



CENA
Julie Hamáčkové
2022

Sborník abstraktů soutěžních prací

Kategorie C:
Studentská práce s genderovou dimenzí



VYSOKÁ ŠKOLA
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
V PRAZE



Julie Hamáčková

* 1892 † 1968

Prof. Dr. Ing. Julie Hamáčková, doktor chemických věd, patřila k prvním ženám studujícím na technických vysokých školách v Československu. Byla prvním chemikem, který se u nás věnoval výhradně chemii odpadní vody. Významně se podílela na vývoji technologií v čistírně odpadních vod v Bubenci. Během své vědecké kariéry nashromáždila mnoho materiálu pro pozdější knižní publikace a též se starala o výchovu nových odborníků, vypracovala podrobné předpisy pro práci na rozborech vody. Je považována za zakladatelku české hydrochemie.

1. dubna 1954 byla jako vůbec první žena na vysokých školách technických jmenována profesorem chemie vody. V roce 1955 jí byla udělena vědecká hodnost doktora chemických věd a vyznamenání za vynikající práci. Účastnila se i řízení VŠCHT Praha: v letech 1955/56 byla proděkanem a od r. 1957 do r. 1959 děkanem Fakulty technologie paliv a vody.

Julie Hamáčková

Podkategorie:
Závěrečné práce

Odstraňování farmak z vody sorpcí na zeolitech

Removal of drugs from water by sorption on zeolites

Bc. Martin Převrátíl

Fakulta technologie ochrany prostředí

Mikropolutanty začínají stále více negativně ovlivňovat složky životního prostředí, včetně vodních ekosystémů. Této skupině látek, do které řadíme např. léčiva a pesticidy, je v poslední době věnována zvýšená pozornost. Mezi technologie, kterými se z vod odstraňují mikropolutanty, patří pokročilé oxidační procesy (AOPs) a sorpce, nejčastěji na granulované aktivní uhlí (GAU), nicméně jako sorbenty lze rovněž využít zeolity – mikroporézní hlinitokřemičitany.

Cílem práce bylo zhodnotit účinnost odstranění vybraných farmak pomocí syntetických zeolitů, které byly připraveny za různých podmínek (teplota a doba přípravy), z této skupiny vybrat jednoho či více zástupců s nejpříhodnějšími adsorpčními vlastnostmi a porovnat dosažené účinnosti s dalšími sorbenty včetně v praxi hojně používaného GAU.

Během sorpce byly materiály v kontaktu s modelovým roztokem, který obsahoval šest vybraných farmak, jejichž účinnost odstranění byla sledována. Testován byl rovněž vliv pH vzorků a u dvou vybraných materiálů též závislost účinnosti odstranění vybraných farmak na době kontaktu.

Na základě získaných výsledků byla pro přípravu syntetických zeolitů doporučena teplota 110 °C, doba přípravy nevykazovala pro nárůst adsorpčních vlastností jasný trend. Materiály z této skupiny zaznamenaly v porovnání s GAU srovnatelné účinnosti odstranění při eliminaci metforminu, zbylá léčiva byla odstraňována méně efektivně.

Micropollutants are starting to have more and more negative effects on the components of the environment, including aquatic ecosystems. This group of substances, which includes e. g. pharmaceuticals and pesticides, has recently received an increased attention. Among the technologies that are used to remove micropollutants from water belong advanced oxidation processes (AOPs) and sorption, most often on granular activated carbon (GAC), but zeolites – microporous aluminosilicates can also be used as sorbents.

The aim of the thesis was to evaluate the efficiency of the removal of selected pharmaceuticals using synthetic zeolites, that were prepared under different conditions (temperature and preparation time), to select one or more materials with the most suitable adsorption properties from this group and to compare the achieved efficiency with other sorbents including abundantly used GAC.

During the sorption the materials were in contact with the model solution containing six selected pharmaceuticals, whose removal efficiency was observed. The effect of pH of the samples and in case of two selected materials the dependence of the removal efficiency of selected pharmaceuticals on the contact time were also tested.

