

soos.tibor.2\_387\_25

# **Bifunkcionális Organokatalizátorok Fejlesztése és Alkalmazása**

MTA Doktori Értekezés Tézisei

Soós Tibor

2026

soos.tibor.2\_387\_25

## **Bevezetés**

Az a megfigyelés, hogy a reakciók sebessége növelhető a reakció hőmérsékletének emelésével, régóta ismert volt a vegyészek, sőt még az alkimisták számára is. Az a felismerés azonban, hogy a reakció sztöchiometrikus egyenletében nem szereplő szubsztancia, egy katalizátor, képes ugyanezt a hatás előidézni, viszonylag későn, csupán a XIX. században vált ismertté. Ezzel a forradalmi felfedezéssel egy új tudományterület jött létre a kémián belül, a katalízis, amelynek meghatározó szerepe volt a modern vegyipar létrejöttében és ezen keresztül a modern civilizáció kialakulásában.

A katalízis területének több mint 200 évet felölelő időszakára az állandó változás, az új irányzatok és célok folyamatos megjelenése volt jellemző, s ennek következtében a katalíziskutatások egyre jobban diverzifikálódtak. E fejlődés eredményeként a katalízis szerepe és befolyása fokozatosan növekedett a szerves kémián belül is, tudatos alkalmazásával egyre bonyolultabb szerkezetű vegyületek szintézise vált lehetővé. Manapság a szerves kémia eszköztárának

legfontosabb reakciói már döntően katalitikus folyamatok. Ebbe a szintetikus repertoárba beletartoznak a megfelelően funkcionálizált szénváz kialakításának katalitikus módszerei, illetve a funkciók csoportok átalakításai.

Az aszimmetrikus katalízis által új fejezet nyílt a szerves kémián belül, lehetővé téve olyan molekulák előállítását, amelyek addig nem látott komplexitással és funkcionalitással rendelkeztek, s a tudomány fejlődésére gyakorolt hatása, az anyagtudomány mellett, különösen a gyógyszerfejlesztések területén mutatkozott meg. A kifejlesztett módszereket az alkalmazott katalizátor típusa szerint két csoportra különítették el, a fémorganikus és az enzimátikus (biokatalitikus) módszerekre. A 2000-es évek elején azonban egy jelentős paradigmaváltás ment végbe az aszimmetrikus katalízis területén, egy új, harmadik katalitikus irányzat alakult ki, az organokatalízis. Ezáltal a katalízisnek az a része lett körülhatárolva, mely a kis molekulatömegű szerves molekulák katalizátorként való használatát tárgyalja és ezek sajátosságait kutatja. Bár a koncepció általános jellegű, különösen nagy jelentőségre mégis az aszimmetrikus reakciók körében tett szert.

Az egyik legfontosabb képesség, amelyet érdemesnek tűnt a kisméretű katalitikus képességgel bíró

szerves molekulába, mint organokatalizátorba kialakítani az az, hogy a reagáltatni kívánt szubsztrátokat megfelelő közelségbe és térbeli helyzetbe hozzák. Természetesen a megfelelő pozicionálás csupán szükséges, de nem elégséges feltétele a sikeres reakciónak, éppen ezért érdemes volt egybekötni a pozicionálást a reagensek aktiválásával is. Ezt legegyszerűbben úgy lehetett megvalósítani, hogy egymással ellentétes tulajdonságú funkcionalitásokat alakítottak ki egy molekulán belül, azaz bifunkcionálissá tették őket. Ezáltal megszületett a bifunkcionális organokatalízis koncepciója, s az alkalmazott antagonisták funkcionalitások Brønsted-sav-bázis, Lewis-sav-bázis, de akár ezek megfelelő kombinációi is, mint például Brønsted-sav-Lewis-bázis, illetve Lewis-sav-Brønsted-bázis kombinációk lettek.

