

UOT 541.

DOI 10.54758/16801245_2026_26_1_28

Yaşıl kimyanın klassik üzvi reaksiyalardakı mövcud problemlərin həllində rolu və perspektivləri

¹Mustafayev Musa Musa oğlu ORCID 0000-0002-2418-8031²Şahgəldiyev Fizuli Xanəli oğlu ORCID 0009-0003-7444-8801³İsmayilova Raisə İspəndiyar qızı ORCID 0000-0003-2506⁴Məmmədova Aynur Alim qızı ORCID 0000-0002-3596-1552⁵Əhmədov Vəlyəddin Nüsrət oğlu ORCID 0009-0003-4075-3747

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan. 1, 4-dosent, 2-baş müəllim, 5-k.f.d., müəllim,
Polimer Materialları İnstitutu, Sumqayıt, Azərbaycan, 3-k.f.d., aparıcı elmi işçi
shahgeldiyevf@gmail.com, aynur.mammadova@sdu.edu.az

MƏQALƏ HAQQINDA MƏLUMAT	XÜLASƏ
Məqalənin tarixçəsi Daxilolma tarixi: 15.01.2026 Düzəliş tarixi: 06.02.2026 Qəbul olunma tarixi: 03.03.2026	Təqdim olunan məqalə klassik fundamental üzvi reaksiyalardakı problemlər, onların araşdırılması və yaşıl kimya prinsiplərinin tətbiq edilməsi ilə mövcud problemlərin aradan qaldırılmasına həsr olunmuşdur. Kimyəvi məhsulların və proseslərin layihələndirilməsində yaşıl kimyanın istifadə edilə bilən müxtəlif prinsiplərindən istifadə olunması-tullantıların azaldılması, enerjiyə qənaət edilməsi və daha təhlükəsiz maddələrin (həllədicilər) axtarılması üçün səmərəli və innovativ yollar təklif edir və bununlada iqtisadiyyata, cəmiyyətə və biosferə fayda verir və qoruyur.
Açar sözlər klassik üzvi reaksiyalar, yaşıl kimya və onun 12 prinsipi, atom iqtisadiyyatı, E-amili, ion mayeləri, ultrasəs süaləndirilməsi	Bu prinsiplər daha dayanıqlı inkişafı təmin edir və ya bərpa olunan xammaldan istifadə və məhsulun istismar müddəti və ya son utilizasiyası üçün layihələndirmə kimi məsələləri əhatə edir

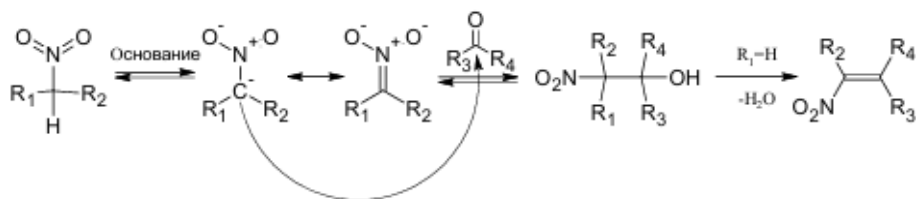
Amerikalı alim Pol Anastas “yaşıl kimya”konsepsiyasını (terminini) ilk dəfə 1991-ci ildə elm və sənaye dünyasına (ABŞ Ətraf Mühitin Mühafizəsi Agentliyi) daxil etmişdir. Bu konsepsiyanın elmə daxil edilməsi Yaşıl Kimya Proqramının başlanması ilə irəli sürülmüşdür. Kimyanın ətraf mühitə təsirini azaltmaqla bərabər öz yaxşı niyyətlərini saxlamağa imkan vermək üçün iki alim Anastas və Varner 1998-ci ildə “Yaşıl Kimya: Nəzəriyyə və Təcrübə” kitabını nəşr etdirmiş və bununla da, “yaşıl kimyanın on iki prinsipi”nin formalaşmasına nail olunmuşdur.

Bu elm sahəsinin cavan olmasına baxmayaraq, onun prinsiplərinin üzvi kimyanın geniş aspektdə məlum olan klassik reaksiyalarında tətbiq olunması, reaksiya şəraitlərinin yaxşılaşdırılmasına, prosesin ekoloji təmiz şəraitdə aparılmasına, alınan məqsədli məhsulun atom səmərəliliyinə səbəb olur [1].

Məhz bu sadalananlara daha da aydınlıq gətirmək üçün konkret bir neçə nümunələri nəzərdən keçirək.

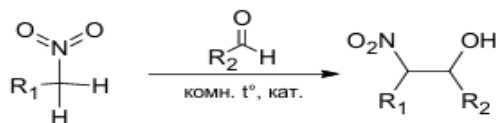
I. Anri reaksiyası: Reaksiyanın yerinə yetirilməsi və alınan nəticələrə əsasən, məhz bu prosesin, yaşıl kimyanın 1,2 və 9-cu prinsiplərinin tələblərinə cavab verdiyi müşahidə olunur.

Bu reaksiya nitroalkenlər şəklində yan məhsulların alınması ilə nitrometan və aldehid arasında gedən aldol tipli β-hidroksinitrobirləşmələrin sintezi reaksiyasıdır.