Based on the obtained results the temperature 110 °C was recommended for the preparation of synthetic zeolites, the preparation time did not show a clear trend in the growth of adsorption properties. Materials from this group recorded comparable removal efficiency with GAC in the elimination of metformin, the other drugs were removed less effectively.

Podkategorie:
Studentská vědecká konference

Bioplasty: Co to je, a vnímají je muži a ženy odlišně?

Bioplastics: What are they and do men and women perceive them differently?

Bc. Martina Nová

Fakulta technologie ochrany prostředí

Jednou z cest, jak se udržitelně vypořádat s narůstajícím plastovým znečištěním, je vývoj bioplastů. S ohledem na nový zákon č. 243/2022 Sb. o omezení dopadu vybraných plastových výrobků na životní prostředí se bioplasty dostávají ke slovu jakožto alternativní materiál pro výroby produktů s jednorázovým využitím.

Práce se zaměřuje na bioplasty z pohledu materiálového i společenského. Byla testována rozložitelnost nově vyvíjených bioplastů na bázi polyhydroxybutyrátu ve směsi s dřevní moučkou a bramborovým škrobem. V rámci testů anaerobní rozložitelnosti byl materiál bez obsahu škrobu vyhodnocen jako nerozložitelný, materiál se škrobem se rozkládal a produkoval bioplyn s obsahem methanu 62 %.

Postoj veřejnosti byl prověřován prostřednictvím dotazníku, jehož respondenty byli studenti a studentky bakalářských a magisterských programů VŠCHT Praha. Byl sledován vliv pohlaví a environmentálního vzdělání na rozhodování v oblasti bioplastů. Ukázalo se, že pro ženy jsou environmentální aspekty produktů důležitější než pro muže a zároveň jsou více otevřené k používání bioplastů.

Bylo také potvrzeno, že environmentální vzdělání na VŠCHT Praha má pozitivní vliv na informovanost o bioplastech. Ženy studující na Fakultě technologie ochrany prostředí měly oproti mužům a ženám z fakult s jiným zaměřením největší tendenci rozhodovat se na základě environmentálních kritérií. Zároveň byl sledován rozdíl i u mužů, studenti FTOP více řešili problematiku životního prostředí než studenti ostatních fakult.

One way to sustainably tackle growing plastic pollution is through the production of bioplastics. Taking into consideration the new Law No. 243/2022 on limiting the environmental impact of selected plastic products, bioplastics are coming into their own as an alternative material for single-use products.

This paper focuses on bioplastics from a material and a societal perspective. The degradability of polyhydroxybutyrate-based bioplastics mixed with wood meal and potato starch was tested. In the anaerobic degradability tests, the material without starch was assessed as non-degradable, while the material with starch decomposed and produced biogas with a methane content of 62%.

The societal perspective was investigated through a questionnaire whose respondents were both male and female students of the bachelor and master programs at the University of Science and Technology in Prague. The influence of gender and environmental education on bioplastic decision-making was investigated. It was found that for women, the environmental aspects of products are more important than for men and, at the same time, they are more open to using bioplastics.

It was also confirmed that environmental education at VŠCHT Prague has a positive effect on bioplastic awareness. Women studying at the Faculty of Environmental Technology had the highest tendency to make decisions based on environmental criteria compared to men and women from non-environmental faculties. At the same time, a difference was also observed for men, with FTOP students more concerned with environmental issues than students from other faculties.

Dokrmování ryb astaxanthinem – hrozba nebo lék?

Fish feeds supplemented with astaxanthin – threat or remedy?

