



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
VEGYÉSZMÉRNÖKI ÉS BIOMÉRNÖKI KAR
OLÁH GYÖRGY DOKTORI ISKOLA

**α -AMINOFOSZFONÁTOK ÉS ROKON VEGYÜLETEK
SZINTÉZISE MIKROHULLÁMÚ KÖRÜLMÉNYEK
KÖZÖTT**

Tézisfüzet

Szerző:

Tajti Ádám

Témavezető:

Dr. Keglevich György

Konzulens:

Dr. Bálint Erika

Szerves Kémia és Technológia Tanszék

2019

1. Bevezetés

Az α -aminofoszfónát-származékok kiemelt szerepet töltenek be a szerves foszforvegyületek között.¹ Az α -aminosavak foszfor-analógaiként többféle hatásterületen is potenciális biológiai aktivitással rendelkeznek, mely új származékok szintézisét, illetve az előállítási lehetőségeik folyamatos fejlesztését teszi indokolttá.

Kutatómunkámat a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Szerves Kémia és Technológia Tanszék Foszfororganikus és Környezetbarát szintézisekkel foglalkozó kutatócsoportjában Dr. Keglevich György és Dr. Bálint Erika irányításával végeztem.

Doktori munkám során új α -aminofoszfónát- és aminometilén-biszfoszfónát-származékok előállítását tűztük ki célul. A reakciókat katalizátor és – lehetőség szerint – oldószer alkalmazása nélkül kívántuk megvalósítani.

Kutatócsoportunkban már számos esetben igazolták a mikrohullámú (MW) technika hatékonyságát.² A reakciók a legtöbb esetben gyorsabban, jobb termeléssel és szelektívebben játszódtak le, illetve lehetővé vált a katalizátorok és/vagy oldószerek mennyiségének csökkentése vagy teljes elhagyása. A technika alkalmazásának előnyeit figyelembe véve, az átalakításokat MW körülmények között végeztük.

További célunk volt az alapanyagként szolgáló, a foszforatomon különböző alkoxycsoportokat tartalmazó „vegyes” dialkil-foszfitek szintézisének kidolgozása alkoholízzel, mely során értékes, kereskedelmi forgalomban nem elérhető P-reagensek állíthatók elő.

Célul tűztük ki egy folyamatos MW rendszer kialakítását is, melyben különféle szerves foszforvegyületek áramlásos szintézisét kívántuk megvalósítani.

2. Irodalmi háttér

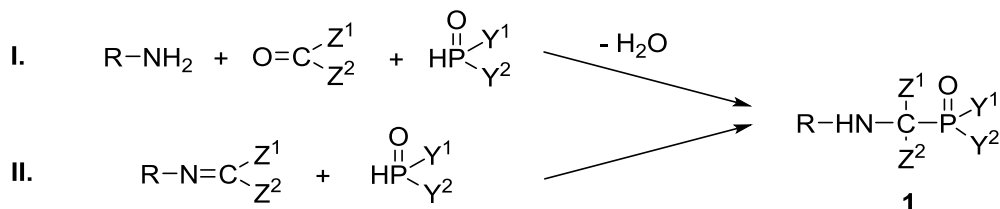
Az α -aminofoszfónátok (**1**) az α -aminosavak szerkezeti foszfor-analógjai: alapvázukban a karbonsav-funkciót egy foszfónát egység helyettesíti.¹ A szerkezeti hasonlóságból adódóan széleskörű biológiai aktivitással rendelkezhetnek. Származékaikat enziminhibitorként, antibiotikumként, illetve vírusellenes- és rákellenes szerként is alkalmazhatják. Gyógyászati felhasználásuk mellett, fontos gyomirtó és gombaölő készítmények hatóanyagaként is szolgálhatnak.

A leggyakrabban alkalmazott előállítási lehetőségeik a Kabachnik–Fields- (vagy foszfa-Mannich)-reakció (**I**), amely egy primer vagy szekunder amin, egy oxovegyület (aldehid vagy

¹ Hudson, H. R.; Kukhar, V. P. *Aminophosphonic and aminophosphinic acids: chemistry and biological activity*; Wiley: Chichester, 2000.

² Keglevich G.; Kiss, N. Z.; Grün, A.; Bálint, E.; Kovács, T. *Synthesis* **2017**, *49*, 3069.

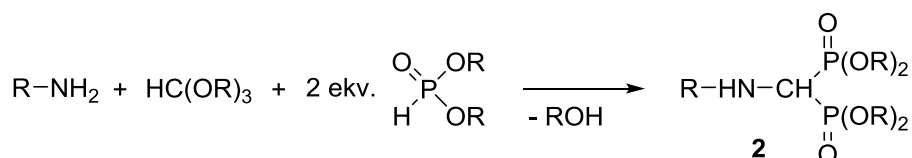
keton) és egy >P(O)H reagens „one-pot” kondenzációja, illetve a Pudovik (vagy aza-Pudovik)-reakció (II), mely során >P(O)H vegyületek addíciója játszódik le iminek (Schiff-bázisok) C=N kettőskötésére (1. ábra).³ Jellemzően mindkét reakciótípust oldószer és/vagy katalizátor jelenlétében hajtják végre, figyelmen kívül hagyva a környezetbarát megvalósítást.



1. ábra Az α -aminofoszfónátok (1) előállítása Kabachnik–Fields- (I) és Pudovik-reakcióval (II)

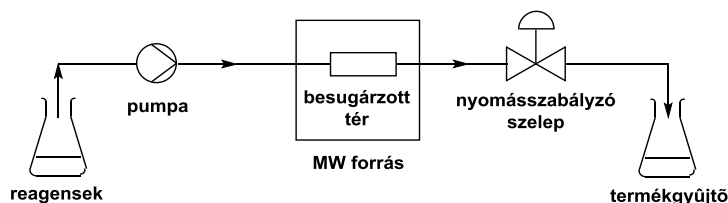
Az aminometilén-biszfoszfónátok (2) olyan foszfororganikus vegyületek, ahol egy központi szénatomon egy aminfunkció és két foszfónátcsoport található.⁴ A természetes aminosavak foszfor-, valamint a szubsztituált hidroximetilén-biszfoszfónátok (dronátok) amino-analógjaiként potenciálisan biológiailag aktív vegyületek.