Kutatócsoportom 2003-ban indította el organokatalitikus kutatásait, s azon belül is elsősorban a bifunkcionális organokatalizátorok fejlesztésével és alkalmazásával foglalkoztunk behatóan. A kutatások közvetlen célja katalizátorok fejlesztése volt, a vizsgálataink során azonban egy szélesebb perspektíva lehetősége is jól körvonalazódott, az organokatalizátoroknak mint funkcionális molekuláknak a racionális tervezése és kiterjesztése. Tehát a kezdeti, s mindenképp megkerülhetetlen *"trial and error"*

megközelítést a kutatások előrehaladtával egyre jobban felváltotta az organokatalizátorok működésébe való mélyebb betekintés a legmodernebb fizikai-kémiai módszerek segítségével. Ez pedig megnyitotta az utat a racionális katalizátorfejlesztés lehetősége előtt, s végül lehetővé vált a szintetikus alkalmazás tudatos kiterjesztése a kihívást jelentő területeken. Fontos továbbá kiemelni azt is, hogy az organokatalízis művelése nem öncélú folyamat volt már a kezdet kezdetén sem. Ez a katalitikus megközelítés ugyanis a modern kor kihívásaira is reflektál, hiszen ezen katalizátorok alkalmazásával a kémiai szintézisek fenntarthatóvá, s adott esetben még költséghatékonyá is tehetők. Bár tudatosan nem erre összpontosítottunk, de ahol az ipari alkalmazhatóság lehetősége felvillant, jelentős erőfeszítéseket tettünk annak érdekében, hogy az általunk fejlesztett módszer akár konkrét ipari környezetben is alkalmazhatóvá váljon.

## **Alkalmazott kutatási módszerek**

A szerves kémiai kutatások kivitelezésének legfontosabb technikai háttere a megfelelően felszerelt szintetikus laboratórium. Ebbe beletartozik az inert reakciókörülményeket biztosító Schlenk-technika eszközei, valamint a glovebox. A kémiai reakciók követésére a klasszikus VRK mellett GC-MS, LC-MS, valamint NMR méréseket használtunk. A reakciókat általában 1-5 mmólos méretben végeztük, de a szintetikus módszereink gyakorlati hasznának demonstrálása céljából számos esetben 100g-os vagy akár kg-os méretű reakciókat is végrehajtottunk. A kapott termékek izolálása során a megfelelő tisztaság elérése céljából általában flash-kromatográfiás módszert alkalmaztunk, azonban ahol lehetett, s a nagyobb méret azt megkívánta, ott desztillációval, vagy éppen kristályosítással tisztítottuk a vegyületeinket. A kapott termékek karakterizálására és szerkezetazonosítására a szakirodalomban elfogadott protokollokat, így  $^1\text{H}$ -,  $^{13}\text{C}$ -,  $^{10}\text{B}$ -,  $^{19}\text{F}$ -NMR, illetve megfelelő többdimenziós NMR technikákat alkalmaztuk. Ezt további HRMS, királis-HPLC, optikai forgatóképesség és olvadáspont mérésekkel egészítettük ki. Amennyiben az előállított

anyag vizsgálata megkívánta, akkor együttműködés keretében egykristály-röntgen analízist végeztünk el. A kutatási együttműködések közül a legkiterjedtebb és legnagyobb szerepet betöltő az HUN-REN TTK Elméleti Kémiai Kutatócsoportjával volt, s ennek keretében az organokatalitikus mechanizmusok feltárását végeztük elméleti kémiai módszerekkel.

## Új tudományos eredmények

Jelen MTA doktori értekezésben közölt eredmények tézisszerű összefoglalása a következők.

1. Kifejlesztettünk egy bifunkcionális tiokarbamid organokatalizátor-családot, amelyet széleskörűen lehet alkalmazni aszimmetrikus reakciókban, különösen Michael-addíciós reakciókban. Ezen katalizátorok az organokatalízis területének egyik legtöbbször használt katalizátorai lettek, s ennek is köszönhetően a katalizátort leíró közleményünk az Organic Letters egyik legtöbbször idézett publikációja lett, s ennek is köszönhetően a katalizátort leíró közleményünk az Organic Letters egyik legtöbbször idézett publikációjává vált.

2. Az organokatalitikus Michael-addíciókban alkalmazható  $\alpha,\beta$ -telítetlen karbonilek körének vizsgálata során azonosítottuk a szintetikusan könnyen elérhető  $\alpha,\beta$ -telítetlen N-acil-pirrolokat. Ezáltal jelentős mértékben ki tudtuk bővíteni a korábbi eljárásunk felhasználhatóságát, s így számos (hetero)aromás-,

alifás- és alkenilszármazékok királis szintézise valósulhatott meg. Ez a megközelítés lehetővé tette az (*R*)-Rolipram, egy foszfodiészteráz-gátló hatóanyag egyszerű és rövid szintézisét is.