Anri reaksiyasının mexanizmi

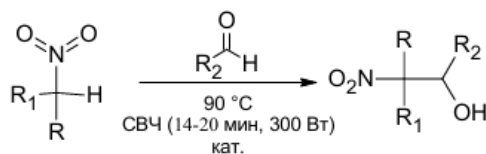
Yaşıl kimya prinsiplərinin əsas götürülməsi ilə β -hidroksinitro birləşmələrin Anri metodu üzrə sintezi reaksiyasının aparılması təklifi Kalyani Rackumar və b. tərəfindən verilmişdir. Bu reaksiyanın aparılmasında müəlliflər banan qabığının kəskin (tünd) külündən katalizator kimi istifadə etmiş və yüksək göstəricilərə malik nəticələr əldə etmişlər.



Anri reaksiyası, R_1 - alkil qrupu, R_2 -alkil və ya aril qrupudur, katalizator- banan qabığının külüdür.

Komponentlərin katalizatorla ən yaxşı nisbətlərinin, yəni aldehid və nitroalkanın ekvimolyar nisbətləri zamanı məhsulun çıxımı 98% təşkil etmişdir. Reaksiyanın gedində yan məhsullar alınmır, bu atom səmərəliliyinin (AS) 100%, E-amilinin isə 0,115 alınmasına imkan verir. Reaksiya həlledici iştirak etmədən gedir və əlavə enerji sərfi tələb olunmur.

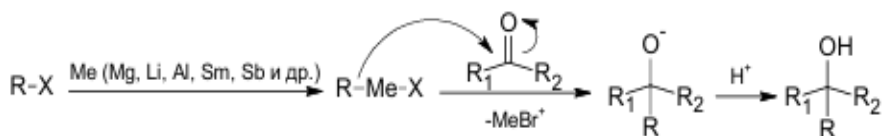
2018-ci ildə Abdellattif, Moxtarın işində, katalizator kimi alüminium qabığı ilə hidrokسيدlərin istifadə olunması zamanı, həddən artıq yüksək tezlikli (HAYT) şüalanmanın Anri reaksiyasının gedşinə müsbət təsiri nümayiş etdirilmişdir [1,2].



Anri reaksiyalarında HAYT şüalandırma, katalizator (alüminium qabığı ilə hidrokسيدlər)

Məhsulun hesablanmış çıxımı, məhz HAYT şüalandırmanın istifadəsi zamanı 98% təşkil etmişdir. Oxşar nəticələrə, HAYT şüalandırma sistemlərində katalizator kimi ultrasəs təsirinin (US) istifadəsi zamanı da nail olunur.

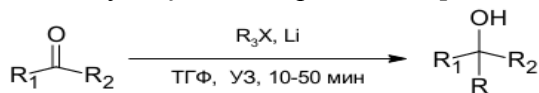
II. Barbye reaksiyası: Metalüzvi reagentin ketonla qarşılıqlı təsir reaksiyasından uyğun spirtin alınması Barbye reaksiyası kimi məşhurdur. Barbye tərəfindən kəşf edilmiş orjinal proses mübahisəsiz bir sıra üstünlüklərə malik olsa da, amma bəzi çatışmayan cəhətlər də mövcuddur. Məsələn, prosesin gedşində "in situ" (substratın iştirakında) metalüzvi reagentin hazırlanması tələb olunur ki, bu da prosesin aparılmasında çətinlik törədir, belə ki, metalüzvi aralıq məhsul suya qarşı çox həssasdır, reaksiya qabiliyyətlidir. Bu kimi səbəblərə görə Barbye reaksiyası başlanğıc olaraq susuz həlledicilərdə yerinə yetirilmişdir. Reaksiyanı yalnız yüksək reaksiya qabiliyyətli alkilhalogenidlərlə aparmaq olar. Barbye reaksiyası tsiklopentanonun sintezinin daha mühüm kimyəvi proseslərindən biridir.



Barbye reaksiyasının prinsipial sxemi. X-halogen. Me –metal

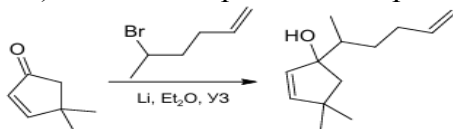
Yaşıl kimyanın–enerjiyə qənaət 6-cı prinsipinin II-istiqamətini nəzərə alaraq, Barbye reaksiyasının modelləşdirilməsi sahəsindəki ilk addımlar, maqneziumun litiumla əvəz edilməsi

olmuşdur, lakin əldə olunan nailiyyəti isə prosesin ultrasəsle (US) birbaşa intensivləşdirilməsinin nəticəsi saymaq olar. Ultrasəsin tətbiqi ilə Barbye reaksiyası üzrə mühüm kimyəvi komponentlərin sintezi əhəmiyyətli üstünlüklərə malikdir, belə ki, reaksiya kommersiya baxımından əl çatan olan tetrahidrofuranda (THF) aparıla bilər və reaksiyanın gedişində reduksiya və enollaşma kimi əlavə proseslər müşahidə olunmur. Allil- və ya benzilhalogenidlərin iştirakı ilə həyata keçirilən bu reaksiyalar daha yaxşı çıxımlarla >95 % nəticələnir. Li/THF/US-in istifadə olunması ilə modifikasiya olunmuş Barbye reaksiyası şəkildə təqdim edilir [3-5].