Bc. Valérie Pistorová

Fakulta potravinářské a biochemické technologie

Salmo salar, běžně známý jako losos atlantský, patří k jedné z nejoblíbenějších živočišných komodit, zejména pro svou jedinečnou chuť a nutriční vlastnosti. Nicméně kvůli vysoké poptávce na trhu se *Salmo salar* stává častým předmětem falšování a bývá nahrazován levnějším a také dostupnějším *Oncorhynchus mykiss* neboli pstruhem duhovým, který je prodáván i pod obchodním názvem pstruh lososovitý. K této záměně dochází kvůli podobnému zbarvení svaloviny pstruha lososovitého a lososa, pro spotřebitele je tedy takřka nemožné je rozlišit, hlavně ve výrobcích. Za toto obdobné zbarvení svaloviny jsou zodpovědné karotenoidy (astaxanthin), které jsou přidávány do krmiva pstruha duhového. Astaxanthin patří mezi červeně zbarvené xantofyly, jež se přirozeně vyskytuje v mikrořasách (*Haematococcus pluvialis*), kvasinkách (*Phaffia rhodozyma*) a je mimo jiné považován za stěžejní karotenoid u korýšů a ryb čeledi *Salmonidae*. Studie italských vědců Balietti a kol.¹ zkoumala potenciální genderově podmíněné rozdíly v účinku astaxanthinu na stárnoucím mozku potkana. Zatímco u samic potkana byly pozorovány nižší koncentrace prozánětlivého interleukinu-1 β v hipokampu a mozečku a vyšší koncentrace protizánětlivého interleukinu-10. U samců potkanů nebyly zjištěny žádné rozdíly v mozečku, právě naopak byly indikovány vyšší hladiny interleukinu-1 β a interleukinu-10. Tyto rozdíly u samců a samic potkana jsou pravděpodobně způsobeny steroidními hormony estrogenem a testosteronem. Lze tedy předpokládat, že astaxanthin by mohl mít obdobný vliv i na člověka, v závislosti na pohlaví.² Tato práce je zaměřena na návrh a experimentální ověření protokolu pro DNA barcoding a DNA mini-barcoding vybraných druhů ryb, pro jejich identifikaci a pro odhalení případného falšování. Jak pro DNA barcoding, tak i pro DNA mini-barcoding byl jako oblast identifikace použit mitochondriální gen podjednotky I cytochrom c oxidasy (COI).

Salmo salar, commonly known as Atlantic salmon, belongs to one of the most popular animal commodities, especially for its unique taste and nutritional properties. However, due to the high demand in the market, *Salmo salar* becomes a frequent object of adulteration and is replaced by the cheaper and also more accessible *Oncorhynchus mykiss* or rainbow trout, which is also sold under the trade name salmon trout. This confusion occurs due to the similar coloring of the muscle of salmon trout and salmon, so it is almost impossible for consumers to distinguish between them, especially in products. Carotenoids (astaxanthin), which are added to rainbow trout feed, are responsible for this similar coloring of the muscle. Astaxanthin belongs to the red-colored xanthophylls, which occurs naturally in microalgae (*Haematococcus pluvialis*), yeast (*Phaffia rhodozyma*) and, among other things, is considered a key carotenoid in crustaceans and fish of the *Salmonidae* family. A study by Italian scientists Balietti et al.¹ investigated potential gender-related differences in the effect of astaxanthin on the aging rat brain. While in female rats, lower concentrations of pro-inflammatory interleukin-1 β in the hippocampus and cerebellum and higher concentrations of anti-inflammatory interleukin-10 were observed. In male rats, no differences were found in the cerebellum, on the contrary, higher levels of interleukin-1 β and interleukin-10 were indicated. These differences in male and female rats are likely due to the steroid hormones estrogen and testosterone. It can therefore be assumed that astaxanthin could have a similar effect on humans, depending on gender.² This work is focused on the design and experimental verification of a protocol for DNA barcoding and DNA mini-barcoding of selected fish species, for their identification and for the detection

of possible adulteration. For both DNA barcoding and DNA mini-barcoding, the mitochondrial gene of cytochrome c oxidase subunit I (COI) was used as the identification region.

