

Doktori (PhD) értekezés tézisei

***α,β -Telítetlen aldehidek és lipidek hidrogénezése
vízoldható átmenetifém komplex katalizátorokkal***

Gombos Réka

biomérnök MSc, egyetemi tanársegéd

Témavezető: Dr. Joó Ferenc egyetemi tanár



Debreceni Egyetem
Természettudományi és Informatikai Doktori Tanács
Kémia Tudományok Doktori Iskola
Debrecen, 2019

Bevezetés és célkitűzés

A zöld kémia és a környezetbarát megoldások a szintetikus és katalitikus folyamatok esetében az utóbbi időben előtérbe kerültek. A zöld kémia egyik alapelve azt mondja ki, hogy ha a segédanyag (pl. oldószer) használata elkerülhetetlen, akkor használjunk alternatív, ún. "zöld" oldószereket. A víz nagyon különleges és hasznos „zöld” oldószer, mert alkalmas a mérgező, gyúlékony és környezet-szennyező szerves oldószerek helyettesítésére, valamint megoldható a katalizátor visszanyerése, esetleges recirkulációja.

Az α,β -telítetlen ketonok és aldehidek akár $C=C$, akár $C=O$ kötésének szelektív hidrogénezése fontos cél a szerves kémiában, az illatszer- és finomkémiai iparban.

A vízzoldható hidrogénező katalizátorok fontos alkalmazási területe a biológiai membránok módosítása is a sejtmembrán fluiditásának változtatásán keresztül, amely a telítetlen lipid komponenseik katalitikus hidrogénezésével érhető el.

Az átmenetifém-komplex katalizátorok vízzoldhatóvá tételéhez a hidrofób ligandumot annak vízzoldható analógjára szükséges cserélni. Ennek példája pl. a szulfonált trifenilfoszin (*mtpmps*), vagy a szulfonált szalén ligandum. Az utóbbiban és analógaiban található imin kötések viszont gyakran hidrolizálnak vizes reakcióelegyekben, ezért a hidrolitikusan stabilisabb szulfonált tetrahidroszalén (szulfoszalán, HSS), származékai és fémkomplexeik vizes közegben jobban alkalmazhatók.

Doktori munkám során céloomul tűztem ki a $Na_2[PdHSS]$ komplex katalitikus aktivitásának vizsgálatát vizes közegben, telítetlen lipidek és α,β -telítetlen oxovegyületek hidrogénezésében.

Ezen kívül olyan új, vízzoldható, *mtpmps* ligandumot tartalmazó Ru-karboxiláto komplexek szintézisét terveztem, amelyek a lipid rétegekbe való

beépülést elősegítő, relatíve hosszú alifás szénláncot tartalmaznak. Tervem volt a már ismert $[\text{RuH}(\text{OAc})(\text{mtppps})_3]$ komplexszel együtt az új komplexek katalitikus viselkedésének tanulmányozása liposzómák hidrogénezésében.

A $[\text{RuH}(\text{OAc})(\text{mtppps})_3]$ és a $\text{Na}_2[\text{PdHSS}]$ szelektivitását a $\text{C}=\text{C}$ és $\text{C}=\text{O}$ csoportok telítésében még nem tanulmányozták korábban. Annak érdekében, hogy szelektivitásról információt kapjak, célom volt fahéjaldehid vizes-szerves kétfázisú hidrogénezésének vizsgálata mindkét katalizátor alkalmazásával.

Alkalmazott vizsgálati módszerek

Az általam előállított komplexek szerkezetének vizsgálatára ^1H - és ^{31}P -NMR, valamint IR-spektroszkópiát alkalmaztam. Az NMR spektrumokat Bruker AV 360 MHz készüléken vettem fel szobahőmérsékleten, az IR spektrumokat pedig KBr pasztillában és ATR technikával is Perkin Elmer Spectrum One FT-IR spektrométeren.

A hidrogénezési és hidrogénátviteli reakciókat Schlenk-edényben vagy nyomásálló üvegreaktorban (12 bar teljes nyomásig) végeztem. Az állandó hőmérsékletet Thermo Scientific Haake DC10-K10 termosztáttal biztosítottam. A szonikáláshoz Branson Sonifier 250 (Branson Ultrasonics, Danbury, CT 06810, USA) készüléket használtam, az ampullák termosztálását MBT 250 blokk-termosztátban végeztem.