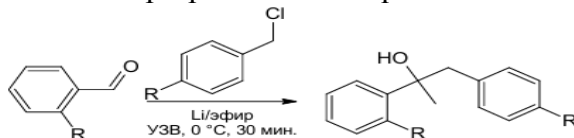
US-in iştirakı ilə Barbye reaksiyası, X-halogendir

Analoji yolla və yaxşı çıxımla (70%) dimetilsiklopentenondan pentalen turşusunu almaq olar.



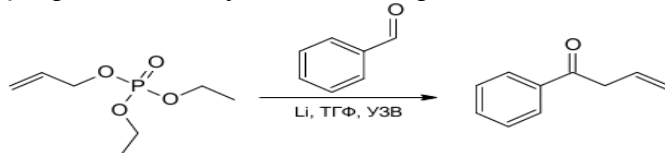
US-in köməyi ilə pentalen turşusunun Barbye reaksiyası üzrə sintezi

Eləcə də, alkilbenzalhid və alkilxlormetilbenzoldan 30 dəq. müddətində, 0 °C-də Barbye reaksiyası üzrə 70% çıxımla alkilfenilpropanolları almaq mümkündür.



US istifadəsi ilə alkilfenilpropanolların Barbye reaksiyası üzrə sintezi

Fenilbutenonu otaq temperaturunda, 3 dəq. müddətində, 85%-li çıxımla benzalhidin dietilpropenilfosfatla qarşılıqlı təsir reaksiyasından almaq olar.

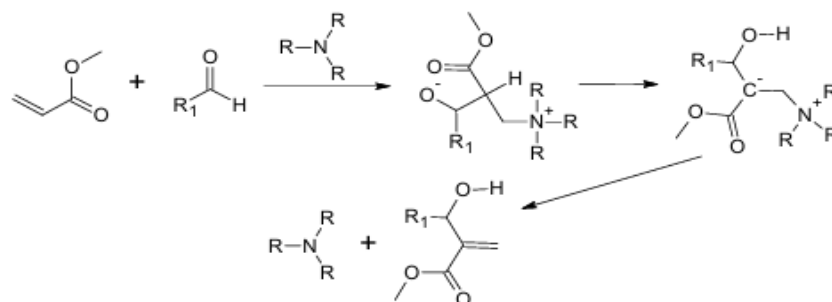


US istifadəsi ilə fenilbutenonun Barbye reaksiyası üzrə sintezi

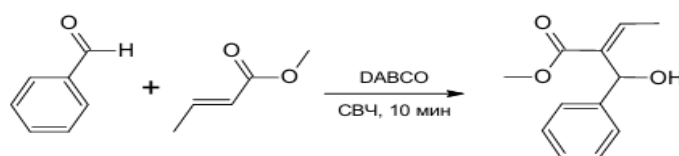
III. Beylis-Xillman reaksiyası: Aldehidlərin akrilatlarla təsir reaksiyaları nəticəsində α-(hidroksialkil) akrilatların və ya vinilketonlarla α-(hidroksialkil) vinilketonların alınmasında C-C rabitəsinin əmələ gəlməsi Beylis-Xillman reaksiyası kimi məlumdur.

Hal hazırda Beylis-Xillman reaksiyası mexanizminin dəqiqləşdirilməsi müzakirə mövzusu olaraq qalmaqdadır. Bu səbəbə görə reaksiya mexanizminin 1983-cü ildə Hoffman tərəfindən təklif olunmuş sadələşdirilmiş sxeminin verilməsi daha məqsədəuyğundur. Hoffman tərəfindən təklif olunmuş reaksiya modelində, reaksiya üçlü- amin iştirakında aktivləşdirilmiş alkenin iştirakı ilə aldol kondensləşməsi ilə başlayır. Alınan ion intermediatı sivitter- reaksiyanın gedişində sonralar siqmatrop yenidən qruplaşmaya məruz qalır ki, bu da prosesdə katalizator rolunu oynayan üçlü-aminin ayrılması ilə yekunlaşır [3].

Beylis-Xillman reaksiyası üzrə sintezin aparılması üçün optimal kondensləşmənin axtarılması prosesinin əhəmiyyətli uğuruna, DABCO ilə katalizə edilən benzalhidin metilkrotonatla aparılması reaksiyasında HAYT şüalandırmanın prosesə müsbət təsiri nəticəsində nail olunur. Bu halda son məhsul yüksək çıxımla, 10 dəq. müddətində alınır.

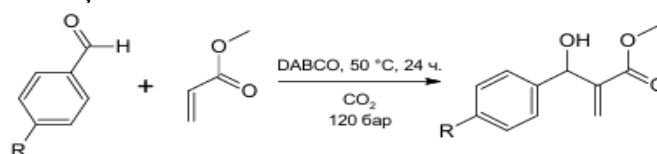


Beylis-Xillman reaksiyasının prinsipial sxemi



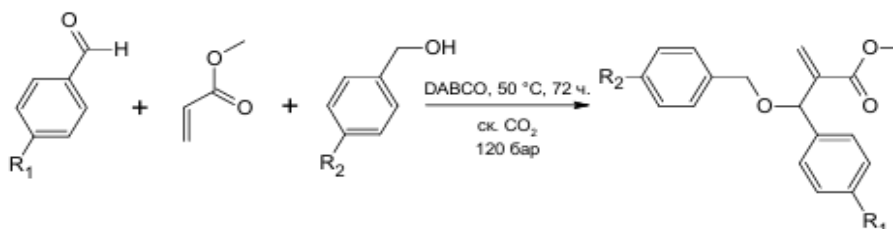
HAYT –şüalandırılmasının istifadəsi ilə Beylis-Xillman reaksiyası

Beylis-Xillman reaksiyası, həm də superkritik CO_2 -də reaksiyanın yüksək konversiya və sürət göstəriciləri ilə aparılmışdır.