Az aminometilén-biszfoszfónátokat (2) leggyakrabban egy amin, egy trialkil-ortoformiát és két molekula dialkil-foszfít kondenzációjával állítják elő (2. ábra), melyet általában nem optimalizáltak. Emellett a szekunder foszfin-oxidok hasonló reakciója nem ismert az irodalomban.



2. ábra Aminometilén-biszfoszfónátok (2) szintézise háromkomponensű kondenzációval

A folyamatos MW reaktorokban a MW technika és az áramlásos kémia kombinációja valósul meg: az áramló reakcióelegy melegítése MW besugárással történik (3. ábra).⁵ A technológia a szerves foszforkémiában egy új területnek számít.



3. ábra Egy folyamatos MW rendszer sematikus ábrája

³ Bálint, E.; Tripolszky, A.; Tajti, Á. *Synthesis of α -aminophosphonates by the Kabachnik–Fields reaction and by the Pudovik reaction*. In: *Organophosphorus Chemistry*; Keglevich, G. (ed.); Walter de Gruyter: Berlin, 2018, p 108.

⁴ Romanenko, V. D.; Kukhar, V. P. *Arkivoc* **2012**, 127.

⁵ Bálint, E.; Keglevich, G. *The Spread of the Application of the Microwave Technique in Organic Synthesis. In Milestones in Microwave Chemistry*; Keglevich, G. (ed.); Springer: Switzerland, 2016, p 1.

3. Kísérleti módszerek és eszközök

A MW besugárzással végzett reakciókat egy 300 W-os CEM Discover[®] típusú, nyomásfeltétellel ellátott MW reaktorban hajtottuk végre. A folytonos MW reakciókat egy CEM Flow Cell Accessory[®] folyamatos áramlási cellával felszerelt 300 W-os CEM Discover[®] MW reaktorból, egy HPLC pumpából, egy hűtőkörből, valamint egy 250 Psi (17,2 bar) nyomású nyomásszabályozó szelepből álló rendszer felhasználásával végeztük.

A termékek tisztítására oszlopkromatográfiát alkalmaztunk. A reakciók lejátszódását gázkromatográfiás (GC) vagy folyadékkromatográfiás (HPLC), illetve vékonyréteg kromatográfiás (VRK) vizsgálatokkal követtük. A termékeket GC-MS és/vagy HPLC-MS mérésekkel azonosítottuk. Az előállított vegyületeket ³¹P, ¹³C és ¹H NMR spektroszkópiával jellemeztük, továbbá HRMS adatokkal azonosítottuk. Néhány származék szerkezetét egykristály röntgendiffrakció segítségével is alátámasztottuk.

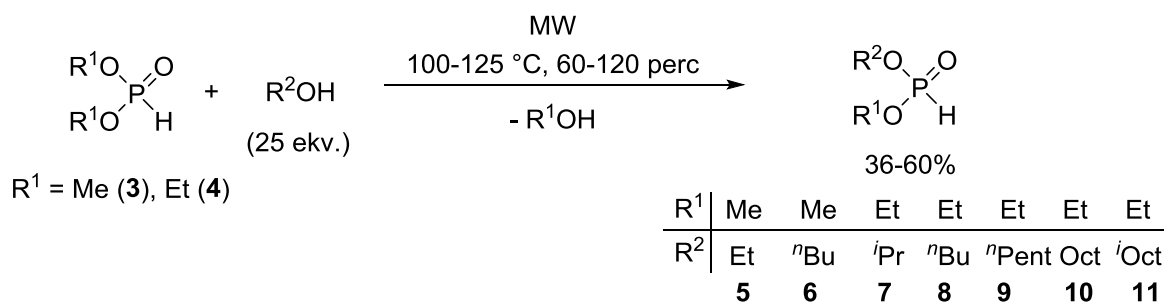
Az elméleti kémiai számítások B3LYP/6-31G (d,p) módszerrel készültek.

4. Eredmények

4.1. α -Aminofoszfónát-származékok előállítása Kabachnik–Fields-reakcióval

4.1.1. Etil-oktil- α -aminofoszfónát-származékok előállítása

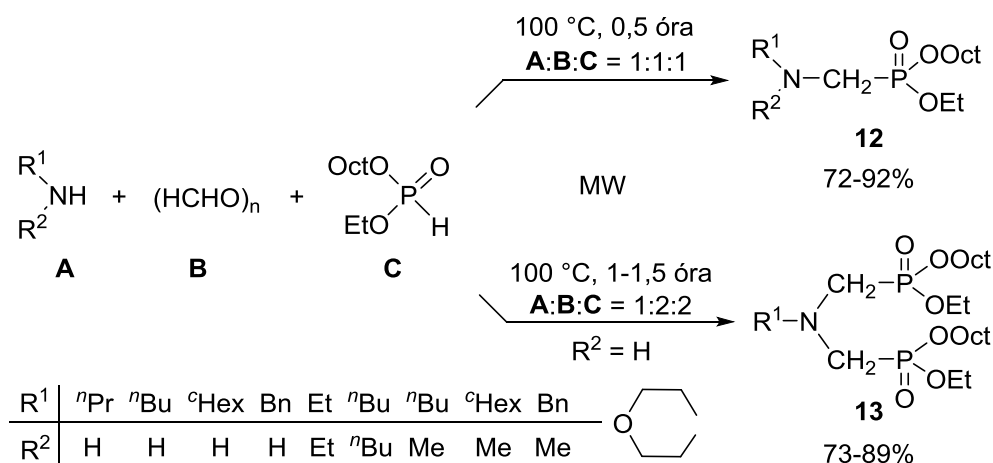
Munkám első részében kidolgoztam néhány, a kereskedelmi forgalomban nem kapható, a foszforatomon különböző alkoxicsoportokat tartalmazó dialkil-foszfít (**5-11**), köztük az etil-oktil-foszfít (**10**), előállítását dimetil- (**3**) és dietil-foszfít (**4**) részleges alkoholízisével (4. ábra). Összesen hét származékot (**5-11**) szintetizáltam, melyek közül négy (**6, 9-11**) új vegyület [1].



