$Ti_3C_2T_x$ MXén jellemzése, fotokatalitikus alkalmazása és környezeti hatásai

Lakatos Laura[1*], Tischner Aisa[1], Pitó Ádám[1], Dávid Adrienn-Dorisz[2], Kozma Kincső[2], Gyulavári Tamás[1], Pap Zsolt[1,2,3,4], Kukovecz Ákos[1], Kónya Zoltán[1]

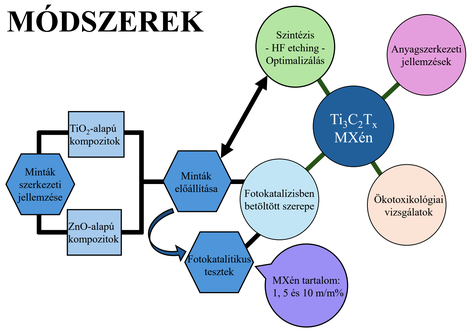
[1] Szegedi Tudományegyetem, alkalmazott és Környezeti Kémia Tanszék, Rerrich Béla tér 1, H-6720 Szeged, Magyarország
[2] Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Biológia és Geológia Kar, Republicii 44, Kolozsvár, RO-400015 Románia
[3] Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Nanostruktúrált Anyagok és Bio-Nano Felületek Központja, Interdisciplináris Bio-Nano Tudományok Kutatóintézete, Treboniu Laurian 42, Kolozsvár, RO-400271 Románia
[4] Babeş-Bolyai Tudományegyetem, 3B Centrum, Kolozsvár, RO-400271 Románia

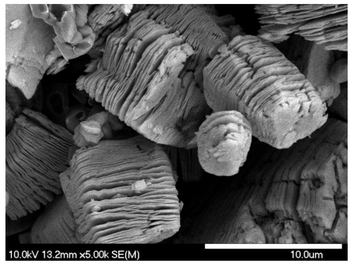
* E-mail: laura.lakatos@chem.u-szeged.hu

BEVEZETŐ

Jelen munkánkban a $Ti_3C_2T_x$ MXént vizsgáltuk, amelyet ugyan széles körben tanulmányoztak, azonban stabilitása, adszorpciós tulajdonságai, toxikológiai jellemzői és a fotokatalizátorokra gyakorolt hatásai mindmáig nem teljesen tisztázottak. Toxikológiai vonatkozásban, kísérleteinket a vizsgált MXénnel, a P25 TiO_2-vel, valamint ezek kompozit anyagával végeztük, mivel a TiO_2 egészségügyi kockázatai már bizonyítást nyertek.

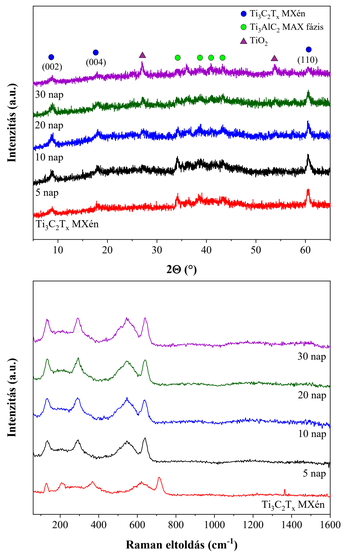
MÓDSZEREK





MXÉN ELŐÁLLÍTÁSA&JELLEMZÉSE

- **Szintézis:** HF etching, prekurzora: Ti_3AlC_2 MAX
- **XRD**: kis intenzitású reflexiók, prekurzortól elkülöníthető
- **Morfológiája:** réteges szerkezet, rétegek közötti távolság: 1,01 nm
- **Fajlagos felülete:** 4,64 m^2/g (BET)
- **Felületi funkciós csoportjai (FT-IR):** -OH, -F (szintézisfüggő)
- **Stabilitása vízben:** rövidtávon stabil → hosszútávon: TiO_2-dá alakul
- **Adszorpciókészsége:** vízben kiváló adszorbens



TiO_2 & ZnO- alapú kompozitok előállítása&jellemzése

- **Szintézis:**

1. Mechanikai keverés (kereskedelmi katalizátorok) MXénnel $_{(PM_)}$
2. Mechanikai keverés (előállított katalizátorokkal) MXénnel $_{(SM_)}$
3. In-situ előállított (MXén gócképző) $_{(S_)}$

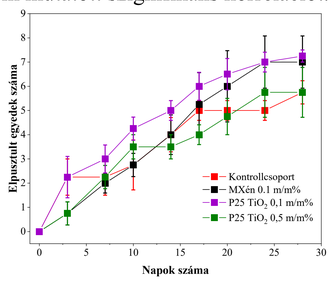
- **XRD**: MXén reflexióinak azonosítása nem lehetséges intenzitáskülönbségek miatt; S_TiO_2 mintáknál az MXén koncentráció növelésével rutil reflexió eltűnt (110)
- **Morfológia:** tiszta kereskedelmi – előállított ZnO eltérése (köbös – rudas morfológia)



ÖKOTOXIKOLÓGIAI VIZSGÁLATOK

- Kockázati tényező (HR) és mortalitási ráta meghatározását végeztük 0,1, 0,5 and 1,5 m/m% koncentrációban (talaj tömegéhez viszonyítva).
- P25 TiO_2 nem mutatott mérgező hatást.
- Növelve az $Ti_3C_2T_x$ MXén koncentrációját, enyhe emelkedés tapasztalható a mortalitásban.
- A statisztikai analízis nem mutatott szignifikáns korrelációt.