Az α,β -telítetlen aldehidek és hidrogénezett származékaik azonosítását Agilent 7890A típusú gázkromatográfon végeztem, HP-5 kolonna alkalmazásával. A vivőgáz nitrogén volt.

A zsírsavak, lipidek és sejtmembrán hidrogénezésének termékeit láng-ionizációs detektorral ellátott Hewlett-Packard 5890 Series II típusú gázkromatográfon azonosítottam, a vivőgáz argon volt. Az alkalmazott kolonna típusa a szubsztrátum típusától is függött: SP2330, HP-ULTRA2 és HP-88 kolonnákon mértem.

A koleszterin és származékai ^1H -NMR spektroszkópiás méréseit szobahőmérsékleten, BRUKER DRX 400 készüléken végeztem.

A *Pseudomonas putida* Fl baktérium lipidösszetételének meghatározásához a baktériumtenyészet egy-egy részletét centrifugáltam MLW T24 készüléken, 900/perc fordulatszámom, majd a sejteket vízben szuszpendáltam. A $\text{Na}_2[\text{PdHSS}]$ vegyület toxicitásának vizsgálatához a baktérium növekedési görbéjét vettem fel a

komplexet katalitikus koncentrációban tartalmazó és nem tartalmazó BSM táptalajban a 600 nm hullámhosszon mért optikai denzitás értékek mérésével és összehasonlítottam a növekedési görbéket.

Rövidítések magyarázata

BSM: Basalt Salt Medium táptalaj

DBN: 1,5-diazabiciklo[4.3.0]nonén

fahéjaldehid: 3-fenil-2-propenal

fahéjalkohol: 3-fenil-2-propén-1-ol

mtpms: 3-difenilfoszfinobenzolszulfonsav nátriumsója

HSS: szulfonált tetrahidroszalén, szulfoszalán

OAc: acetát

OD₆₀₀: optikai denzitás értéke 600 nm hullámhosszon

OLau: laurát (dodekanoát)

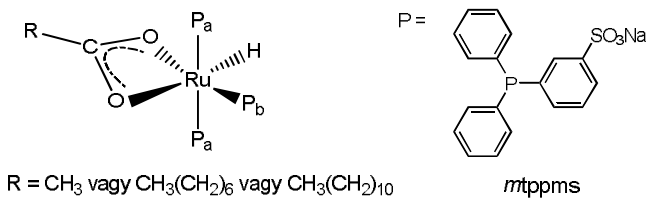
OOc: oktanoát

Tris: trisz(hidroximetil)aminometán

Új tudományos eredmények

1. Szilárd formában előállítottam két új, az irodalomban még nem ismert, vízdíszható Ru(II)-karboxilátó komplexet: a $[RuH(OOc)(mtppps)_3]$ és $[RuH(OLau)(mtppps)_3]$ komplex katalizátorokat és azokat 1H - és ^{31}P -NMR, valamint IR spektroszkópiával jellemeztem. Meghatároztam a már ismert^[1] $[RuH(OAc)(mtppps)_3]$ komplex katalizátor 1H -, valamint ^{31}P -NMR paramétereit is.

Az új komplexek előállításához az irodalomból az analóg $[RuH(OAc)(mtppps)_3]$ esetében már ismert^[1] módszert alkalmaztam. A három komplex szerkezeti jellemzését IR és/vagy 1H - és ^{31}P -NMR spektroszkópiával végeztem el. Az IR adatok alapján mindhárom komplex esetében a karboxilátó ligandum kétfogú koordinációját igazoltam. A spektroszkópiai adatok alapján javaslatot tettem a komplexek feltételezett szerkezetére (ld. 1. ábra)