4. ábra Vegyes dialkil-foszfítok (**5-11**) előállítása alkoholízissel

Etil-oktil-foszfítból (**10**), primer vagy szekunder aminokból és paraformaldehidből kiindulva tanulmányoztam a foszforatomon különböző alkoxicsoportokat tartalmazó α -aminofoszfónát-származékok szintézisét (5. ábra). Az egyszeres és kétszeres Kabachnik–Fields-reakciók során tíz

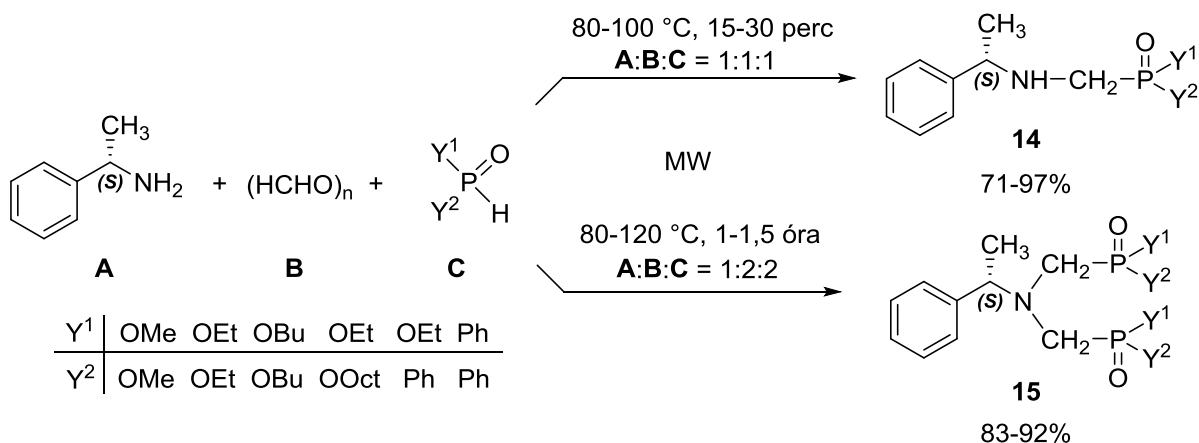
új etil-oktil- α -aminofoszfónátot (**12**) és négy új *N,N*-bisz(etiloktilfoszfonometil)amint (**13**) állítottam elő 72-92%-os hozammal [2].



5. ábra Etil-oktil- α -aminofoszfónát-származékok (**12** és **13**) szintézise

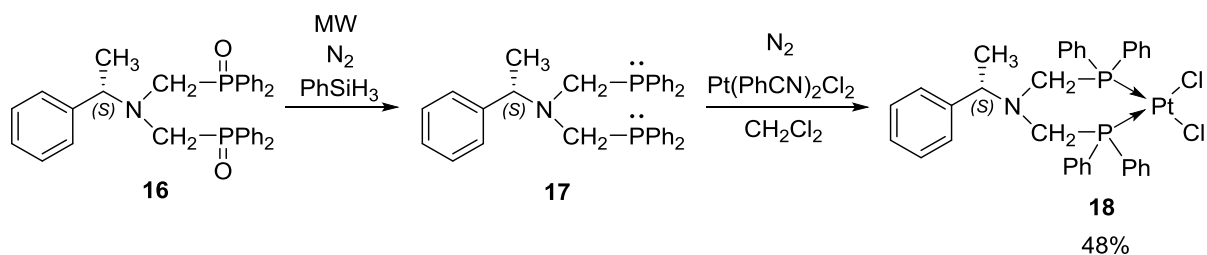
4.1.2. (*S*)- α -Feniletilaminofoszfónátok és rokon vegyületek előállítása

Elsőként valósítottam meg optikailag aktív α -aminofoszfónát-származékok (**14** és **15**) előállítását (*S*)- α -feniletilamin, paraformaldehid és $>\text{P}(\text{O})\text{H}$ reagensek Kabachnik–Fields-kondenzációjával (6. ábra). Összesen tíz új optikailag aktív α -aminofoszfónát-származékot (**14** és **15**) szintetizáltam [3].



6. ábra (*S*)- α -Feniletilamin, paraformaldehid és $>\text{P}(\text{O})\text{H}$ reagensek Kabachnik–Fields-reakciója

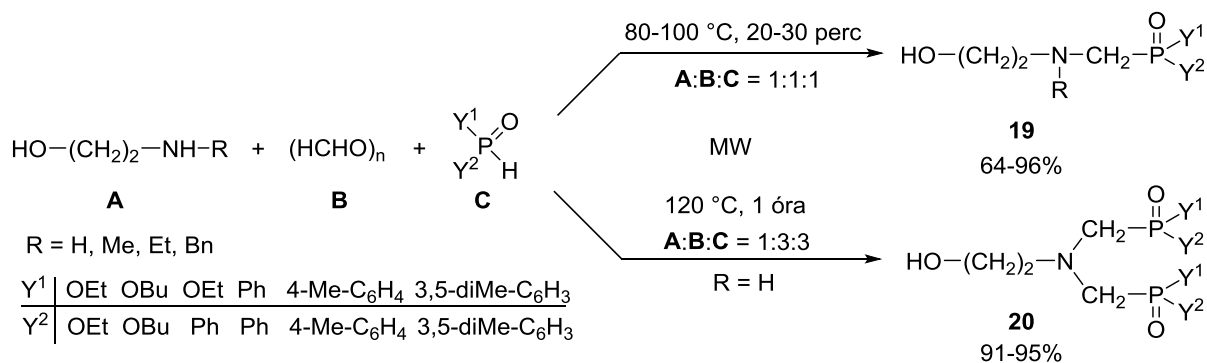
Az (*S*)-*N,N*-bisz(difenilfoszfinoilmetil)- α -feniletilamin (**16**) deoxigénezésével nyert optikailag aktív biszfoszfint (**17**) kétfogú P-ligandumként hasznosítottam **18** platina-komplex szintézisében (7. ábra) [3].