3. Szisztematikus vizsgálatok követően felismertük, hogy milyen jelenségkör áll azon megfigyelés mögött, hogy a bifunkcionális tiokarbamid organokatalizátorok általában nem alkalmazhatók organokaszád reakciók esetén. Ez nem más, mint a dupla diasztereokonroll szélsőséges esete. A királis Michael-addukt komplementer azzal a királis katalitikus zsebbel, amelyben keletkezett, s a termék többpontos illeszkedése miatt a katalitikusan aktív helyek blokkolva vannak, s így a következő lépés nem valósul meg. Ezt a korlátozást úgy oldottuk fel, hogy a második organokatalitikus lépésben az organokatalizátor enantiomerjét alkalmaztuk, s így egy organoiteratív Michael/Michael/Henry szekvenciát valósítottunk meg.

4. Az organoiteratív eljárások kiterjeszhetőségének vizsgálatakor felismertük, hogy ez a szintetikus

megközelítés kiaknázható komplex szerkezetű és több kiralitáscentrumot is tartalmazó ciklusos (Michael/Michael/aldol szekvencia) és aciklusos (Michael/Michael) termékek előállítására is.

5. Felismertük, hogy a bifunkcionális tiokarbamid organokatalizátorok királis felismerése alapján nem csak a kaszkád reakciók gátlása, hanem az enantioszelektív retro-Michael-reakció elvi lehetősége is fennáll. Vagyis a bifunkcionális tiokarbamid organokatalizátort a reverzibilissé tehető Michael-adduktok racém elegyéhez adva a katalizátor képes volt szelektíven azt a Michael-addukt enantiomert visszaalakítani, amelyik szerkezetileg komplementer a katalitikus zsebbel. Ez az elvi újdonság lényegében egy sztereoablatív rezolválás, s e koncepcionális új lehetőséget kiaknáztunk a tio-Michael-adduktok rezolválása esetén.

6. Mintázatfelismerő retroszintetikus analízist hajtottunk végre szeszkviterpenoidok és diterpenoidok széles körében, s ez alapján funkcionalizált *cisz*- és *transz*-dekalinokat azonosítottuk, amelyek

kulcsfontosságú szerkezeti alegységekként használhatók ezen terpenoidok totálszintézisében. A dekalinvázis termékek előállításához pedig egy csak-szén kvaterner sztereocentrummal rendelkező királis építőelemet terveztünk meg és annak aszimmetrikus szintézisét bifunkcionális organokatalízis segítségével megvalósítottuk. E módszerfejlesztés során egy analóg szerkezetű, széleskörűen alkalmazható bifunkcionális négyzetamid katalizátort is bevezettünk. Felismertük továbbá, hogy a királis építőelemben levő kvaterner sztereocentrum meghatározza a későbbi átalakítások sztereokémiáját, s így különböző cisz- és transz-dekalinok diasztereokonvergens szintézisét hajtottuk végre.

7. A csak-szén kvaterner sztereocentrummal bíró királis építőelemet kiaknáztuk indolalkaloidok totálszintézisében. A (-)-minovincinhez és a (-)-aspidofraktininhoz vezető szintézisutak tervezése és kivitelezése során három szorosan kapcsolódó alapelvet érvényesítettünk, amely a totálszintéziseink praktikus voltát jelentősen növelte. (1) Kaszkád reakciók alkalmazásával a lineáris szekvencia lépésszámát csökkentettük és a molekula vázát gyorsan kialakítottuk.

(2) Kerültük a védőcsoportok használatát, s helyette kemo- és regioselektív módszereket használtunk. (3) A szintézisekben egzotikus, toxikus, valamint költséges reagenseket és katalizátorokat nem használtunk.

8. Egy elméleti tanulmány keretében megmutattuk, hogy a bifunkcionális tiokarbamid organokatalizátorok heurisztikus mechanizmusképe alátámasztható, s a Michael-addícióban tapasztalt enantioszelektivitás értelmezhető. Ezen túlmenően egy alternatív mechanizmust is azonosítottunk, amely az energetika alapján a valószínűbb reakcióút. A Michael-addukt képződése felé vezető két útvonal az elektrofil aktiválás módjában tér el, a mi általunk javasolt útvonalon nem a tiokarbamid, hanem a protonált amin-részlet pozicionálja és aktiválja az elektrofilt. Ennek a népszerű katalizátor típusnak ez volt az első mechanizmus modellje, amit mind a mai napig elfogadnak és használnak.