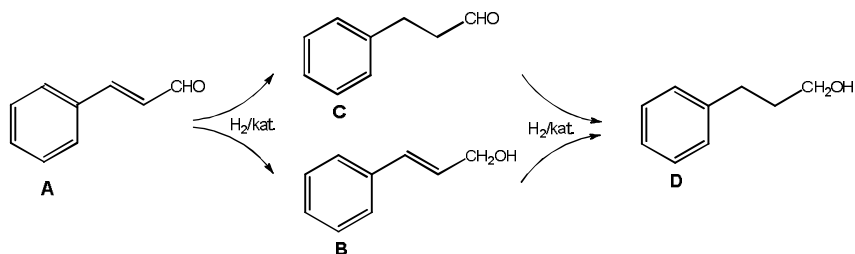


1. ábra: A $[RuH(OAc)(mtppps)_3]$, $[RuH(OOc)(mtppps)_3]$ és $[RuH(OLau)(mtppps)_3]$ komplexek javasolt szerkezete

[1] Z. Tóth, F. Joó, M. T. Beck (1980) *Inorg. Chim. Acta*, 42, 153–161

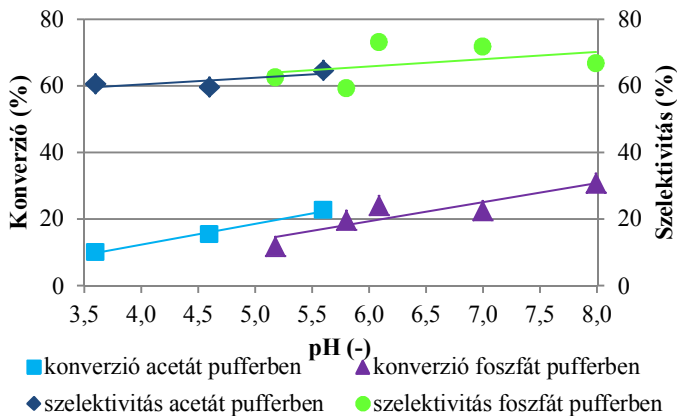
2. Igazoltam, hogy a $[RuH(OAc)(mtppps)_3]$ komplex katalizátor aktív és szelektív fahéjaldehid katalitikus hidrogénezésében.

A $[RuH(OAc)(mtppps)_3]$ komplex fahéjaldehid vizes-szerves kétfázisú hidrogénezésében $80\text{ }^\circ\text{C}$ -on, vizes közegben, 4–10 bar hidrogénnyomáson aktívnak bizonyult. A reakcióelegyben a szerves fázist a fahéjaldehid (A) és hidrogénezett termékei: fahéjalkohol (B), 3-fenil-1-propanal (C) és 3-fenil-1-propanol (D) alkották.



2. ábra: Fahéjaldehid hidrogénezése

A hidrogénezési reakció szelektivitása a C=O kötés telítésére nézve pH- és nyomásfüggő volt, de minden esetben 59% feletti értéket adott. A komplex aktivitását a hidrogénezési reakcióban a foszfát puffer alkalmazása kis mértékben csökkentette, míg az acetát puffer nem mutatott ilyen hatást. A pH növelése mindkét puffer esetében növelte a konverzió értékét.



3. ábra: Fahéjaldehid hidrogénezésének pH-függése $[\text{RuH}(\text{OAc})(\text{mtpms})_3]$ katalizátorral
 Reakciókörülmények: $n(\text{komplex}) = 10^{-5}$ mol, $n(\text{fahéjaldehid}) = 8 \times 10^{-4}$ mol,
 $V(\text{puffer}) = 3$ ml, $T = 80$ °C, $t = 2$ h, $p(\text{H}_2) = 7$ bar

3. Megállapítottam, hogy az általam előállított $[\text{RuH}(\text{OAc})(\text{mtppps})_3]$ és $[\text{RuH}(\text{OOC})(\text{mtppps})_3]$ komplexek katalizálják szójalecitin liposzóma hidrogénezését enyhe körülmények között is.