7. ábra Platina-komplex (18) szintézise 16 vegyületből nyert optikailag aktív biszfoszfintól (17)

4.1.3. 2-Hidroxietil- α -aminofoszfónát-származékok előállítása

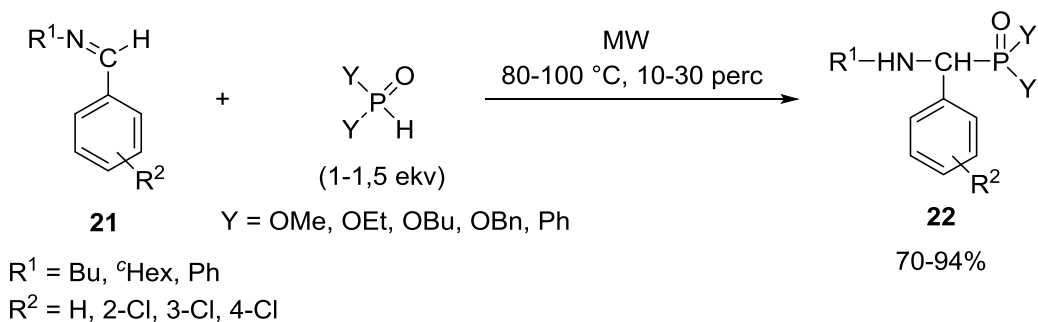
Aminoalkoholok foszfa-Mannich-reakcióját is tanulmányoztam (8. ábra). A dialkylfoszfitokkal, illetve etil-fenil-*H*-foszfináttal végzett kondenzációk során hat új 2-hidroxietil- α -aminofoszfónát-származékot (19, $Y^1 =$ alkoxi, $Y^2 =$ alkoxi vagy aril) szintetizáltam. A Kabachnik–Fields-reakciókat szekunder foszfin-oxidokból kiindulva is megvalósítottam, ezzel 12 új α -aminofoszfin-oxidhoz (19, $Y^1 = Y^2 =$ aril) és három új *N,N*-bisz(foszfinoilmetil)aminhoz (20) jutottam, kiváló termeléssel. Két származék szerkezetét röntgendiffrakció segítségével is alátámasztottuk [4].



8. ábra Aminoalkoholok foszfa-Mannich-reakciója

4.2. α -Aril- α -aminofoszfónát-származékok előállítása Pudovik-reakcióval

Egy oldószer- és katalizátormentes MW körülmények között végzett eljárást dolgoztam ki $>\text{P(O)H}$ reagensek iminekre (21) történő addíciójával (vagyis aza-Pudovik-reakciójával) (9. ábra). Kísérleteim során összesen 24 α -aril- α -aminofoszfónát-származékot (22) szintetizáltam, melyek közül 19 új vegyület. Két termék szerkezetét röntgendiffrakciós analízissel is igazoltuk. Az addíciók lejátszódását *in situ* FT-IR spektroszkópia segítségével követtük, mely során meghatároztuk a komponensek mennyiségének változását a reakcióidő függvényében. Az α -aril- α -aminofoszfónátok képződését számításos kémiai módszerekkel is tanulmányoztuk, mely segítségével meghatároztuk az addíciók energetikáját, és így a kiindulási iminek (21) reakcióképességét [5].

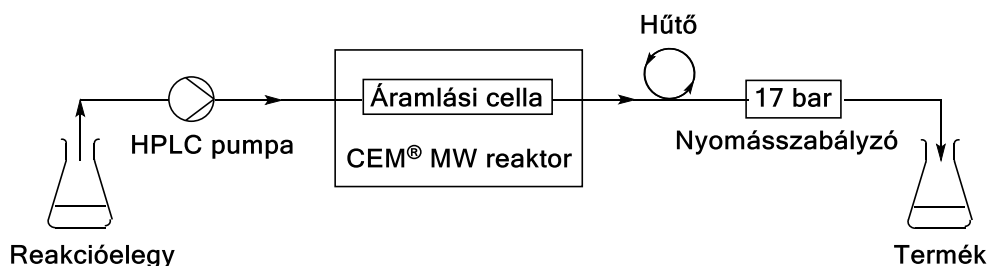


9. ábra >P(O)H reagensek addíciója *N*-benzilidénaminokra (**21**)

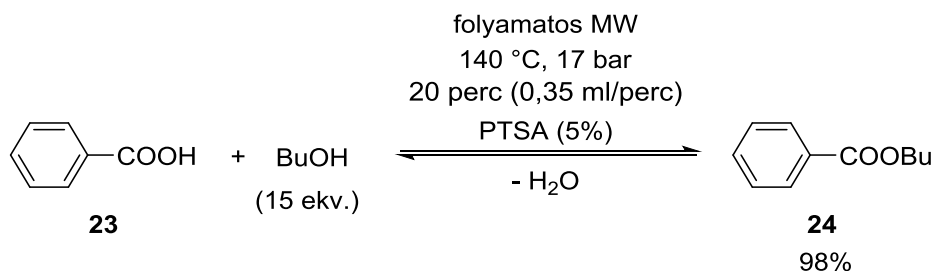
4.3. Szerves foszforkémiai átalakítások megvalósítása folyamatos mikrohullámú reaktorban

4.3.1. A folyamatos mikrohullámú rendszer kialakítása és tesztelése

Kutatómunkám következő részében egy folyamatos reakciók megvalósítására alkalmas MW rendszert alakítottunk ki (10. ábra), amit egy egyszerű modellen, a benzoésav (**23**) direkt észterezésén keresztül teszteltem (11. ábra), és sikeresen valósítottam meg butil-benzoát (**24**) folytonos előállítását [6].