- [1] Balietti, M.; Giannubilo, S. R.; Giorgetti, B.; Solazzi, M.; Turi, A.; Casoli, T.; Ciavattini, A.; Fattoretta, P. The Effect of Astaxanthin on the Aging Rat Brain: Gender-Related Differences in Modulating Inflammation. *J. Sci. Food Agric.* **2016**, *96* (2), 615–618.
- [2] Hashimoto, H.; Arai, K.; Takahashi, J.; Chikuda, M. Effects of Astaxanthin on VEGF Level and Antioxidation in Human Aqueous Humor: Difference by Sex. *J. Clin. Biochem. Nutr* **2019**, *65* (1), 47–51.

Volné a konjugované trichotheceny typu A v cereáliích a zhodnocení rizika dietární expozice

Free and conjugated type A trichothecenes in cereals and risk assessment of dietary exposure

Ing. Nela Průšová

Fakulta potravinářské a biochemické technologie

Mykotoxiny jsou toxické sekundární metabolity mikroskopických vláknitých hub kontaminující různé druhy plodin. Mimo volné mykotoxiny se v potravinách často vyskytují jejich konjugované formy, které však nejsou běžně monitorovány, a kterým je v současnosti věnována zvýšená pozornost kvůli jejich předpokládané biologické dostupnosti a zdravotním rizikům. Tato studie představuje metodu účinné izolace trichothecenů typu A a jejich glykosidů pomocí imuno-afinitní chromatografie (IAC) s následným nepřímým stanovením glykosidů po enzymatické hydrolyze. Analytické stanovení bylo provedeno pomocí ultra-účinné kapalinové chromatografie ve spojení s tandemovou vysokorozlišovací hmotnostní spektrometrií (U-HPLC-HRMS/MS). Tato metoda byla validována a aplikována na 52 produktů na bázi ovsa z české tržní sítě, pro které je kontaminace trichotheceny typu A, zejména T-2 toxinem (T-2) a HT-2 toxinem (HT-2), charakteristická. T-2 a HT-2 byl stanoven v 92 % vzorků (suma T-2 a HT-2 se pohybovala v rozmezí <0,4–142 µg/kg). Ve většině vzorků byly také detekovány monoglukosidy T-2/HT-2 a diglukosidy HT-2. Po enzymatické hydrolyze byl obsah HT-2 ve vzorcích nadhodnocen v rozmezí 0–129 %, průměrně o 20 % (pro všech 52 vzorků), což je dvakrát více, než bylo odhadnuto Evropským úřadem pro bezpečnost potravin v roce 2017 pro účely hodnocení zdravotních rizik (10 % pro sumu HT-2 a T-2). Nejvíce kontaminovanou kategorií potravin byly konvenční ovesné vločky. Právě ovesné vločky jsou oblíbenými snídaňovými cereáliemi zejména u žen. Na základě dosažených výsledků bylo zjištěno, že konzumace produktů na bázi ovsa může významně přispět k dietárnímu příjmu T-2 a HT-2, což může vést k naplnění až překročení akutní referenční dávky (ARfD) či tolerovatelného denního příjmu (TDI), a to u žen až 1,3x více než u mužů.

Mycotoxins are toxic secondary metabolites of microscopic filamentous fungi contaminating various types of crops. In addition to the free mycotoxins, their conjugated forms are often found in food, which are not routinely monitored, and to which increased attention is currently paid due to their presumed bioavailability and health risks. This study presents a method for efficient isolation of type A trichothecenes and their glycosides using immunoaffinity chromatography (IAC) followed by indirect determination of glycosides after enzymatic hydrolysis. Analytical determination was performed using ultra-high performance liquid chromatography with tandem high-resolution mass spectrometry (U-HPLC-HRMS/MS). This method was validated and applied to 52 oat-based products from the Czech retail market, for which contamination with type A trichothecenes, especially with T-2 toxin (T-2) and HT-2 toxin (HT-2), is characteristic. T-2 and HT-2 were determined in 92% of samples (the sum of T-2 and HT-2 was in the range of <0.4–142 µg/kg). Monoglucosides of T-2, HT-2 and diglucosides of HT-2 were also detected in most samples. After enzymatic hydrolysis, the HT-2 content in samples was overestimated in the range of 0–129%, an average by 20% (for all 52 samples), which is twice as much as was estimated by the European Food Safety Authority in 2017 for health risk assessment purposes (10% for the sum of HT-2 and T-2). The most contaminated food category was conventional oat