Mind a $[\text{RuH}(\text{OAc})(\text{mtppps})_3]$, mind a $[\text{RuH}(\text{OOC})(\text{mtppps})_3]$ komplex alkalmasnak bizonyult lipidek hidrogénezésére enyhe körülmények között. A fahéjaldehid hidrogénezési reakciójánál tapasztaltakhoz hasonlóan megállapítottam, hogy a $[\text{RuH}(\text{OAc})(\text{mtppps})_3]$ katalizátor esetében foszfát puffer mint oldószer használata kisebb konverziót eredményez az ioncserélt vízben végbemenő reakcióhoz képest (40 °C-on, 5 bar hidrogén alatt, 2 h reakcióidővel a konverzió értéke 21% helyett 11% lett). Az 1. táblázat adataiból jól látszik, hogy a $[\text{RuH}(\text{OAc})(\text{mtppps})_3]$ katalizátor aktívabb a $[\text{RuH}(\text{OOC})(\text{mtppps})_3]$ komplexnél (40 °C-on, 1 bar hidrogén alatt, 2 h reakcióidővel a konverzió értéke 1% helyett 8%), de ez a különbség a hidrogéngáz nyomásának növelésével csökken (10,6% helyett 11,3%).

1. táblázat: Szójalecitin liposzóma hidrogénezése foszfát pufferben

Katalizátor	T (°C)	p _{H₂} (bar)	t (h)	Konverzió (%)
[RuH(OAc)(mtppps) ₃]	25	1	2	0,2
	25	4	2	1,2
	25	5	2	3,7
	40	1	2	8,4
	40	5	2	11,3
[RuH(OOC)(mtppps) ₃]	40	1	1	0,8
	40	1	2	1,2
	40	1	3	2,0
	40	5	2	10,6

Reakciókörülmények: n(katalizátor) = $4,6 \times 10^{-6}$ mol, m(szójalecitin) = 4 mg,
V(puffer) = 3 ml, pH = 6,93

4. Kimutattam, hogy az ismert^[2], vízben stabilis $\text{Na}_2[\text{PdHSS}]$ komplex kiemelkedő katalitikus aktivitást mutat különböző $\text{C}=\text{C}$ és $\text{C}=\text{O}$ kötéseket tartalmazó modellvegyületek hidrogénezési reakciójában.

A $\text{Na}_2[\text{PdHSS}]$ nagyon aktív katalizátornak bizonyult telített és telítetlen aldehidek hidrogénezésében, ld. 2. táblázat. Fahéjaldehid és krotonaldehid mint az α,β -telítetlen aldehidek képviselői esetében a katalizátor szelektívnek bizonyult a $\text{C}=\text{C}$ kötés hidrogénezésére a $\text{C}=\text{O}$ telítésével szemben. A fahéjaldehid hidrogénezésekor megállapítottam, hogy a pH növelése csökkenti mind a konverziót, mind a szelektivitást valamennyi alkalmazott puffer (acetát, $\text{Tris}\cdot\text{HBF}_4$ és foszfát) esetében.

2. táblázat: Telített és telítetlen aldehidek hidrogénezése $\text{Na}_2[\text{PdHSS}]$ komplexszel

Sorszám	Szubsztrátum	Konverzió (Szelektivitás ^a , % (%))
1	fahéjaldehid	99,9 (93)
2 ^b	fahéjaldehid	87 (96)
3 ^c	fahéjaldehid	86 (98)
4 ^{b,d}	4-metoxifahéjaldehid	98 (57)
5 ^{c,d}	4-nitrofahéjaldehid	3 (100)
6 ^d	krotonaldehid	66 (100)
7 ^d	3-metil-2-butenal	22 (72)
8	3-metil-butanal	13
9	hexanal	11
10	dekanal	3
11	benzaldehid	90
12	4-fluor-benzaldehid	89
13	4-(trifluorometil)-benzaldehid	84
14	3-fluor-benzaldehid	2
15	2-fluor-benzaldehid	1
16	3-metil-benzaldehid	14
17	vanillin	5
18 ^c	vanillin	1

Reakciókörülmények: $n(\text{Na}_2[\text{PdHSS}]) = 2,5 \times 10^{-7}$ mol, $n(\text{aldehid}) = 2,5 \times 10^{-4}$ mol, $T = 80$ °C, $V(\text{H}_2\text{O}) = 3,15$ ml, $t = 2$ h, $p(\text{H}_2) = 5$ bar, ^atelített aldehid százalékos aránya a termékek között, ^boldószer: 3,1 ml H_2O és 63 μl toluol, ^coldószer: 0,65 ml H_2O és 2,5 ml toluol, ^d $t = 4$ h

