

Shrnutí

Ramanova spektrometrie je důležitou nedestruktivní analytickou metodou pro identifikaci jak anorganických tak organických látek, včetně některých mikrobiálních biomolekul. Pigmenty, jak vyplývá z jejich fyzikálně-chemické podstaty, jsou důležitými látkami z pohledu spektrální analýzy, včetně Ramanovy spektrometrie. Miniaturní Ramanovský spektrometr bude součástí analytického vybavení sond plánovaných pro astrobiologický výzkum Marsu. Tato doktorská práce je proto zaměřena na vyhodnocení potenciálu Ramanovy spektrometrie – a to jak laboratorních tak přenosných přístrojů – pro detekci pigmentů, jako stop života v evaporitech pro účely výzkumu života jak v extrémních prostředích na Zemi, tak v podmínkách mimo naší planetu – konkrétně na Marsu.

V přílohách I-III je pojednáváno o výsledcích metodické práce zabývající se β -karotenem jako modelovým pigmentem. Byly zkoumány nejnižší možné detekovatelné koncentrace tohoto biomarkeru ve třech různých evaporitických matricích – v halitu, sádrovci a epsomitu. Připravené směsi o různých koncentracích β -karotenu byly analyzovány jak přímo, tak přes krystal sádrovce či epsomitu pro simulaci analýzy β -karotenu uzavřeného v minerální matici. Pomocí laseru o vlnové délce 785 nm jsme identifikovali koncentrace β -karotenu nízké až 1 mg kg^{-1} . Srovnání s výsledky rezonanční Ramanovy analýzy s použitím excitace 514,5 nm ukazuje, že tímto způsobem lze detekovat koncentrace β -karotenu ještě zhruba o jeden řád nižší. Analýza přes síranový krystal vedla k poklesu signálu, nicméně stále bylo možno identifikovat $1\text{-}10 \text{ mg kg}^{-1}$ β -karotenu, v závislosti na použité vlnové délce laseru.

Výsledky získané pomocí přenosného Ramanova spektrometru s diodovým laserem o vlnové délce 785 nm ukazují, že pro analýzu jemnozrnných směsí může být tato instrumentace dokonce výhodnější a to zejména díky většímu průměru stopy laseru.

Navazující část práce se zabývá studiem endolitických mikroorganismů žijících v přírodních evaporitech v poušti Atacama v Chile, kde panují nejsušší podmínky na Zemi a je to tedy prostředí, které může částečně sloužit jako pozemský analog k extrémně aridním podmínkám na Marsu. V kapitole 2 jsou shrnuty dosud nepublikované výsledky měření, zabývající se Ramanovskou analýzou endoevaporitických kolonií žijících v krustách Ca-síranů (s převažujícím sádrovcem) v hyperaridním jádru pouště Atacama. Byl zjištěn systematicky se měnící Ramanovský signál karotenoidů který dobře koresponduje s polohou jednotlivých kolonií v rámci evaporitické krusty. Rozdíl ve složení karotenoidů, který byl pozorován spolu s přítomností/absencí phycobiliproteinů je důsledek kolonizace různými typy mikroorganismů - eukaryotickými řasami (většinou blíže k povrchu krusty) či sinicemi (typicky při spodní straně krusty). Ramanovský signál pigmentů lze dobře využít pro mapování výskytu jednotlivých kolonií v jejich původním mikrohabitatu pomocí streamline Ramanovské analýzy. Diskutovány jsou analytické aspekty použití excitačních délek 785 a 514.5 nm pro analýzu karotenoidů.

Článek prezentovaný jako příloha IV se věnuje Ramanovské analýze mikrobiálních společenstev (sinic) v přírodních vzorcích halitu, také z hyper-aridních oblastí pouště Atacama. Byly zjištěny různé typy pigmentů které mají UV-protektivní funkci (především scytonemin) či jsou součástí fotosyntetického aparátu. Ramanovský signál se liší v závislosti na konkrétním mikrohabitatu. Především velký rozdíl v přítomnosti spektrálních znaků

scytoneminu u jednotlivých kolonií se jeví jako velice zajímavý poznatek a může odrážet adaptaci na odlišné světelné podmínky panující v rámci jednotlivých mikrohabitátů stejně jako další faktory, které jsou diskutovány.

Ramanova spektrometrie se ukázala být vhodnou metodou pro identifikaci β -karotenu jako typického karotenoidu v nízkých koncentracích v evaporitických materiálech. Metoda je zároveň dobrým nástrojem pro studium mikroorganismů v jejich původním prostředí na základě nedestruktivní analýzy jejich pigmentů, která nám umožnila hlubší poznání autofototrofních mikroorganismů žijících v evaporitech v hyperaridních oblastech pouště Atacama.