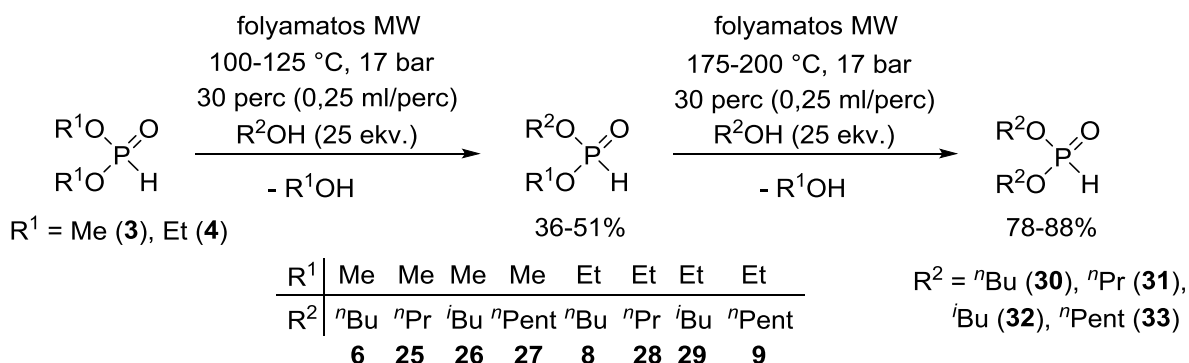
10. ábra A kialakított folyamatos MW rendszer sematikus ábrája



11. ábra Butil-benzoát (**24**) folytonos előállítása benzoésav (**23**) direkt észterezésével

4.3.2. Dialkil-foszfítok alkoholízise folyamatos mikrohullámú reaktorban

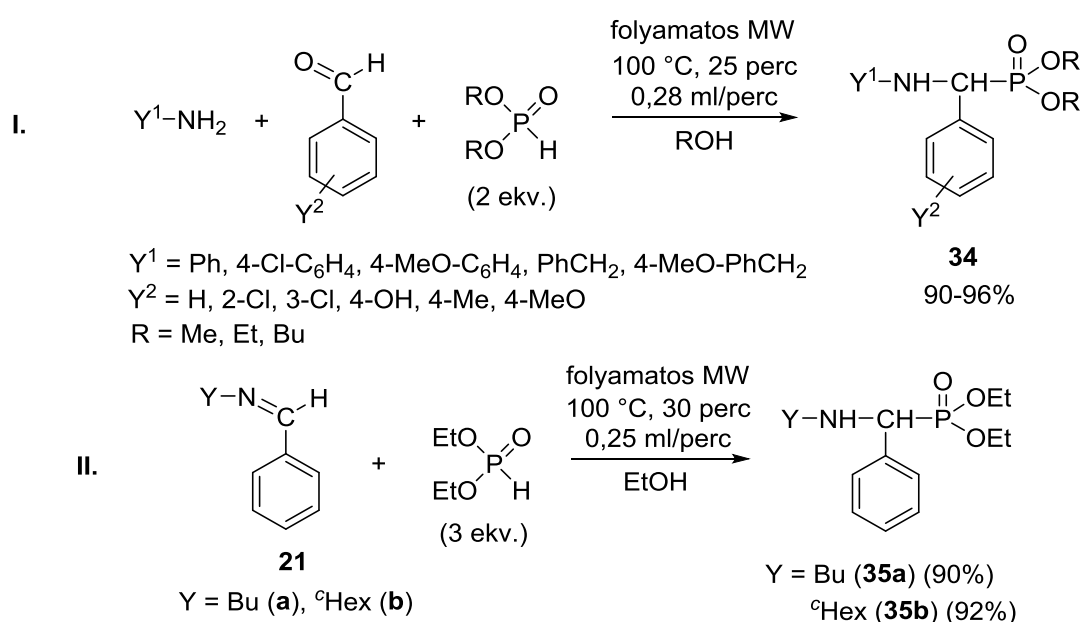
A dialkil-foszfítok folyamatos alkoholízisét szintén sikeresen hajtottam végre áramlásos MW reaktorban (12. ábra). A reakciókat alacsonyabb hőmérsékleten (100-125 °C) végezve a vegyes észterek keletkeztek nagyobb arányban, míg magasabb hőmérsékleten (175-200 °C) a teljesen átészterezett származékok domináltak. Magasabb hőmérsékleten az alkoholfelesleg növelése már nem befolyásolta az összetételt. A vegyes észterek közül **25-27**, **28**, valamint **29** új vegyületek [7].



12. ábra Dialkil-foszfítok (3 és 4) folytonos alkoholízise alifás alkoholokkal

4.3.3. α-Aril-α-aminofoszfónátok előállítása folyamatos mikrohullámú reaktorban

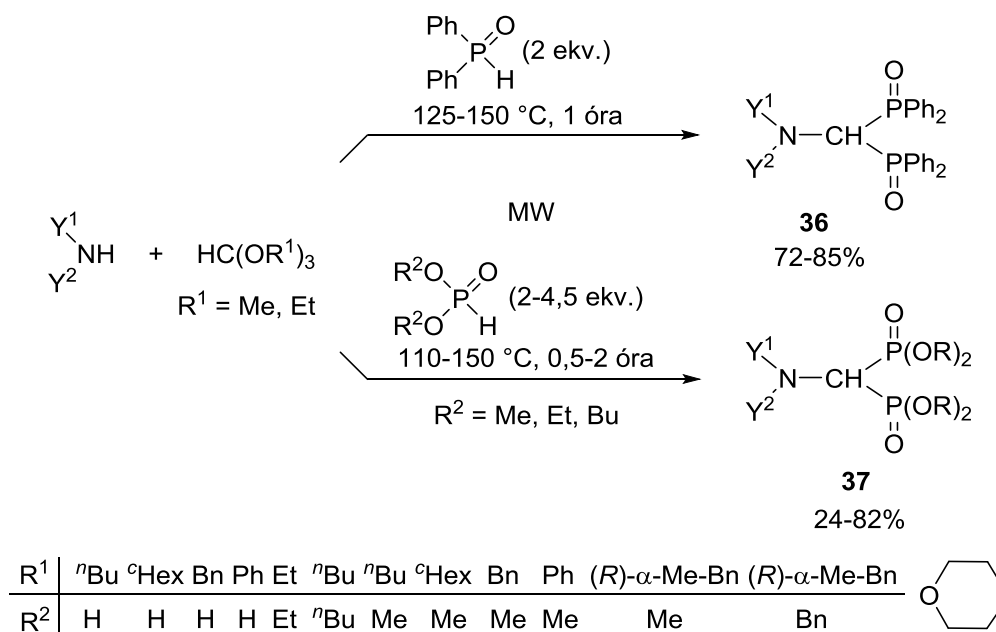
Kidolgoztam az α-aryl-α-aminofoszfónátok MW besugárzással elősegített folyamatos szintézisét Kabachnik–Fields-kondenzációval (I), illetve Pudovik-reakcióval (II) (13. ábra). Összesen 15 származékot (**34** és **35**) állítottam elő kiváló termeléssel. Az α-aryl-α-aminofoszfónátok szintézisét folytonos Kabachnik–Fields-reakcióval elsőként valósítottam meg [8].