9. Egy kísérleti-elméleti tanulmány keretében megmutattuk, hogy a bifunkcionális négyzetamid organokatalizátorok esetén hasonló katalitikus útvonalak

állnak rendelkezésre, mint a bifunkcionális tiokarbamidok esetén. Tanulmányunk kiterjesztéseként az átmeneti állapotok fragmensanalízisét is elvégeztük. Ezáltal felismertük, hogy a nukleofil aktiválásakor képződő protonált amin katalizátor egy királis oxianion üregként működik ebben a reakcióban, s így elsőként tudtuk a párhuzamos reakcióutakat egy általános mechanisztikus kép által értelmezni.

10. Egy elméleti tanulmány keretében elsőként tettünk javaslatot a frusztrált Lewis-párok hidrogénaktiválási mechanizmusára. Ezen bifunkcionális mechanizmus egy frusztrált Lewis-pár előkomplex képződésén alapul, amely biztosítja a hidrogén szinergikus módon történő heterolitikus hasítását. Mindemellett, értelmezni tudtuk az FLP fokozott reaktivitását, ami a reaktáns-állapot destabilizációján alapul, azaz a frusztráció csökkenti az aktiválási gátat és növeli a teljes folyamat exoterm jellegét. Az általunk leírt mechanizmus modellt széles körben elfogadták és mind a mai napig használják.

11. A frusztrált Lewis-pár (FLP) katalízis területén bevezettük a méretkizárásos katalizátor tervezési elvet az FLP hidrogénezés jelentős mértékű kiterjeszhetőségének érdekében. A Lewis-sav komponens bórcentruma körül a zsúfoltság növelésével elértünk egy olyan állapotot, amikor a hidrogén aktiválása még végbement, de más reakciók már nem, illetve minimális mértékben játszódtak le, azaz a reaktánsok fizikai mérete alapján tudtuk biztosítani szelektív hidrogén aktiválást.

12. A méretkizárásos elven működő frusztrált Lewis-pár hidrogénezést sikeresen kiterjesztettük a kinolinok heteraromás gyűrűjének fémmentes hidrogénezésére. A módszer segítségével megvalósítottuk az első FLP módszeren alapuló totálszintézist. Izotópjelzéses módszer segítségével sikerült feltárni a reakció átmeneti organohidriden alapuló mechanizmusát is.

13. A méretkizárásos elven, valamint egy duális sav-bázis optimalizálást követően sikerült előállítanunk az első nedvességtűrő frusztrált Lewis-pár (FLP)

hidrogénező katalizátort. Az karbonilok FLP redukciójának kivitelezése így nem igényelt inert technikák használatát (glovebox, illetve Schlenk-technika). Ezáltal jelentős mértékben sikerült az FLP-katalizált hidrogézés praktikusságát növelni.

14. A nedveségtűrő FLP hidrogénező katalizátor lehetővé tette az auto-tandem katalízis kivitelezését, s így megvalósítottuk a karbonil vegyületek reduktív éteresítését. Ez a módszer lehetővé teszi azt, hogy aldehidekből, vagy ketonokból akár direkt módon étereket képezzünk. Ezáltal számos olyan vegyület szintézise előtt nyílt meg az út, amelyet addig nehezen, vagy egyáltalán nem tudtak előállítani.

15. A sztérikus faktorok, különösen a hátoldali feszültség további kiaknázásával sikerült megvalósítani az első FLP hidrogénező reduktív aminálást. Bár minden előzmény abba az irányba mutatott, hogy a nedvességtűrő bór/nitrogén-alapú FLP hidrogézés kutatása egy hiábavaló erőfeszítés, ennek ellenére a méretkizárásos és előfeszített katalizátorunk jelentős

mennyiségű víz jelenlétében is képes volt aktiválni a hidrogént. Ezáltal számos olyan vegyület szintézise előtt nyílt meg az út, amelyet addig nehezen, vagy egyáltalán nem tudtak előállítani.

16. A sztérikus faktorok hangolására épülő katalizátorfejlesztési-stratégia mentén sikeresen kifejlesztettünk egy olyan Lewis-sav katalizátorcsaládot, amely az észterek szelektív parciális FLP hidroszililezését tette lehetővé. A szabadalmaztatott eljárásra az alacsony katalizátortöltet használata, a nagy hatékonyság, illetve a szinte tökéletes szelektivitás a jellemző. Miután a reakcióban képződő szilil-acetálok könnyen aldehidekké alakíthatók, így módszerünk új lehetőséget biztosít az aldehidek szintézisében, amelyeket azután feromonok és lipidek szintézisére lehet hasznosítani. Eljárásunkat azóta ipari méretben is alkalmazzák aldehid-típusú feromonok szintézisében.

