, Y.-Z. Zhang, Y.-H. Zhang, G.-Y. Guan, K.-P. Zhang, H.-J. Li, J.-J. Wang, *Toxicon*, 2020, **179**, 72.
- [63] G. Serdaroglu, *Int. J. Quantum Chem*, 2010, **111**, 2464.
- [64] L. Brehm, K. Frydenvang, L.M. Hansen, P.O. Norrby, P. Krogsgaard-Larsen, T. Liljefors, *Struct. Chem.*, 1997, **8**, 443.
- [65] T. Kupka, M.A. Broda, P.P. Wieczorek, *Magn. Reson. Chem.*, 2020, **58**, 584.
- [66] D. Michelot, L.M. Melendez-Howell, *Mycol. Res.*, 2003, **107**, 131.
- [67] V. Pilipenko, K. Narbute, U. Beitnere, J. Rumaks, J. Pupure, B. Jansone, V. Klusa, *Eur. J. Pharmacol.*, 2018, **818**, 381.
- [68] J.D. Heiss, D.P. Argersinger, W.H. Theodore, J.A. Butman, S. Sato, O.I. Khan, *Neurosurgery*, 2019, **85**, E4.
- [69] G.A.R. Johnston, *Neurochem. Res.*, 2014, **39**, 1942.
- [70] M.R. Lee, E. Dukan, I. Milne, J. R. Coll. *Physicians Edinb.*, 2018, **48**, 85.
- [71] P.H. Bach, E.A. Lock, *Nephrotoxicity in the Experimental and Clinical Situation: Part 2*. Martinus Nijhoff Publishers, Leiden, 1987.
- [72] V.C. Danel, P.F. Saviuc, D. Garon, *Toxicon*, 2001, **39**, 1053.
- [73] H. Oubrahim, J.M. Richard, D. Cantin-Esnault, F. Seigle-Murandi, F. Trécourt, *J. Chromatogr. A*, 1997, **758**, 145.
- [74] R.J. Dinis-Oliveira, M. Soares, C. Rocha-Pereira, F. Carvalho, *Hum. Exp. Toxicol.*, 2016, **35**, 1016.
- [75] J. Zhu, L. Dou, J. Mi, Y. Bai, M. Liu, J. Shen, W. Yu, S. Zhang, X. Yu, Z. Wang, *Anal. Bioanal. Chem.*, 2021, **413**, 4979.
- [76] P. Alvarado, A. Gasch-Illescas, S. Morel, M.B. Dagher-Kharrat, G. Moreno, J.L. Manjón, X. Carteret, J.-M. Bellanger, S. Rapior, M. Gelardi, P.-A. Moreau, *Biology*, 2022, **11**, 770.
- [77] T. Wieland, J.X. De Vries, *Justus Liebigs Ann. Chem.*, 1966, **700**, 174.
- [78] Z. Zhao, H. E. E. Tian, T. Fan, X. Yang, X. Li, Y. Zhang, X. Li, A. Chen, C. Zhou, X. Zhao, *Food Control*, 2023, **146**, 109548.
- [79] L.L. Olesen, *Ugeskr. Laeger*, 1991, **153**, 445.
- [80] R. Flammer, S. Gallen, *Schweizerische medizinische Wochenschrift*, 1983, **113**, 1555.
- [81] V. Tkach, M. Kushnir, S. de Oliveira, Y. Ivanushko, T. Morozova, J. Garcia, P. Yagodynets, J.I. Martins, The theoretical description for involutin and orellanin electrochemical determination in mushroom pulp. [online]. [dostęp: 2024-03-09]. Dostępny w Internecie: [https://www.researchgate.net/publication/369920924\\_The\\_theoretical\\_description\\_for\\_involutin\\_and\\_orellanin\\_electrochemical\\_determination\\_in\\_mushroom\\_pulp](https://www.researchgate.net/publication/369920924_The_theoretical_description_for_involutin_and_orellanin_electrochemical_determination_in_mushroom_pulp)
- [82] A. Stöver, B. Haberl, C. Helmreich, W. Müller, F. Musshoff, H. Fels, M. Graw, O. Groth, *Diagnostics*, 2019, **9**, 130.
- [83] T. Wakimoto, T. Asakawa, S. Akahoshi, T. Suzuki, K. Nagai, H. Kawagishi, T. Kan, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2011, **50**, 1168.
- [84] A. Takahashi, T. Agatsuma, M. Matsuda, T. Ohta, T. Nunozawa, T. Endo, S. Nozoe, *Chem. Pharm. Bull.*, 1992, **40**, 3185.
- [85] A. Takahashi, T. Agatsuma, T. Ohta, T. Nunozawa, T. Endo, S. Nozoe, *Chem. Pharm. Bull.*, 1993, **41**, 1726.
- [86] M. Matsuura, S. Kato, Y. Saikawa, M. Nakata, K. Hashimoto, *Chem. Pharm. Bull.*, 2016, **64**, 602.
- [87] X. Yin, T. Feng, J.-H. Shang, Y.-L. Zhao, F. Wang, Z.-H. Li, Z.-J. Dong, X.-D. Luo, J.-K. Liu, *Chem. Eur. J.*, 2014, **20**, 7001.
- [88] H. Faulstich, A. Buku, H. Bodenmueller, T. Wieland, *Biochemistry*, 1980, **19**, 3334.

- [89] T. Wieland, w: T. Wieland (Ed.), *The Chemistry of the Amatoxins, Phallotoxins and Virotoxins, Peptides of Poisonous Amanita Mushrooms*, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 1986.
- [90] J. Vetter, *Toxicon*, 1998, **36**, 13.
- [91] C. Gicquaud, M. Paré, *Biochem. Cell Biol.*, 1992, **70**, 719.
- [92] M. Tavassoli, A. Afshari, A.L. Arsene, B. Mégarbane, J. Dumanov, M.M.B. Paoliello, A. Tsatsakis, F. Carvalho, M. Hashemzaei, G. Karimi, R. Rezaee, *Toxicology Reports*, 2019, **6**, 143.
- [93] D. Jansson, S.-Å. Fredriksson, A. Herrmann, C. Nilsson, *Forensic Sci. Int.*, 2012, **221**, 44.
- [94] J. Wei, J. Wu, J. Chen, B. Wu, Z. He, P. Zhang, H. Li, C. Sun, C. Liu, Z. Chen, J. Xie, *Toxicon*, 2017, **133**, 26.
- [95] C.M. Taylor, S.K. Kutty, B.J. Edagwa, *Org. Lett.*, 2019, **21**, 2281.
- [96] M.C. Little, J.F. Preston, III, C. Jackson, S. Bonetti, R.W. King, L.C.E. Taylor, *Biochemistry*, 1986, **25**, 2867.
- [97] C.N. Filer, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 2018, **318**, 2033.
- [98] J. Boukouvalas, I.-I. Radu, *Tetrahedron Lett.*, 2007, **48**, 2971.
- [99] A.I. Abbas, A. Carter, T. Jeanne, R. Knox, P.T. Korthuis, A. Hamade, C. Stauffer, J. Uehling, *Oregon Psilocybin Advisory Board Rapid Evidence Review and Recommendations*. Oregon Psilocybin Advisory Board, Salem, 2021.

Praca wpłynęła do Redakcji 27 marca 2024 r.