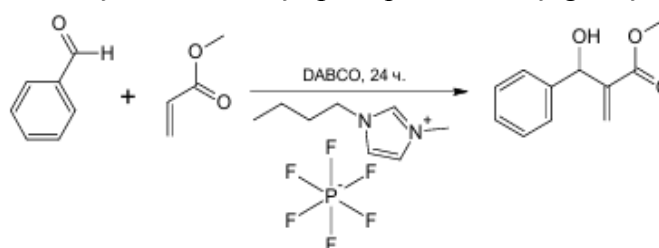
Superkritik haldakı CO_2 -də Beylis-Xillman reaksiyası

Yuxarıda təsvir edilən reaksiyanın spirt iştirakında aparılması zamanı, yalnız superkritik CO_2 şəraitlərində gedən və üçkomponentli birləşmə nəticəsində əmələgələn əsas məhsul efirdən ibarət olur.



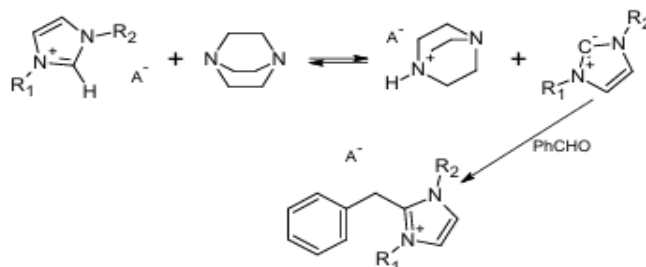
Superkritik haldakı CO_2 -də üçkomponentli Beylis-Xillman reaksiyası

Beylis-Xillman reaksiyasının modelləşdirilməsinə yanaşmalardan biri isə sintez reaksiyalarının yaşıl kimyanın 5-ci prinsipinə uyğun olaraq, yaşıl həlledicilər - ion mayeləri mühitində (İM) aparılmasıdır. Müşahidə edilmişdir ki, reaksiyanın həyata keçirilməsi zamanı həlledici kimi asetonitrilin heksaflüorofosfat 1-butil-3-metilimidazolla əvəz edilməsi, DABCO ilə katalizə olunan benzaldehydin netilakrilatla reaksiyasının sürətinin 33 dəfə intensivləşməsinə gətirir, lakin bu zaman son məhsulun çıxımı nəzərə cərpacaq dərəcədə aşağı düşür [2-5].



İon mayesi mühitində Beylis-Xillman reaksiyası

Lakin tez bir zamanda aparılan təhlillər çıxımın aşağı düşmə səbəbini aydınlaşdırmağa imkan verdi və bu çatışmazlığın aradan qaldırılmasının həll edilməsi yolu tapıldı, bu isə Beylis-Xillman reaksiyası üzrə sintez prosesində tamamilə yaşıl həlledicilərdən (İM) istifadə olunmasını ortaya qoydu. Məlum oldu ki, əsasi mühitlərdə aldehid imidazol kationu ilə qarşılıqlı təsirdə olarkən sərf olunur, bu imidazol halqasının ikinci vəziyyətindəki protonun yüksək hərəkətliliyi sayəsində baş verir.

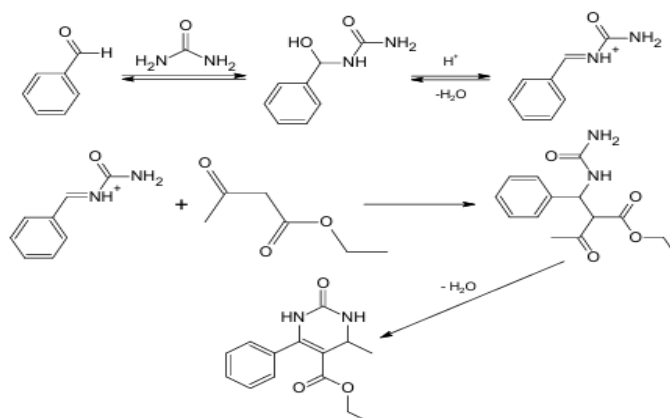


Beylis-Xillman reaksiyası üzrə sintez prosesində İM-nin imidazol kationunun əlavə reaksiyası

Alınan nəticələrin əsasında qərara alınmışdır ki, inert həlledici kimi İM-nin istifadəsi zamanı ehtiyatlılığa riayət olunması mütləq şərtlərdəndir.

