

Mutagénny potenciál alfa-žiarenia uránového skla na in vitro kultúru kvasiniek *Saccharomyces cerevisiae*

Ján Jozef Liener

Piaristická spojená škola F. Hanáka, A. Hlinku 44, 971 01 Prievidza

liener.janjozef@gmail.com

Úvod

Uránové sklo predstavuje fascinujúci materiál s bohatou históriou siahajúcou do 19. storočia (1, 2). Vďaka obsahu oxidu triuránu (U_3O_8) vykazuje charakteristickú zelenožltú farbu a intenzívnu fluorescenciu pod ultrafialovým svetlom (2). Zatiaľ čo historické výrobky v USA obsahovali až 25 % uránu (1), moderné európske výrobky sú regulované na maximálne 1–2 % (2). Ionizujúce žiarenie, najmä alfa častice emitované z rozpadových radov uránu, majú známy mutagénny potenciál schopný indukovat' genetické zmeny v živých organizmoch (3, 4, 5). Táto práca vznikla z potreby vedecky validovať bezpečnosť uránového skla prostredníctvom priameho testovania jeho biologických účinkov na bunkovej úrovni. Vhodný eukaryotický modelový organizmus na to sú kvasinky *Saccharomyces cerevisiae*.(6, 7).

Ciele práce

Hlavným cieľom výskumu bolo zhodnotiť mutagénny potenciál alfa-žiarenia emitovaného z uránového skla a určiť, či predstavuje reálne riziko pre živé bunky. Čiastkové ciele zahŕňali: 1. rádiometrické meranie dávkového príkonu ionizujúceho žiarenia a povrchovej alfa aktivity, 2. experimentálne overenie mutagénnych účinkov pomocou testu reverznej mutácie na auxotrofnom kmeni kvasiniek *Saccharomyces cerevisiae*, 3. syntézu získaných údajov do bezpečnostných odporúčaní.

Experimentálna časť

Experimentálna vzorka pozostávala z 10 úlomkov a 2 guličiek uránového skla od výrobcu Glasstech, s.r.o. (ČR). Rádiometrické merania vykonali špecialisti z Vojenského útvaru 1056 Zemianske Kostoľany. Hodnoty dávkového príkonu sa pohybovali v rozmedzí 0,730 – 2,780 $\mu\text{Gy}/\text{h}$ (priemer 1,839 $\mu\text{Gy}/\text{h}$), plošná alfa aktivita dosahovala 3,57 – 13,1 Bq/cm^2 .

Pre biologické testy bol zvolený auxotrofný kmeň *S. cerevisiae* BD1-9B s mutáciou v géne pre syntézu leucínu (leu^+ fenotyp). Kvasinky boli kultivované v YPD médiu s priamym kontaktom so sterilizovanými vzorkami uránového skla v Erlenmeyerových bankách na trepačke po dobu 24 hodín pri teplote približne 20 °C. Následne sa 200 μl suspenzie vysievalo na agarové platne s minimálnym YNB médiom bez leucínu a kolónie revertantov sa počítali v priebehu dvojtýždňovej inkubácie.

Experiment prebiehal za aseptických podmienok. Pracovný priestor bol sterilizovaný UV žiareniom, všetky pomôcky a médiá sa sterilizovali v tlakovom hrnci 20 minút, mikrobiologické nástroje vypálením v plameni. Kontrolné experimenty zahrňali kultiváciu na kompletnom YPD médiu a na minimálnom médiu bez expozície žiareniu (8).

Výsledky a diskusia

Biologické testy preukázali variabilnú, avšak celkovo nízku frekvenciu reverzných mutácií. V prvej fáze (16. – 29. 10. 2025) sa počet kolónií pohyboval od 0 do 4 (priemer $1,17 \pm 1,47$), kontrolná vzorka nevykázala rast. V druhej fáze (22. 10. – 5. 11.) sa objavilo 1 až 6 kolónií na vzorku (priemer $2,67 \pm 1,75$), zatiaľ čo kontrolná vzorka vykazovala 14 kolónií. Najvyšší počet revertantov (6 kolónií) bol pri vzorke 8 s dávkovým príkonom $1,315 \mu\text{Gy}/\text{h}$, čo neukazuje priamu koreláciu s úrovňou žiarenia. Lineárna regresná analýza potvrdila absenciu závislosti ($R^2 = 0,0117$).

Namerané hodnoty zostávajú pod regulačnými limitmi. Podľa slovenského zákona č. 87/2018 Z. z. je maximálna ročná dávka pre študentov 16 – 18 rokov 6 mSv (9). Konzervatívny výpočet pri 10-hodinovej manipulácii s najaktívnejšou vzorkou dáva $0,6 \text{ mSv}$ – desaťnásobne pod limitom.