13. ábra α-Aril-α-aminofoszfónátok folyamatos szintézise Kabachnik–Fields-(I) és Pudovik-reakcióval (II)

4.4. Aminometilén-biszfoszfin-oxidok és aminometilén-biszfoszfonátok előállítása háromkomponensű kondenzációval

Végül aminometilén-biszfoszfin-oxidok és aminometilén-biszfoszfonátok szintézisét tanulmányoztam oldószer és katalizátor nélkül végzett háromkomponensű kondenzációval (14. ábra). Aminok, ortoformiátok és szekunder foszfin-oxidok reakciójával egy új hatékony szintézisutat dolgoztam ki aminometilén-biszfoszfin-oxidok előállítására. Az aminometilén-biszfoszfonátok háromkomponensű kondenzációval történő szintézisének optimalizálása során különféle intermediereket és melléktermékeket mutattam ki. Összesen 11 aminometilén-biszfoszfin-oxidot (36) és 14 aminometilén-biszfoszfonátot (37) állítottam elő, melyek közül 21 új vegyület [9].



14. ábra Aminometilén-biszfoszfin-oxidok (36) és aminometilén-biszfoszfonátok (37) szintézise háromkomponensű kondenzációval

Összességében elmondható, hogy a célul kitűzött modellreakciókat sikeresen valósítottam meg MW besugárzás hatására, katalizátor és – a legtöbb esetben – oldószer alkalmazása nélkül. Emellett kidolgoztam dialkil-foszfitok és α -aril- α -aminofoszfonátok folytonos MW előállítását is. Munkám során több mint 100 vegyületet szintetizáltam és jellemeztem, melyek nagy része az irodalomban nem ismert, új származék.

5. Tézisek

1. Megvalósítottam nem könnyen hozzáférhető, a foszforatomon különböző alkoxicsoportokat tartalmazó dialkil-foszfítok szintézisét katalizátor alkalmazása nélkül, mikrohullámú (MW) besugárzás hatására [1].
2. Módszert dolgoztam ki α aminofoszfónát-származékok előállítására, primer vagy szekunder aminok, paraformaldehid és $>P(O)H$ -reagensek, köztük etil-oktil-foszfit oldószer- és katalizátormentes Kabachnik–Fields-reakciójával [2,3].
3. Elsőként valósítottam meg optikailag aktív α aminofoszfónát-származékok szintézisét (*S*)- α -feniletilamin, paraformaldehid és $>P(O)H$ reagensek Kabachnik–Fields-kondenzációjával. Az (*S*)-*N,N*-bisz(difenilfoszfinoil)- α -feniletilamin kétszeres deoxigénezésével nyert biszfoszfint kétfogú P-ligandumként hasznosítottam a megfelelő platina-komplex szintézisében [3].
4. Kidolgoztam az etanolamin, illetve *N*-alkil-etanolaminok, paraformaldehid és különféle $>P(O)H$ -reagensek MW besugárzás hatására végzett foszfa-Mannich-reakcióját, mely során összesen 21 új 2-hidroxietyl- α -aminofoszfónát-származékot szintetizáltam [4].
5. Egy hatékony, oldószer- és katalizátormentes, MW körülmények között végzett eljárást fejlesztettem ki $>P(O)H$ reagensek iminek $C=N$ kettőskötésére történő addíciójával, mely reakciókat számításon kémiai módszerekkel is tanulmányoztuk. Megállapítottuk, hogy a reakciók exotermek, és egy egylépéses koncertikus átmeneti állapoton keresztül alakulnak ki a termékek [5].
6. Elsőként valósítottam meg a dialkil-foszfítok folyamatos alkoholízisét, melyet egy áramlásos MW reaktorban hajtottam végre. Azt találtam, hogy 25 ekvivalens alkohollal, 100-125 °C-on a foszforatomon különböző alkoxicsoportokat tartalmazó dialkil-foszfítok keletkeznek nagyobb mennyiségben, míg 175-200 °C-on a teljesen átészterezett származékok dominálnak. Magasabb hőmérsékleten az alkoholfelesleg növelése nem befolyásolta az összetételt [7].
7. Kidolgoztam az α -aryl- α -aminofoszfónátok MW besugárzással elősegített folyamatos szintézisét Kabachnik–Fields-kondenzációval, illetve Pudovik-reakcióval. Az α -aryl- α -aminofoszfónátok előállítását elsőként valósítottam meg a háromkomponensű, folytonos Kabachnik–Fields-reakcióval [8].

8. Egy új, környezetbarát szintézisutat dolgoztam ki aminometilén-biszfoszfin-oxidok előállítására, primer vagy szekunder aminok, trietil-ortoformiát és difenilfoszfin-oxid, oldószer és katalizátor nélkül, MW körülmények között megvalósított reakciójával. Az aminometilén-biszfoszfonátok háromkomponensű kondenzációval történő szintézisének optimalizálása során különféle intermediereket és melléktermékeket mutattam ki. Az eljárások új és ismert származékok hatékony előállítását tették lehetővé [9,10].