İmidazol tsiklinin ikinci vəziyyətindəki protonuna görə, pK_a göstəricisinin kifayət qədər aşağı olması və reaksiyada əlavə məhsulun əmələgəlməsi səbəbi nəticəsində çıxımların aşağı alınması problemini aradan qaldırmaq məqsədilə, ikinci vəziyyətdə əvəz edilmiş imidazol ion mayelərindən istifadə edilməsi təklif olunur. Beləliklə, identifikasiya olunmuşdur ki, müxtəlif aldehidlər və metilakrilat arasında Beylis-Xillman reaksiyası, məsələn, heksaflüorofosfat 1-butil-2-metil-3-imidazolda olduğu kimi yaxşı gedir. Eləcədə, bu reaksiya əsasi nühiyə qarşı davamlı və kationu ikinci vəziyyətdə fenil- qrupu saxlayan imidazol ion mayeləri iştirakında uğurla aparılmışdır [4-6].

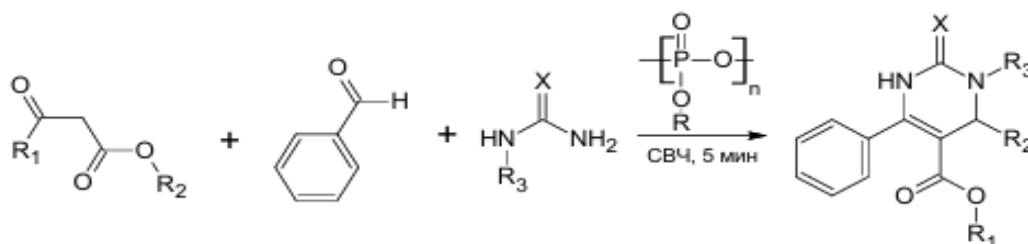
IV. Bidjinelli reaksiyası: Bidjinelli reaksiyası çox komponentli kimyəvi reaksiyadır, reaksiyanın gedişi nəticəsində asetat sirkə efiri, aril- aldehidi (məsələn, benzaldehid) və karbamiddən dihidropirimidinonlar alınır. Dihidropirimidinonlar, Bidjinelli reaksiyasının məhsullarıdır, əczaçılıq sənayesində kalsium kanallarının bloklaşdırıcıları və s. kimi geniş istifadə olunur.



Bidjinelli reaksiyasının mexanizmi

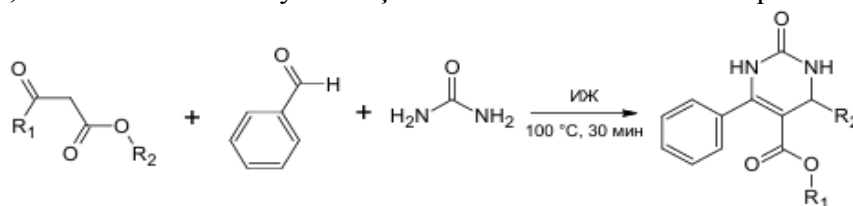
Bidjinelli reaksiyasının mexanizmi dihidropirimidinonların alınmasına gətirən bimolekulyar reaksiyalar seriyasından ibarətdir. Bu mexanizm 1973-cü ildə Svit tərəfindən təklif edilmiş, 1997-ci ildə isə Kappe tərəfindən tam dəqiqləşdirilmişdir, mexanizm bütün reaksiyanın sürətini müəyyən edən, karbamidin aldehidə nukleofil birləşməsi mərhələsindən başlayır. Onun arxasınca imin-intermediatı əmələ gətirən turşu katalizi mərhələsi gəlir, bu mərhələdə əmələ gələn intermediat imin- rabitəsi üzrə asetosirkə efiri ilə reaksiyaya girir. Yekun mərhələdə karbonil qrupu üzrə amin

qrupunun birbaşa nukleofil həmləsi ilə tsiklin kondensləşmə qapanması baş verir, nəticədə bir molekul su ayrılır [3,6]. Yaşıl kimyanın prinsiplərini 5,9 nəzərə almaqla, Bidjinelli reaksiyasının, şəraitinin optimallaşdırılması yollarının axtarılması istiqamətində atılan addımlar göstərir ki, reaksiya sisteminə həddən artıq yüksək tezlikli (HAYT) şüalandırma təsiri prosesin təkmilləşdirilməsinə nail olunmasına imkan verir. Nümayiş etdirilmişdir ki, β -ketoefirlərin, benzaldehidin və karbamidin qarışığı həddən artıq yüksək tezlikli (HAYT) şüalandırma təsiri altında 1-5 dəq.müddətində polifosfat efiri iştirakında 61-95%-li çıxımla dihidropirimidinonların alınmasına gətirir.



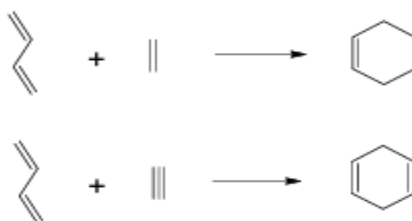
HAYT-şüalandırmanın istifadə edilməsi ilə Bidjinelli reaksiyası

Həddən artıq yüksək tezlikli (HAYT) şüalandırmanın təsiri ilə yanaşı, əvvəlki hallarda olduğu kimi nümayiş etdirilmişdir ki, Bidjinelli reaksiyası tetraflüorborat və ya heksaflüorfosfat 1-butil-3-metilimidazol İM-nin iştirakında yaxşı gedir. Belə hallarda, ənənəvi üzvi həlledicilərdən istifadə etmədən, son məhsulun daha yüksək çıxımla alınmasına nail olmaq mümkündür [5].