flakes. Oat flakes are popular breakfast cereals, especially among women. Based on the results achieved, it was found that the consumption of oat-based products can significantly contribute to the dietary intake of T-2 and HT-2, which can lead to fulfilling or exceeding the acute reference dose (ARFD) or tolerable daily intake (TDI), and up to 1.3 times more for women than for men.

Endokrinní disruptory ve vodním ekosystému

Endocrine disrupting chemicals in the aquatic ecosystem

Bc. Martin Převrátíl

Fakulta technologie ochrany prostředí

Endokrinní disruptory (ED) jsou hormonálně aktivní látky, které negativně ovlivňují endokrinní systém. Nevykazují typickou toxicitu a v rámci tzv. bezprahového působení stačí k interferenci pouze jedna molekula. Do této různorodé skupiny patří široká škála látek – hormony (přirozené či syntetické), léčiva a přípravky osobní hygieny (PPCP) nebo řada průmyslových chemikálií (např. pesticidy, aditiva). Některé se do vod dostávají po přímé aplikaci do životního prostředí, další odtokem z čistíren odpadních vod. Jelikož tradiční technologie čištění odpadních vod nedokážou ED účinně eliminovat, putují následně do vodního prostředí, kde mají negativní vliv na přítomné organismy. Ani procesy běžně užívané při úpravě vody nejsou schopné tyto látky odstranit, tudíž se poté v pitné vodě dostávají i do kontaktu s člověkem.

Tato práce se zabývá pěti zástupci ED a jejich negativními účinky vůči organismům, které s nimi přicházejí do styku, se zaměřením na pohlaví. Diskutovány jsou možnosti jejich odstraňování z pitné vody, např. pomocí sorpce, která byla pro jednoho zástupce laboratorně testována. Bude rovněž porovnávána účinnost jednotlivých sorbentů. Představeny budou též možnosti využití digitalizace ve vodním hospodářství, která díky optimalizaci řízení pomáhá mimo jiné ke snížení množství endokrinních disruptorů ve vodním ekosystému.

Endocrine disrupting chemicals (EDC) are hormonally active substances that negatively affect the endocrine system. They do not show typical toxicity and within the so-called non-threshold effect only one molecule is sufficient for the interference. This diverse group includes a wide range of substances – hormones (natural or synthetic), pharmaceuticals and personal care products (PPCP) or several industrial chemicals (e. g. pesticides, additives). Some get into the water after direct application into the environment, others through the effluent from wastewater treatment plants. Since traditional wastewater treatment technologies cannot effectively eliminate EDC, they head to the aquatic environment, where they have a negative impact on the organisms. Even processes commonly used in water treatment are not able to remove these substances, therefore they even affect the human population via drinking water.

This thesis is about five EDC and their negative effects on organisms that come into the contact with them, focusing on gender. The possibilities of their removal from fresh water are discussed, e. g. sorption, which was laboratory tested for one representative. The efficiency of the used sorbents will also be compared. The possibilities of using digitization in water management, which helps to reduce the number of endocrine disruptors in the aquatic ecosystem thanks to the optimization of used processes, will also be presented.