6. Alkalmazási lehetőségek

Munkám során különféle α -aminofoszfonát- és aminometilén-biszfoszfonát-származékok környezetbarát szintézisét dolgoztam ki MW körülmények között, amelyek általánosan alkalmazhatók a szóbanforgó vegyületek szintézisére. Az aminometilén-biszfoszfin-oxidok esetében egy új szintézisutat fejlesztettem ki, amely segítségével oldószer és katalizátor nélkül állíthatók elő a termékek.

A kialakított folyamatos MW rendszer segítségével különféle észtereszítések, addíciókat és kondenzációkat valósítottam meg. Bizonyítottam, hogy az áramlásos kémia a szerves foszforvegyületek szintézise során is hatékonyan alkalmazható, ami várhatóan további kutatások számára szolgálhat kiindulópontként.

7. Közlemények

7.1. Az értekezés alapját képező teljes tudományos közlemények

- [1] Bálint, E.; **Tajti, Á.**; Drahos, L.; Iliá, G.; Keglevich, G. *Curr. Org. Chem.* **2013**, *17*, 555. (IF 2,537, FI: 3, TÁ: 30%)
- [2] **Tajti, Á.**; Bálint, E.; Keglevich, G. *Curr. Org. Synth.* **2016**, *13*, 638. (IF 2,050, FI: 2, TÁ: 100%)
- [3] Bálint, E.; **Tajti, Á.**; Kalocsai, D.; Mátravölgyi, B.; Konstantin, K.; Czugler, M.; Keglevich, G. *Tetrahedron* **2017**, *73*, 5659. (IF 2,377, FI: 8, TÁ: 70%)
- [4] **Tajti, Á.**; Szatmári, E.; Perdih, F.; Keglevich, G.; Bálint, E. *Molecules* **2019**, *24*, 1640. (IF(2018) 3,060, FI: 1, TÁ: 70%)
- [5] Bálint, E.; **Tajti, Á.**; Ádám, A.; Csontos, I.; Karaghiosoff, K.; Czugler, M.; Ábrányi-Balogh, P.; Keglevich, G. *Beilstein J. Org. Chem.* **2017**, *13*, 76. (IF 2,330, FI: 16, TÁ: 70%)
- [6] **Tajti, Á.**; Tóth, N.; Bálint, E.; Keglevich, G. *J. Flow Chem.* **2018**, *8*, 11. (IF 1,658, FI: 1, TÁ: 70%)

- [7] Bálint, E.; **Tajti, Á.**; Tóth, N.; Keglevich, G. *Molecules* **2018**, *23*, 1618. (IF 3,060, FI: 1, TÁ: 60%)
- [8] Bálint, E.; **Tajti, Á.**; Ladányi-Pára, K.; Tóth, N.; Mátravölgyi, B.; Keglevich, G. *Pure Appl. Chem.* **2019**, *91*, 67. (IF(2018) 2,350, FI: 0, TÁ: 60%)
- [9] Bálint, E.; **Tajti, Á.**; Dzielak, A.; Hägele, G.; Keglevich, G. *Beilstein J. Org. Chem.* **2016**, *12*, 1493. (IF 2,337, FI: 15, TÁ: 100%)
- [10] Amadeu, N.; Bálint, E.; Boenigk, W.; **Tajti, Á.**; Hägele, G.; Janiak, C.; Keglevich, G. *Phosphorus, Sulfur, Silicon Relat. Elem.* **2017**, *192*, 643. (IF 0,674, FI: 1, TÁ: 50%)

7.2. Az értekezés tárgyában készült rövid közlések

- [11] **Tajti, Á.**; Tóth, R. E.; Kalocsai, D.; Keglevich, G.; Bálint, E. *Phosphorus, Sulfur, Silicon Relat. Elem.* **2016**, *191*, 1541. (IF 0,809, FI: 2, TÁ: 80%)
- [12] **Tajti, Á.**; Bálint, E.; Keglevich, G. *Phosphorus, Sulfur, Silicon Relat. Elem.* **2019**, *194*, 379. (IF(2018) 0,674, FI: 0, TÁ: 100%)

7.3. Az értekezéshez tágabb értelemben kapcsolódó közlemények

- [13] Bálint, E.; Fazekas, E.; Takács, J.; **Tajti, Á.**; Juranovič, A.; Kočevár, M.; Keglevich, G. *Phosphorus, Sulfur, Silicon Relat. Elem.* **2013**, *188*, 48. (IF 0,827, FI: 3, TÁ: 20%)
- [14] Keglevich, G.; Bálint, E.; **Tajti, Á.**; Mátravölgyi, B.; Balogh, G. T.; Bálint, M.; Ilia, G. *Pure Appl. Chem.* **2014**, *86*, 1723. (IF 2,492, FI: 0, TÁ: 85%)
- [15] Bálint, E.; Tripolszky, A.; Ádám, A.; **Tajti, Á.**; Keglevich, G. *Phosphorus, Sulfur, Silicon Relat. Elem.* **2016**, *191*, 1539. (IF 0,809, FI: 0, TÁ: 30%)
- [16] **Tajti, Á.**; Keglevich, G.; Bálint, E. *Phosphorus, Sulfur, Silicon Relat. Elem.* **2017**, *192*, 769. (IF 0,674, FI: 0, TÁ: 100%)
- [17] Bálint, E.; **Tajti, Á.**; Tripolszky, A.; Keglevich, G. *Dalton Trans.* **2018**, *47*, 4755. (IF 4,099, FI: 8, TÁ: 70%)
- [18] **Tajti, Á.**; Keglevich, G. *The importance of organophosphorus compounds as biologically active agents*. In: *Organophosphorus Chemistry*; Keglevich, G. (ed.); Walter de Gruyter: Berlin, 2018, p 53. (FI: 5, TÁ: 100%)