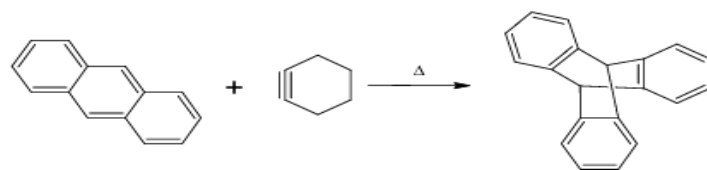
İM-nin iştirakında Bidjinelli reaksiyası

V. Dils-Alder reaksiyası: Dils-Alder reaksiyası C-C rabitəsinin əmələ gəlməsi ilə nəticələnən tipik reaksiyadır. Bu reaksiya, adduktların əmələgəlməsi nəticələnən dienofil (2π -elektron sistemi) adlanan ikili- və ya üçlü- rabitəyə malik əlaqəli dienlər və birləşmələrlə tsiklobirləşmə reaksiyasıdır. Bu reaksiyanın klassik nümunəsi, butadienlə (dien) etilen (dienofil) arasında, hər iki komponentin ayrı-ayrılıqda və ya inert həlledicidə qızdırılması zamanı baş verən qarşılıqlı təsirdən ibarətdir. Qeyd edək ki, dienofil kimi etilenin əvəzinə asetilen də istifadə edilə bilər. Dils-Alder reaksiyasında ilkin materiallardakı iki π -rabitəsi hesabına iki yeni σ -rabitəsi əmələ gəlir.



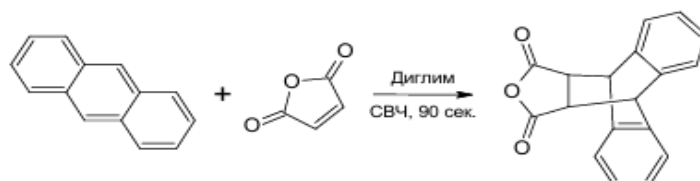
Dils-Alder reaksiyası

Mütləq şərt deyildir ki, dienlər yalnız atsiklik karbohidrogenlər olsunlar, bu reaksiyalarda bəzi heterotsiklik və ya bəzi aromatik birləşmələr də iştirak edə bilərlər. Hazırkı reaksiyaya aromatik birləşmələr içərisindən antrasen çox asanlıqla daxil olur.



Antrasen və arinin iştirakı ilə Dils-Alder reaksiyası

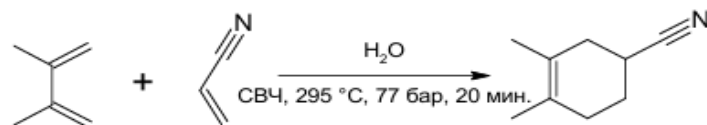
Dils-Alder reaksiyasının həddən artıq yüksək tezlikli (HAYT) şüalandırmanın təsiri ilə aparılması da əlverişli şəraitlərdən sayılır. Beləki, antrasen və malein anhidridi diqlim iştirakında həddən artıq yüksək tezlikli (HAYT) şüalandırmanın təsiri altında 80% çıxımla addukt əmələ gətirirlər. Həmin çıxımla 90 dəq müddətində qaynatmaqla gedən reaksiya ilə müqayisədə, təklif edilən bu reaksiya 90 san ərzində baş verir.



HAYT-şüalandırmanın istifadə edilməsi ilə Dils-Alder reaksiyası

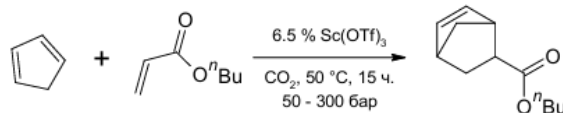
Analoji olaraq -HAYT-şüalandırmanın istifadə edilməsi ilə antrasen ksilolda 10 dəq. müddətində dimetilfumaratla qarşılıqlı təsirdə olur və nəticədə 87%-lə son məhsul alınır, lakin ənənəvi qızdırılma yolu ilə 5 saat müddətində çıxım 67% təşkil edir.

Dils-Alder reaksiyasının superkritik su mühitində aparılması nümunələri də məlumdur. Yaşıl kimya yanaşmasından 65%-li çıxımla 2-metiltsikloheksen 1-karbonitrilin superkritik su mühitində (2,5,6-ci prinsip)HAYT-şüalandırmanın istifadə edilməsi ilə alınması müəyyən maraq doğurur.



Superkritik su mühitində HAYT-şüalandırmanın təsiri altında Dils-Alder reaksiyası

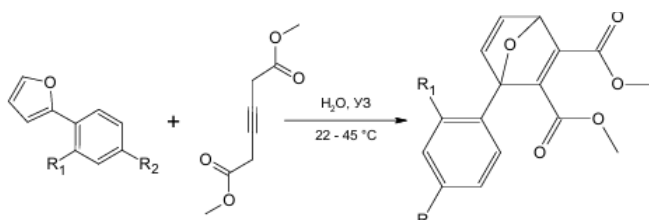
Dils-Alder reaksiyası üzrə birləşmələrin sintezində superkritik halda olan CO₂-dən də istifadə etmək mümkündür. Bu istiqamətdə aparılan işlərin uğurlu nəticələrindən biri Lyuis turşuları məsələn, triflüormetansulfonatla kataliz şəraitində alınan nəticələndir. Sxemdə superkritik CO₂ şəraitində tsiklopentadienin n-butylakrilatla qarşılıqlı təsir reaksiyasının gedişi verilmişdir.