[2] K. Voronova, M. Purgel, A. Udvardy, A. C. Bényei, Á. Kathó, F. Joó (2013) *Organometallics*, 32(15), 4391–4401

5. Igazoltam, hogy a $\text{Na}_2[\text{PdHSS}]$ komplex katalitikusan aktív fahéjaldehid transzfer hidrogénezésében 2-propanolról különböző bázisok jelenlétében, továbbá katalizálja a redukciót is nátrium-borohidriddel.

A $\text{Na}_2[\text{PdHSS}]$ komplex aktívnek bizonyult 2-propanolról fahéjaldehid transzfer hidrogénezésében különböző bázisok jelenlétében (ld. 3. táblázat). Az alkalmazott szerves és szervetlen bázisok közül a NaOH, KOH és DBN bizonyult optimálisnak. A katalizátor ebben az esetben is nagy szelektivitást mutatott a C=C kötés telítésére a C=O kötéssel szemben.

3. táblázat: Bázisok hatása a fahéjaldehid hidrogénezésére hidrogénátviteli reakcióban

Bázis	Konverzió (%)
NaOH	100
KOH	89
Na_2CO_3	45
Cs_2CO_3	44
K_2CO_3	42
KHCO_3	13
1,5-diazabicyklo[4.3.0]nonén	70
dietil-amin	47
triethyl-amin	22
CH_3COONa	5
HCOONa	4

Reakciókörülmények: $n(\text{Na}_2[\text{PdHSS}]) = 2,5 \times 10^{-7}$ mol, $n(\text{bázis}) = 1,25 \times 10^{-4}$ mol,
 $n(\text{fahéjaldehid}) = 2,5 \times 10^{-4}$ mol, $V(\text{H}_2\text{O}) = 2,45$ ml, $V(2\text{-propanol}) = 0,7$ ml,
 $T = 80$ °C, $t = 2$ h, $p(\text{Ar}) = 1$ bar

Nátrium-borohidrid alkalmazásakor a szelektivitás értéke megváltozott: 11% konverzió értékig a fahéjaldehid (B) volt a fő termék, majd a telített alkohol (D) lett. A telített aldehid (C) még 90% konverzió esetében is csak 1%-ban jelent meg a reakcióelegyben.

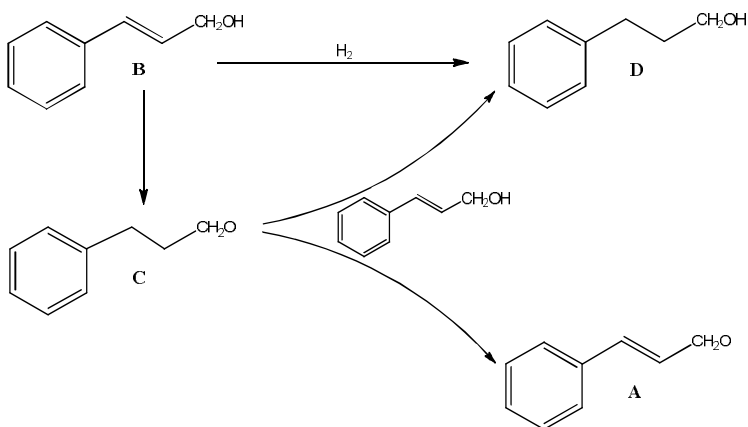
6. Megállapítottam, hogy a $\text{Na}_2[\text{PdHSS}]$ komplex kiváló aktivitást mutat fahéjalkohol hidrogénezésében enyhe körülmények között.

A $\text{Na}_2[\text{PdHSS}]$ komplex katalizátor már $20\text{ }^\circ\text{C}$ -on, 5 bar hidrogén alatt is aktív fahéjalkohol hidrogénezésében. 1 h alatt $\sim 8\%$ konverzió érhető el, és ez az érték $80\text{ }^\circ\text{C}$ -on $\sim 98\%$ -ra növekszik (ld. 4. táblázat). A reakcióelegyek összetételéből megállapítottam, hogy a reakció során nemcsak hidrogénezés, hanem redox izomerizáció is történik (ld. 4. ábra).