Oktaedrální molybdenanové klastry pro rentgenem indukovanou fotodynamickou terapii

Octahedral molybdenum clusters for X-ray-induced photodynamic therapy

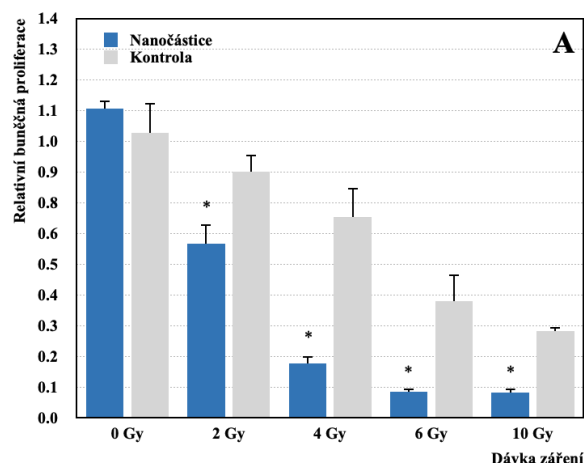
Bc. Tomáš Příbyl

Fakulta potravinářské a biochemické technologie

Rostoucí incidence nádorových chorob v populaci je pro řadu vědeckých skupin důvodem k hledání tzv. “magické kulky” umožňující zvrátit jejich fatální průběh. V roce 2020 bylo v Evropské unii diagnostikováno 2,7 milionu lidí s rakovinou a 1,3 milionu na ni zemřelo. Včasnou diagnostikou a vhodnou léčbou je možné předejít až 40 % úmrtí. Incidence i mortalita nádorových chorob je zjevně závislá na pohlaví. Muži jsou náchylnější k úmrtí na rakovinu, nejčastěji na karcinom prostaty. Zanedbávání prevence a rizikovější chování přispívá ke zvýšené incidenci nádorů u mužů. Pracovní expozice (minerální prach, těžké kovy a pesticidy) i rizikové chování (nevhodná dieta, konzumace alkoholu a tabáku) vysvětluje vyšší incidenci u mužů pouze částečně. Rozdíly začínají již na molekulární, hormonální a imunitní úrovni. Pohlavní hormony hrají důležitou roli v tumorigenezi, homeostáze kmenových buněk, vzniku mikroprostředí tumorů i změně buněčného metabolismu, což ovlivňuje účinnost terapie. Nejběžnější nechirurgická metoda léčby rakoviny je radioterapie, při které pacient v pravidelných cyklech dostává určité dávky záření, které v součtu dosahují až 80 Gy.

Tématem mé práce je biologické testování sloučenin na bázi molybdenových klastrů s jádrem $[Mo_6I_8]^{4+}$. Jejich biokompatibilita a nízká toxicita slibují využití ve fotodynamické a rentgenem indukované fotodynamické terapii rakovinných buněk. Principem těchto metod je aplikace netoxického fotosenzitizéru, jehož následným ozářením dochází k tvorbě reaktivních forem kyslíku (ROS). Oxidační stres pak vede k poškození až smrti buněk. Nejúčinnější molekulární klast $Na_2[Mo_6I_8(N_3-BCN-NH_2)_6]$ je schopen na prostatických buňkách dosáhnout fototoxického účinku s IC_{50} ve výši $0,04 \mu mol.l^{-1}$, zároveň není pozorována temná toxicita. Problémem schválených fotosenzitizérů na trhu je nízká penetrace používaného záření. Tento problém je možné vyřešit využitím rentgenového záření, které penetruje hluboko do tkáně a je možné jej využít v hlouběji položených nádorech během běžné předepisované radioterapie, což je hlavní přednost pro použití molybdenových klastrů. V případě nanočástic $Na_2[Mo_6I_8(N_3)_6]$ + Bis-dPEG®11-DBCO pozorujeme i signifikantní synergii s rentgenovým zářením při inhibici proliferace prostatických buněk již při dávce 2 Gy.

Naše práce ukázala, že molybdenové klastry jsou slibným základem pro vývoj protinádorových terapeutik působících na bázi rentgenem indukované fotodynamické terapie.