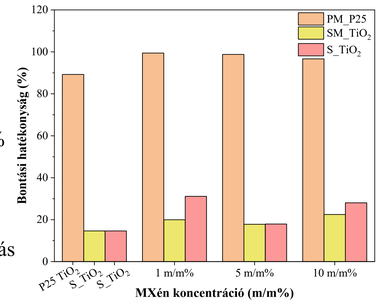
Minta neve	m/m%	Mortalitás [%]	HR	P-érték
P25 TiO_2	0.1	38.3±6.8	0.97	Nincs szignifikáns korreláció
$Ti_3C_2T_x$ MXén		46.6±7.2	1.23	
0.5 wt.% $Ti_3C_2T_x$ MXén-P25		48.0±3.3	0.99	

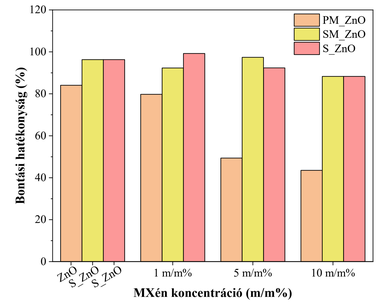


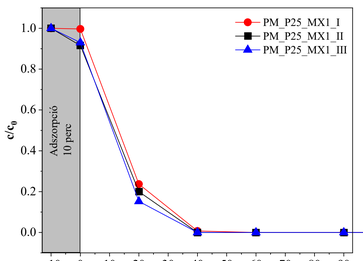
FOTOKATALÍZIS: HATÁSVIZSGÁLAT

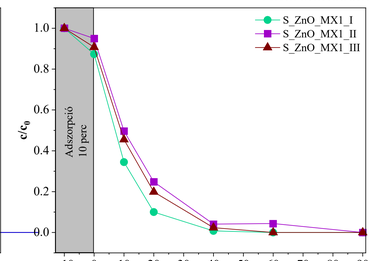
1. TiO_2 alapú kompozitok: a PM- mintasorozat,
2. ZnO alapú kompozitok: a SM- mintasorozat voltak a legaktívabb katalizátorminták.

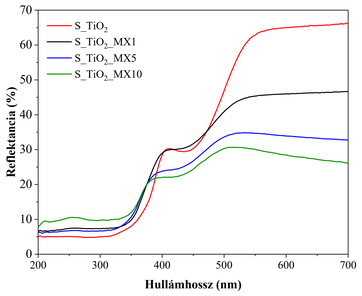
- A legtöbb MXén tartalmú minták közül, az 1 m/m% MXént tartalmazók voltak a leghatékonyabbak.
- Reprodukálhatóság: PM_P25_MX1 adatpontjai hibahatáron belül, S_ZnO_MX1 esetén kisebb szórás tapasztalható.

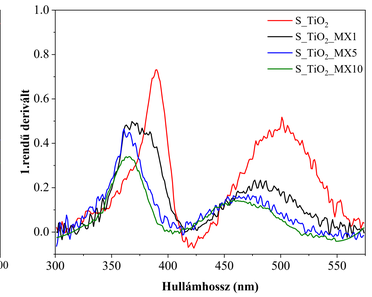












DRS-mérés eredményei:

-Az MXén jelenléte a TiO_2-alapú kompozitsorozatok PM és S jelölésűek esetén kék eltolódást eredményezett a tiszta katalizátorokhoz képest (382→361 nm és 386→361 nm)

- Ugyanezen mintasorozatoknál a számított energiaszintek változását is tapasztaltuk:
  - PM: 3,14 eV → 3,48eV
  - S: 3,04eV → 3,17eV
- ZnO-alapú mintasorozatoknál és SM_TiO_2 sorozatnál nem változtatott az MXén jelenléte az optikai átmenet és annak energiaszintjén sem

Összegzés

- A szintézismódszer jól maratott $Ti_3C_2T_x$ MXént eredményez, amelynek felületi funkciós csoportjai a szintézis módszerétől függenek.
- Hosszútávon az előállított MXén vizes közegben TiO_2-dá alakul.
- Az MXén jelenléte és annak növelése befolyásolhatja az előállított katalizátor (TiO_2) anyagi minőségét.
- Kis tömegszázalékban alkalmazva, az MXén javíthatja egyes katalizátorok fotokatalitikus aktivitását.
- TiO_2-alapú kompozitok DRS spektrumán kék eltolódást eredményezett és az ezekhez tartozó energiaszintek is változtak.
- A P25 TiO_2 nem mutatott szignifikáns toxikus hatást.
- Az MXén koncentrációjának növelésével az azt tartalmazó kompozitok toxikussága is emelkedhet.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS: Az ökotoxikológiai kísérlet a Babeș–Bolyai Tudományegyetem Biológia és Geológia Karán valósult meg, a Pannónia Ösztöndíjprogram támogatásával. Pap Zs. köszönetét fejezi ki a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíja által biztosított támogatásért. Kozma K. köszönetét fejezi ki a magyar Balassi Bálint-ösztöndíjprogramnak az Áron Márton Tehetséggondozó Ösztöndíj támogatásáért. Dávid A.-D. köszönetét fejezi ki Magyarország Talentum programjának a támogatásért.

Bolyai János Kutatási Ösztöndíj 2023