4. táblázat: Fahéjalkohol hidrogénezésének hőmérsékletfüggése

t (h)	T ($^\circ\text{C}$)							
	20		40		60		80	
Fahéjalkohol (B)	91,7	89,8	73,7	69,2	8,0	1,1	2,1	0,3
3-Fenil-1-propanol (D)	3,0	5,2	20,8	21,5	77,5	96,5	87,2	96,4
3-Fenil-1-propanal (C)	1,4	0,3	1,1	1,2	10,2	1,7	5,6	3,3
Fahéjaldehid (A)	4,0	4,7	4,3	8,1	4,3	0,7	5,1	0

Reakciókörülmények: $n(\text{Na}_2[\text{PdHSS}]) = 2,5 \times 10^{-7}$ mol, $n(\text{fahéjalkohol}) = 2,5 \times 10^{-4}$ mol,
 $V(\text{H}_2\text{O}) = 3,15$ ml, $p(\text{H}_2) = 5$ bar

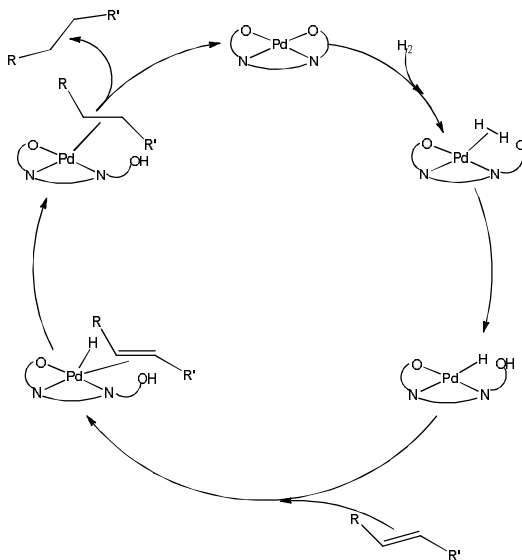


4. ábra: Fahéjalkohol hidrogénezése és redox izomerizációja

7. *Javaslatot tettem a $\text{Na}_2[\text{PdHSS}]$ komplex által katalizált hidrogénezési reakció mechanizmusára.*

Az általam javasolt mechanizmus lépései a következők:

1. H_2 koordinációja a palládiumhoz.
2. A koordinált H_2 heterolitikus hasadása hidriddé és protonná.
3. A hidrid koordinációja a palládiumhoz.
4. A proton kapcsolódása az egyik fenolát oxigénhez.
5. Szubsztrátum koordinációja a palládiumhoz.
6. Hidrid transzfer a palládiumról a $\text{C}=\text{C}$ kötés egyik szénatomjára.
7. Pd-alkil intermedier protonálódása a szomszédos fenolos OH csoportról.
8. A termék dekoordinálódása és a fenolát oxigén koordinációja a palládiumhoz (a komplex készen áll az új katalitikus ciklusra).



5. ábra: $\text{Na}_2[\text{PdHSS}]$ -katalizált alkén hidrogénezés javasolt mechanizmusa

8. Megállapítottam, hogy a $\text{Na}_2[\text{PdHSS}]$ komplex katalitikusan aktív és szelektív különböző lipid vegyületek hidrogénezésében vizes diszperzióban, enyhe körülmények között.

A $\text{Na}_2[\text{PdHSS}]$ komplex katalizátor enyhe körülmények között (25–37 °C, 1–7 bar H_2) szabad zsírsavak (olajsav, linolsav), szójalecitin, koleszterint tartalmazó szójalecitin és hosszú szénláncú, több telítetlen kötést tartalmazó zsírsavak (eikozapentaénsav-etilészter és dokozahexaénsav-etilészter) elegyének hidrogénezésében is aktívnak bizonyult.

Megállapítottam, hogy az olajsav hidrogénezése során nemcsak telítés, hanem izomerizációs reakció is végbemegy, nagy mennyiségű elaidinsav is megjelenik a reakcióelegyben.