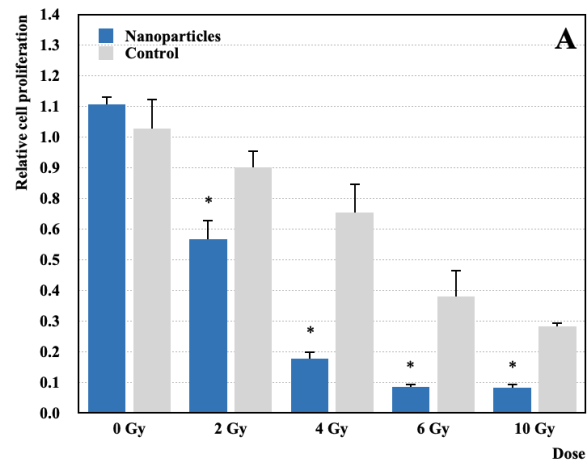
A) Radiotoxický účinek nanočástic na prostatických buňkách TRAMP-C2 při koncentraci $300 \mu\text{mol.l}^{-1}$ a 2h inkubaci.

* signifikantní rozdíl ($p < 0,05$, Studentův t-test) mezi skupinou ošetřenou nanočásticemi a kontrolou při dané dávce.

The growing incidence of cancer in the population is a reason for many scientific groups to search for a so-called "magic bullet" to reverse its fatal course. In 2020, 2.7 million people were diagnosed with cancer and 1.3 million died from it in the European Union. Up to 40% of deaths can be prevented with early diagnosis and appropriate treatment. The incidence and mortality of cancer diseases are obviously gender-dependent. Men are more prone to dying from cancer, most commonly from prostate cancer. Neglecting prevention and riskier behavior contributes to the increased incidence of tumors in men. Occupational exposure (mineral dust, heavy metals, and pesticides) as well as risky behavior (inappropriate diet, alcohol and tobacco consumption) only partially explain the higher incidence in men. The differences start at the molecular, hormonal, and immune levels. Sex hormones play an important role in tumorigenesis, homeostasis of stem cells, formation of the tumor microenvironment, and changes in cell metabolism, which affect the effectiveness of therapy. The most common non-surgical method of cancer treatment is radiotherapy, in which the patient receives certain doses of radiation in regular cycles, totaling up to 80 Gy.

The topic of my work is the biological testing of compounds based on molybdenum clusters with a $[\text{Mo}_6\text{I}_8]^{4+}$ core. Their biocompatibility and low toxicity promise to be used in photodynamic and X-ray-induced photodynamic therapy of cancer cells. The principle of these methods is the application of a non-toxic photosensitizer and subsequent irradiation which results in the formation of reactive oxygen species (ROS). Oxidative stress then leads to cell damage and even death. The most effective molecular cluster $\text{Na}_2[\text{Mo}_6\text{I}_8(\text{N}_3\text{-BCN-NH}_2)_6]$ can achieve a phototoxic effect on prostate cells with an IC_{50} of $0.04 \mu\text{mol.l}^{-1}$, while dark toxicity is not observed. The problem with approved photosensitizers on the market is the low penetration of the visible light used. This problem can be solved by the use of X-rays, which penetrate deep into the tissue and can be used in deeper-seated tumors during conventionally prescribed radiotherapy, which is the main advantage of the use of molybdenum clusters. In the case of $\text{Na}_2[\text{Mo}_6\text{I}_8(\text{N}_3)_6] + \text{Bis-dPEG}^{11}\text{-DBCO}$ nanoparticles, we also observe a significant synergy with X-ray radiation in the inhibition of prostate cell proliferation already at a dose of 2 Gy.

Our work showed that molybdenum clusters are a promising basis for the development of antitumor therapeutics acting based on X-ray-induced photodynamic therapy.



A) Radiotoxic effect of nanoparticles on prostatic TRAMP-C2 cells, at concentrations of 300 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ and 2h incubation. * indicates a significant difference ($p < 0.05$, Student's t-test) between the cells treated with the nanoparticles and the control group at respective radiation doses.