## Publikációs lista

1. Vakulya Benedek, Varga Szilárd, Csámpai Antal, Soós Tibor, Highly Enantioselective Conjugate Addition of Nitromethane to Chalcones Using Bifunctional Cinchona Organocatalysts. ORGANIC LETTERS 7: 10 pp. 1967-1969, 3 p. (2005) IF: 4.368 Folyóiratcikk (Szakcikk) Tudományos

Független idéző: 1070 | Összesen: 1070.

2. Hamza Andrea, Schubert Gábor, Soós Tibor, Pápai Imre, Theoretical Studies on the Bifunctionality of Chiral Thiourea-Based Organocatalysts: Competing Routes to C-C Bond Formation. JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY 128: 40 pp. 13151-13160. 10 p. (2006) IF: 7.696 Folyóiratcikk (Szakcikk) Tudományos

Független idéző: 386 | Összesen: 386

3. Rokob Tibor András, Hamza Andrea, Stirling András, Soós Tibor, Pápai Imre, Turning Frustration into Bond Activation: A Theoretical Mechanistic Study on Heterolytic Hydrogen Splitting by Frustrated Lewis Pairs. ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION 47: 13 pp. 2435-2438, 4 p. (2008) IF: 10.879 Folyóiratcikk (Szakcikk) Tudományos

Független idéző: 326 | Összesen: 326

4. Vakulya Benedek, Varga Szilárd, Soós Tibor, Epi-Cinchona Based Thiourea Organocatalyst Family as an Efficient Asymmetric Michael Addition Promoter: Enantioselective Conjugate Addition of Nitroalkanes to Chalcones and  $\alpha,\beta$ -Unsaturated N-Acylpyrroles. JOURNAL OF ORGANIC CHEMISTRY 73: 9 pp. 3475-

3480. 6 p. (2008) IF: 3.952 Folyóiratcikk (Szakcikk) Tudományos

Független idéző: 132 | Összesen: 132

5. Erős Gábor, Mehdi Hasan, Pápai Imre, Rokob Tibor András, Király Péter, Tárkányi Gábor, Soós Tibor, Expanding the Scope of Metal-Free Catalytic Hydrogenation through Frustrated Lewis Pair Design. ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION 49: 37 pp. 6559-6563, 5 p. (2010) IF: 12.730 Folyóiratcikk (Szakcikk) Tudományos

Független idéző: 194 | Összesen: 194

6. Soós Tibor, Design of Frustrated Lewis Pair Catalysts for Metal-Free and Selective Hydrogenation. PURE AND APPLIED CHEMISTRY 83: 3 pp. 667-675, 9 p. (2011) IF: 2.780 Folyóiratcikk (Szakcikk) Tudományos

Független idéző: 70 | Összesen: 70

7. Varga Szilárd, Jakab Gergely, Drahos László, Holczbauer Tamás, Czugler Mátyás, Soós Tibor, Double Diastereocontrol in Bifunctional Thiourea Organocatalysis: Iterative Michael-Michael-Henry Sequence Regulated by the Configuration of Chiral Catalysts. ORGANIC LETTERS 13: 20 pp. 5416-5419, 4 p. (2011) IF: 5.862 Folyóiratcikk (Szakcikk) Tudományos

Független idéző: 55 | Összesen: 55

8. Erős Gábor, Nagy Krisztina, Mehdi Hasan, Pápai Imre, Nagy Péter, Király Péter, Tárkányi Gábor, Soós Tibor, Catalytic Hydrogenation with Frustrated Lewis Pairs: Selectivity Achieved by Size-Exclusion Design of Lewis Acids. CHEMISTRY-A EUROPEAN JOURNAL 18:

2 pp. 574-585, 12 p. (2012) IF: 5.831 Folyóiratcikk (Szakcikk) Tudományos

Független idéző: 137 | Összesen: 137

9. Kótai Bianka, Kardos György, Hamza Andrea, Farkas Viktor, Pápai Imre, Soós Tibor, On the Mechanism of Bifunctional Squaramide-Catalyzed Organocatalytic Michael Addition; Protonated Catalyst as an Oxyanion Hole. CHEMISTRY-A EUROPEAN JOURNAL 20: 19 pp. 5631-5639, 9 p. (2014) IF: 5.731 Folyóiratcikk (Szakcikk) Tudományos