A szójalecitin hidrogénezése esetében kimutattam, hogy a hidrogéngáz nyomásának növelése csak kis mértékben növeli a konverziót és a reakcióidő 3 h-ról 20 h-ra növelése is csak ~20%-os növekedést eredményez. Ez arra utal, hogy a modellmembránban a lipid komponensek szoros illeszkedése miatt nem minden telítetlen kötés volt hozzáférhető a katalizátor számára.

Hasonlóképpen a koleszterin és szójalecitin elegyében a koleszterintartalom növekedésével a konverzió mértéke csökkent (a folyamat során a koleszterin hidrogénezése nem történt meg).

Több telítetlen kötést tartalmazó, hosszabb szénláncú zsírsavak (eikozapentaénsav, dokozahexaénsav) etil-észtereinek hidrogénezési reakciója önmagában nem történt meg, de szójalecitinnel keverve a katalizátor aktívnak bizonyult hidrogénezésükben (~10% lett a konverzió).

9. Megállapítottam, hogy a $\text{Na}_2[\text{PdHSS}]$ komplex alkalmas a *Pseudomonas putida* F1 baktériumsejt membránjának módosítására katalitikus hidrogénezés révén.

Megállapítottam, hogy a $\text{Na}_2[\text{PdHSS}]$ -katalizált sejtmembrán hidrogénezés (37 °C, 4 h, 3 bar H_2) esetében a telítetlenség mértékének csökkenése ~10% (ld. 5. táblázat). Kimutattam, hogy a hidrogénezés mellett a C=C kötések helyzeti és geometriai (*cisz-transz*) izomerizációja is lejátszódott. A hidrogénezés és annak körülményei nem voltak hatással a sejtek életképességére.

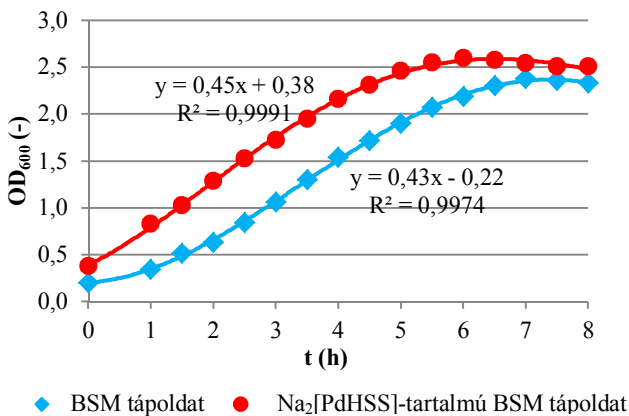
5. táblázat: A *Pseudomonas putida* F1 baktérium fő lipid összetevőinek egymáshoz viszonyított aránya hidrogénezés előtt és után
(gázkromatográfiás módszerrel meghatározva; terület% adatok)

Zsírsav	Kontroll	Hidrogénezett
16:0	30,9	35,9
16:1	9,2	13,5
16:1	24,6	14,1
17:0	4,7	3,1
18:0	5,2	10,1
18:1	1,5	2,0
18:1	2,2	4,6
18:1	21,7	16,7

A hidrogénezés körülményei: $n(\text{Na}_2[\text{PdHSS}]) = 7,5 \times 10^{-7}$ mol, $V(\text{H}_2\text{O}) = 3,04$ ml,
 $T = 37$ °C, $t = 4$ h, $p(\text{H}_2) = 3$ bar

10. Kimutattam, hogy a $\text{Na}_2[\text{PdHSS}]$ vegyület katalitikus koncentrációban nem toxikus a *Pseudomonas putida F1* baktériumsejtre nézve.

A $\text{Na}_2[\text{PdHSS}]$ komplexet katalitikus koncentrációban tartalmazó és nem tartalmazó tápoldatban felvett növekedési görbék alapján (ld. 6. ábra) megállapítottam, hogy a vegyület nem toxikus a baktériumsejtre, annak életképességét, szaporodását, a tenyészet növekedését nem befolyásolta.