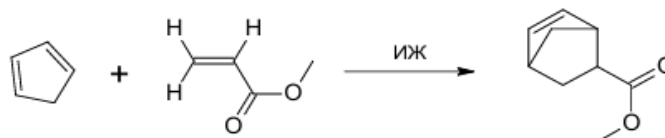
Superkritik CO₂ halında Dils-Alder reaksiyası

Bəzi hallarda Dils-Alder reaksiyasında məhsulun çıxımının artırılmasına ultra səsin (US) istifadə olunması ilə də nail olmaq olar. Məsələn, reaksiyanın ilkin komponentlərinin - əvəzlənmiş furanlar və dimetilasetilendikarboksilatın suda cüzi temperaturdakı US-emalı son məhsulun 99-100%-li çıxımla alınmasına imkan verir.

Dils-Alder reaksiyasında tsiklopentadien və metilakrilat arasında gedən reaksiyada tetraflüorborat və ya perxlorat 1-butyl-3-metilimidazol, triflüormetansulfonat və ya heksaflüorfosfat 1-etil-3-metilimidazol kimi ion mayələrinin (İM) istifadə olunması reaksiya sürətinin və son məhsulun çıxımının yüksəlməsinə səbəb olur [4].



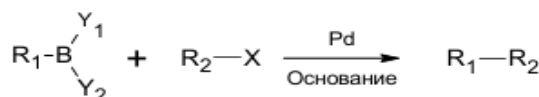
Dils-Alder reaksiyasında (US) istifadə olunması



İM-mühitində Dils-Alder reaksiyası

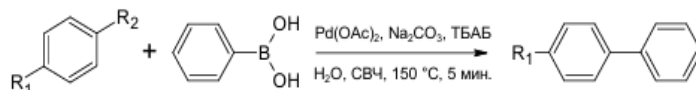
VI. Suzuki reaksiyası: Suzuki reaksiyası palladium kompleksləri ilə katalizə olunan, aril- və vinilbor turşularının aril- və ya vinilhalogenidlərlə üzvi reaksiyadır. Suzuki reaksiyası preparativ üzvi kimyada poliolefinlərin, stirolların, həm də əvəzlənmiş bifenillərin alınmasında geniş istifadə olunur [17,19].

Suzuki reaksiyasının mexanizmi, Pd(O) komplekslərinin iştirakı ilə katalitik proseslərin çevrilmələri üçün xarakterikdir, reaksiyanın ümumi sxemi belədir.



Suzuki reaksiyasının ümumi sxemi

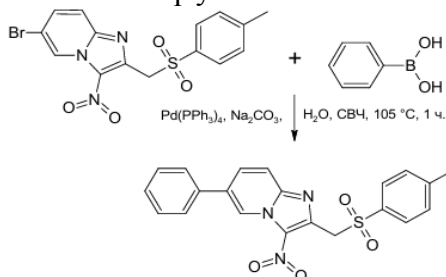
Biarilin bir sıra törəmələri, müxtəlif arilhalogenidlərin su mühitində həddən artıq yüksək tezlikli şüalandırılmasının (HAYT) istifadə edilməsi ilə fenilbor turşusu ilə reaksiyasından alınmışdır.



HAYT şüalandırmanın tətbiqi ilə Suzuki reaksiyası

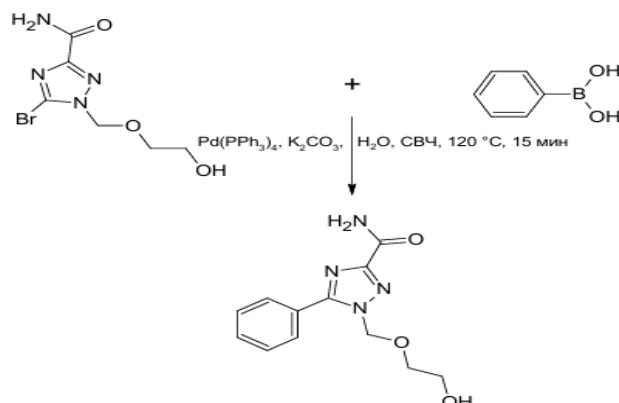
Maraqlıdır ki, yuxarıda təsvir olunan texnologiya arilbromidlərin və arilyodidlərin iştirakında daha yaxşı çıxımlar əldə etməyə şərait yaradır, lakin arilxlorid halında çıxım aşağı olur. Bu problem reaksiyanın arilxlorid və fenilbor turşusunun palladium komplekslərinin su mühitində istifadəsi, eləcə də eyni vaxtda yüksək tezlikli şüalandırma ilə soyutma və qızdırılma metodunun tətbiqi ilə aradan qaldırılır.

Suzuki reaksiyası üzrə heterotsiklik birləşmələrin sintezində mühüm aspekt kimi HAYT şüalandırmasını əsas götürmək olar. İmidazopiridinlərin arilbor turşusu ilə su mühitində mikridalğalı təsirindəki reaksiyası, ənənəvi texnologiyaların istifadəsi ilə verilmiş parametrlərə qədər temperaturunun artırılması halı ilə müqayisədə daha effektiv gedir.