Független idéző: 101 | Összesen: 101

10. Gyömöre Ádám, Bakos Mária, Földes Tamás, Pápai Imre, Domján Attila, Soós Tibor, Moisture-Tolerant Frustrated Lewis Pair Catalyst for Hydrogenation of Aldehydes and Ketones. ACS CATALYSIS 5: 9 pp. 5366-5372, 7 p. (2015) IF: 9.312 Folyóiratcikk (Szakcikk) Tudományos

Független idéző: 130 | Összesen: 130

11. Varga Szilárd, Jakab Gergely, Csámpai Antal, Soós Tibor, Iterative Coupling of Two Different Enones by Nitromethane Using Bifunctional Thiourea Organocatalysts. Stereocontrolled Assembly of Cyclic and Acyclic Structures. JOURNAL OF ORGANIC CHEMISTRY 80: 18 pp. 8990-8996, 7 p. (2015) IF: 4.785 Folyóiratcikk (Szakcikk) Tudományos

Független idéző: 13 | Összesen: 13

12. Berkes Barbara, Ozsváth Kristóf, Molnár Laura, Gáti Tamás, Holczbauer Tamás, Kardos György, Soós Tibor, Expedient and Diastereodivergent Assembly of Terpenoid Decalin Subunits having Quaternary

Stereocenters through Organocatalytic Robinson Annulation of Nazarov Reagent. CHEMISTRY-A EUROPEAN JOURNAL 22: 50 pp. 18101-18106, 6 p. (2016) IF: 5.317 Folyóiratcikk (Szakcikk) Tudományos  
Független idéző: 20 | Összesen: 20

13. Bacsó András, Szigeti Mariann, Varga Szilárd, Soós Tibor, Bifunctional Thiourea-Catalyzed Stereoablative Retro-Sulfa-Michael Reaction: Concise and Diastereoselective Access to Chiral 2,4-Diarylthietanes. SYNTHESIS-STUTTGART 49: 2 pp. 429-439, 11 p. (2017) IF: 2.494 Folyóiratcikk (Szakcikk) Tudományos  
Független idéző: 8 | Összesen: 8

14. Bakos Mária, Gyömöre Ádám, Domján Attila, Soós Tibor, Auto-Tandem Catalysis with Frustrated Lewis Pairs for Reductive Etherification of Aldehydes and Ketones. ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION 56: 19 pp. 5217-5221, 5 p. (2017) IF: 12.102 Folyóiratcikk (Szakcikk) Tudományos  
Független idéző: 57 | Összesen: 57

15. Dorkó Éva, Szabó Márk, Kótai Bianka, Pápai Imre, Domján Attila, Soós Tibor, Expanding the Boundaries of Water-Tolerant Frustrated Lewis Pair Hydrogenation: Enhanced Back Strain in the Lewis Acid Enables the Reductive Amination of Carbonyls. ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION 56: 32 pp. 9512-9516, 5 p. (2017) IF: 12.102 Folyóiratcikk (Szakcikk) Tudományos  
Független idéző: 70 | Összesen: 70

16. Varga Szilárd, Angyal Péter, Martin Gábor, Egyed Orsolya, Holczbauer Tamás, Soós Tibor, Total Syntheses of (-)-Minovincine and (-)-Aspidofractinine through a Sequence of Cascade Reactions. ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION 59: 32 pp. 13547-13551, 5 p. (2020) IF: 15.336 Folyóiratcikk (Szakcikk) Tudományos

Független idéző: 33 | Összesen: 33

17. Dudás Ádám, Gyömöre Ádám, Mészáros Bence Balázs, Gondár Stefánia, Adamik Renáta, Fegyverneki Dániel, Papp Dávid, Konrad Bernhard Otte, Sergio Ayala Jr., Daru János, Répási József, Soós Tibor, Selective Reduction of Esters to Access Aldehydes Using Fiddler Crab-Type Boranes. JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY 147: 1 pp. 1112-1122. 11 p. (2025) IF: 15.6 \* Folyóiratcikk (Szakcikk) Tudományos

Független idéző: 6 | Összesen: 6