- [19] Bálint, E.; Tripolszky, A.; **Tajti, Á.** *Synthesis of α -aminophosphonates by the Kabachnik–Fields reaction and by the Pudovik reaction.* In: Organophosphorus Chemistry; Keglevich, G. (ed.); Walter de Gruyter: Berlin, 2018, p 108. (FI: 1, TÁ: 50%)
- [20] Bálint, E.; **Tajti, Á.**, Keglevich, G. *Materials*, **2019**, *12*, 788. (IF(2018) 2,972, FI: 0, TÁ: 100%)
- [21] Tóth, N.; **Tajti, Á.**; Ladányi-Pára, K.; Bálint, E.; Keglevich, G. *Phosphorus, Sulfur, Silicon Relat. Elem.* **2019**, *194*, 285. IF(2018) 0,674, FI: 0, TÁ: 30%)

7.4. Egyéb közlemények

- [22] Banerjee, B; **Tajti, Á.**; Keglevich, G. *Ultrasound-assisted synthesis of organophosphorus compounds.* In: Organophosphorus Chemistry; Keglevich, G. (ed.); Walter de Gruyter: Berlin, 2018, p 248. (FI: 0, TÁ: 50%)

7.5. Konferencia közlemények

1. **Tajti, Á.**; Bálint, E. *Tavaszi Szél 2015 Konferenciakötet 2015*, 183. Konferencia helye, ideje: Eger, Magyarország, 2015.04.10-12. (ISBN 978-615-5250-11-8)
2. **Tajti Á.**; Bálint E. *IV. Interdiszciplinális Doktorandusz Konferencia Konferenciakötet 2015*, 553. Konferencia helye, ideje: Pécs, Magyarország, 2015.05.14-15. (ISBN 978-963-642-830-3)
3. **Tajti, Á.**; Tóth, N.; Kalocsai, D.; Szatmári, E.; Keglevich, G.; Bálint, E. In: Ádám, A. A.; Ziegenheim, Sz. (szerk.) *I. FKF Szimpózium, Fialat Kémikusok Fóruma Konferencia kiadvány*, 2019, pp. 105. Konferencia helye, ideje: Debrecen, Magyarország, 2019.04.3-5. (ISBN: 978-615-6018-00-7)

7.6. Előadások

1. **Tajti, Á.**; Bálint, E.; Keglevich, G. *H-foszfónátok alkoholízise mikrohullámú körülmények között*, Tavaszi Szél 2015 konferencia, Eger, 2015.04.10-12.
2. **Tajti, Á.**; Bálint, E.; Keglevich, G. *H-foszfónátok alkoholízisének tanulmányozása*, IV. Interdiszciplináris Doktorandusz Konferencia, Pécs, 2015.05.14-15.
3. **Tajti, Á.**; Bálint, E.; Keglevich, G. *A foszforatomon különböző alkilcsoportokkal rendelkező aminofoszfónátok és aminometilén-biszfoszfónátok előállítás*, XXXVIII. Kémiai Előadói Napok, Szeged, 2015.10.26-28.

4. **Tajti, Á.**; Ádám, A.; Kalocsai, D.; Keglevich, G.; Bálint, E. *Aminofoszfónát- és (aminometilén)biszfoszfónát-származékok előállítása mikrohullámú körülmények között*, Vegyészkonferencia 2017, Hajdúszoboszló, 2017.07.19-21.
5. **Tajti, Á.**; Ádám, A.; Kalocsai, D.; Tóth, N.; Ladányi-Pára, K.; Keglevich, G.; Bálint, E. *Microwave-assisted synthesis of aminophosphonate and (aminomethylene)bisphosphonate derivatives*, 14. European Workshop on Phosphorus Chemistry, Kolozsvár, Románia, 2017.03.20-22.
6. **Tajti, Á.**; Ádám, A.; Ladányi-Pára, K.; Bálint, E.; Keglevich, G. *Addition of >P(O)H derivatives to imines*, 22. International Conference on Phosphorus Chemistry, Budapest, Magyarország, 2018.07.08-13.
7. **Tajti, Á.**; Kalocsai, D.; Szatmári, E.; Keglevich, G.; Bálint, E. *α -Aminofoszfónát-származékok szintézise Kabachnik–Fields reakcióval*, XLI. Kémiai Előadói Napok, Szeged, Szeged, 2018.10.15-17.
8. **Tajti, Á.**; Tóth, N.; Kalocsai, D.; Szatmári, E.; Keglevich, G.; Bálint, E. *Aminofoszfónátok környezetbarát előállítása Kabachnik–Fields-reakcióval*, I. Fiatal Kémikusok Fóruma, Debrecen, 2019.04.3-5.

7.7. Posztterek

1. **Tajti, Á.**; Bálint, E.; Keglevich, G. *Dialkil-foszfitek alkoholízise mikrohullámú körülmények között*, Vegyészkonferencia 2015, Hajdúszoboszló, 2015.08.31-09.02.
2. Bálint, E.; Tripolszky, A.; Ádám, A.; **Tajti, Á.**; Keglevich, G. *Synthesis and utilization of α -aminophosphine oxides and related derivatives*, 21st International Conference on Phosphorus Chemistry, Kazan, Oroszország, 2016.06.05-10.
3. **Tajti, Á.**; Tóth, R. E.; Kalocsai, D.; Keglevich, G.; Bálint, E. *Formation of compounds with P–C–N moiety by microwave-assisted condensations*, 21st International Conference on Phosphorus Chemistry, Kazan, Oroszország, 2016.06.05-10.
4. **Tajti, Á.**; Tóth, N.; Ladányi-Pára, K.; Keglevich, G.; Bálint, E. *Észtereszítések megvalósítása folyamatos mikrohullámú reaktorban*, Vegyészkonferencia 2017, Hajdúszoboszló, 2017.07.09-21.
5. **Tajti, Á.**; Tóth, N.; Keglevich, G.; Bálint, E. *Direct esterification of benzoic acid and alcoholysis of dialkyl phosphites in a continuous flow MW reactor*, 6. Conference on Frontiers in Organic Synthesis Technology, Budapest, 2017.10.18-20.