6. ábra: A *Pseudomonas putida F1* baktérium növekedési görbéje $\text{Na}_2[\text{PdHSS}]$ komplexet tartalmazó (●) és nem tartalmazó BSM tápoldatban (◆)

Tudományos publikációk

Az értekezés témájához kapcsolódó közlemények:

Angol nyelvű közlemények nemzetközi folyóiratban:

1. Réka Gombos, Brigitta Nagyházi, Ferenc Joó: Hydrogenation of α,β -unsaturated aldehydes in aqueous media with a water-soluble Pd(II)-sulfosalan complex catalyst *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis* **2019**, 126, 439–451 (IF: 1.428)
2. Réka Gombos, Ferenc Joó: Selective hydrogenation of cinnamaldehyde and phospholipids in aqueous-organic biphasic systems with ruthenium(II) complex catalysts *Green Processing and Synthesis* **2014**, 3, 127-132, (IF. (5-year): 1.170)

Az értekezés témakörében bemutatott poszterek:

1. Réka Gombos, Ferenc Joó: Selective hydrogenations in aqueous-organic biphasic systems with ruthenium(II) complex catalysts, 1st EuCheMS Congress on Green and Sustainable Chemistry, 2013, Budapest, Magyarország (Book of abstracts P-12, 84.o.)
2. Réka Gombos, Brigitta Nagyházi, Ferenc Joó: Application of a Pd(II)-sulfosalan complex in hydrogenation reactions, XXII. Nemzetközi Vegyészkonferencia, 2016, Temesvár, Románia (Book of abstracts 95.o.)
3. Réka Gombos, Brigitta Nagyházi, Ferenc Joó: Application of a Pd(II)-sulfosalan catalyst in aqueous hydrogenation reactions, EuCheMS International Organometallic Conference XXII, 2017, Amszterdam, Hollandia (Book of abstracts, Poster 81.)

Az értekezésben nem tárgyalt témakörben bemutatott poszterek:

1. Eleonora Marian, Tünde Jurca, Mihály Braun, Réka Gombos, Imre Tóth: Comparative study of five herbal products from *Salvia officinalis* using ICP-AES and ATR techniques, XX. Nemzetközi Vegyészkonferencia, 2014, Kolozsvár, Románia (Book of abstracts 112.o.)
2. Réka Gombos, Edina Baranyai, Sándor Harangi, Tamás Kézi, Károly Tökési Major and trace elements in animal bones - search for environmental effects, 27th International Conference on Atomic Collisions in Solids (ICACS-27), 2016, Lanzhou, China (Programme and Book of abstract 210. o.)
3. Tamás Varga, Róbert Janovics, Árpád Bihari, Réka Gombos, Levente Karaffa, Ferenc Joó, Mihály Molnár: Investigation of TCE digestion by bacteria using radiocarbon labelling, 2nd International Radiocarbon in the Environment Conference, 2017, Debrecen, Magyarország (Book of abstracts 114.o.)



**DEBRECENI
EGYETEM**

**DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR**

H-4002 Debrecen, Egyetem tér 1, Pf.: 400
Tel.: 52/410-443, e-mail: publikaciok@lib.unideb.hu

Nyilvántartási szám: DEENK/304/2019.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Gombos Réka
Neptun kód: BO23R9
Doktori Iskola: Kémiai Tudományok Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10060800

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (2)

1. **Gombos, R.**, Nagyházi, B., Joó, F.: Hydrogenation of α,β -unsaturated aldehydes in aqueous media with a water-soluble Pd(II)-sulfosalan complex catalyst.
React. Kinet. Mech. Catal. 126 (1), 439-451, 2019. ISSN: 1878-5190.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11144-018-1488-8>
IF: 1.428 (2018)
2. **Gombos, R.**, Joó, F.: Selective hydrogenation of cinnamaldehyde and phospholipids in aqueous-organic biphasic systems with ruthenium(II) complex catalysts.
Green Process. Synth. 3 (2), 127-132, 2014. ISSN: 2191-9542.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1515/gps-2014-0003>
IF: 1.125

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 2,553

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre): 2,553

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudománytermetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2019.09.01.