Alfa častic majú v atmosférickom vzduchu extrémne krátke dolet a sú efektívne zastavené vrstvou mŕtvych buniek pokožky alebo tenkým materiálom (1, 5). Väčšina energie alfa častic zostala absorbovaná v skle alebo v tekutom médiu, čím sa minimalizovala interakcia s bunkami kvasiniek. Tento mechanizmus vysvetľuje absenciu výrazného mutagénneho efektu.

Limitácie štúdie zahŕňajú malý počet opakovania, krátku dobu expozície (14 dní) a využitie jedného typu biologického testu. Kvasinky poskytujú cenné informácie o mutagénnych mechanizmoch, avšak nemôžu plne simulovať odpoved' mnohobunkových organizmov.

Záver

Výsledky jednoznačne preukazujú, že pri bežnom zaobchádzaní s nepoškodeným uránovým sklom nepredstavuje materiál významné riziko genetického poškodenia živých buniek. Namerané úrovne žiarenia neprekračujú bezpečnostné limity a testy nepreukázali signifikantný nárast mutačnej frekvencie.

Odporúčame dodržiavanie bezpečnostných opatrení: uránové sklo používať výhradne na dekoratívne účely, minimalizovať dlhodobý kontakt s pokožkou a zamedziť styku s potravinami či kyslými tekutinami (1, 2).

Pre výrobcov navrhujeme: 1. homogénnejšie rozptýlenie uránu v sklovine, 2. transparentné označovanie výrobkov s hodnotami žiarenia a obsahu uránu, 3. pripojenie bezpečnostných odporúčaní v slovenskom a českom jazyku.

Táto práca prispieva k štúdiám hodnotiacim biologické účinky nízkych dávok ionizujúceho žiarenia a poskytuje špecifické údaje o uránovom skle, ktoré v literatúre chýbali. Výsledky podporujú zodpovedný prístup k výrobe a používaniu predmetov z uránového skla.

Poděkování

Vďaka patrí prof. RNDr. Anne Ševčovičovej, PhD., a doc. RNDr. Vladimíre Džugasovej, PhD., z PRIF UK Bratislava za poskytnutie kmeňa a odbornú konzultáciu, príslušníkom VÚ 1056 Zemianske Kostoľany za merania, spoločnosti GlassTech, s.r.o., za vzorky, Mgr. Marekovi Šimurkovi za mentoring a Mgr. Ladislavovi Blaškovi za technickú podporu.

Literatúra

- [1] U.S. Environmental Protection Agency. RadiTown: Radioactivity in Antiques. <https://www.epa.gov/radtown/radioactivity-antiques> (accessed 2024-10-18).
- [2] ORAU Health Physics Museum. Vaseline and Uranium Glass. <https://www.orau.org/health-physics-museum/collection/consumer/glass/vaseline-glass.html> (accessed 2024-10-18).

- [3] Chen, C. C.; Motegi, A.; Hasegawa, Y.; Myung, K.; Kolodner, R. D.; D'Andrea, A. Genetic analysis of ionizing radiation induced mutagenesis in *Saccharomyces cerevisiae* reveals translesion synthesis independent of PCNA modifications. *DNA Repair*, **2006**, 5(12), 1475-1488.
- [4] Pronkevich, M. D.; Evstratova, E. S.; Belkina, S. V.; Anokhin, Yu. N.; Petin, V. G. Comparison of the Combined Effect of Hyperthermia with Ionizing Radiation or Cisplatin on Yeast and Mammalian Cells. *Med. Radiol. Radiat. Saf.* **2017**, 62(6), 21-27.
- [5] ICRP. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* **2007**, 37(2-4), 1-332.
- [6] Slaninová, M. *Genetická analýza eukaryotických mikroorganizmov*; Vydavateľstvo UK: Bratislava, 2010; ISBN 978-80-223-2852-4.
- [7] Botstein, D.; Chervitz, S. A.; Cherry, J. M. Yeast as a model organism. *Science* **1997**, 277 (5330), 1259-1260.
- [8] Obernauerová, M.; Gbelská, Y. *Cvičenia z mikrobiológie*; Univerzita Komenského: Bratislava, 1995; ISBN 8022309257.
- [9] Zákon č. 87/2018 Z. z. o radiačnej ochrane a o zmene a doplnení niektorých zákonov. *Zbierka zákonov Slovenskej republiky* **2018**, 87.