HAYT şüalandırmanın tətbiqi ilə Suzuki reaksiyası

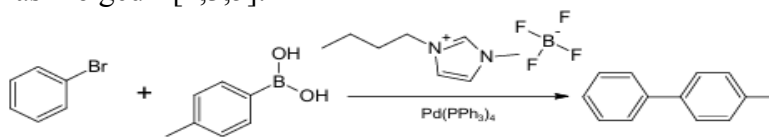
Suzuki reaksiyası üzrə HAYT şüalandırması təsiri altında ariltriiazolasilnukleozidlərin sintezi prosesini həyata keçirmək olar. Bu birləşmələr müxtəlif virus xəstəliklərinə qarşı potensial vasitələr hesab olunur, qeyd olunan metodika üzrə, 5-ariltriiazolasilnukleozidlərin bir mərhələli sintezini effektiv şəkildə yerinə yetirmək olar.



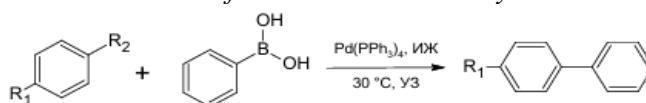
Suzuki reaksiyası üzrə HAYT şüalandırması təsiri altında ariltriiazolasilnukleozidlərin sintezi

Arilhalogenidlərlə arilbor turşuları arasındakı reaksiyada, su mühitində HAYT şüalandırılmasının təsiri zamanı, benzotiazol əsasında Pd(II) komplekslərinin bu reaksiya üçün daha effektiv katalizatorlar olması müşahidə olunmuşdur. Bu kompleks birləşmələrin katalitik fəallığı ilə əlaqədar dövr saylarının yüksək olması, onların kütləvi istehsalı üçün çox vacibdir.

Digər yaşıl metodlarla kimya sənayesinə lazım olan birləşmələrin sintezinin Suzuki reaksiyası üzrə aparılmasında, İM-dən istifadə edilməsi (5,6,8 prinsip) daha səmərəli ola bilər. Buna, π -metilbifenilin brombenzol və tolilbor turşusundan sintezi, həm də əvəzlənmiş bifenillərin arilhalogenidlər və fenilbor turşusundan sintezinin US-təsiri altında və spirtin az miqdarının qarışığında İM-nin istifadəsi ilə aparılan reaksiya gözəl nümunə ola bilər. Hər iki reaksiya çıxımın 90%-dən artıq alınması ilə gedir [2,3,5].



İM-nin istifadəsi ilə Suzuki reaksiyası



İM- və US-in istifadəsi ilə Suzuki reaksiyası

Nəticə. Yuxarıda təsvir olunan klassik üzvi sintez reaksiyalarının yaşıl kimya prinsipləri yanaşmasından gedişi və optimallaşdırılması yollarının axtarılması, onu deməyə əsas verir ki, reaksiya proseslərinin modelləşdirilməsinin əsas məqamları, reaksiyanın sürətləndirilməsi üçün US-dən, daha enerji effektivliyi (enerjiyə qənaət) üçün, ənənəvi termiki metodlardan fərqli olaraq HAYT, alternativ reaksiya mühiti kimi yaşıl həlledici olaraq İM-dən istifadə olunmasından ibarətdir.

Ədəbiyyat

- [1]. Атласкин, А.А. Зелёная химия как инструмент устойчивого развития : учебное пособие / А.А.Атласкин, М.Е.Атласкина, А.В.Воротынцев [и др.] – М.: Неправительственный экологический фонд имени В.И. Вернадского, –2024. – 292 с.
- [2]. Bai, L. Rapid microwave-promoted Suzuki cross coupling reaction in water / L.Bai, J.-X.Wang, Y.Zhang // Green Chemistry. –2003. Vol. 5. –p. 615–617.

- [3]. Basavaiah, D. Recent Advances in the Baylis–Hillman Reaction and Applications / D.Basavaiah, A.J.Rao, T.Satyanarayana // Chemical Reviews. –2003. Vol. 103. –p. 811–892.
- [4]. Earle, M.J. Diels–Alder reactions in ionic liquids. A safe recyclable alternative to lithium perchlorate–diethyl ether mixtures / M.J.Earle, P.B.McCormac, K.R.Seddon // Green Chemistry. –1999. Vol. 1. –p. 23–25.
- [5]. Leadbeater, N.E. Ionic liquids as reagents and solvents in conjunction with microwave heating: Rapid synthesis of alkyl halides from alcohols and nitriles from aryl halides / N.E.Leadbeater, H.M.Torenus, H.Tye // Tetrahedron. –2003a. Vol. 59. –p. 2253–2258.
- [6]. Rajagopal, R. Ultrasound promoted Suzuki cross-coupling reactions in ionic liquid at ambient conditions / R.Rajagopal, D.V.Jarikote, K.V.Srinivasan // Chemical Communications. –2002. Iss. 6. –p. 616–617.

Summary

The role and prospects of green chemistry in solving existing problems of classical organic reaction

Mustafayev M.M., Şahgəldiyev F.X., İsmayılova R.İ., Mammadova A.A., Ahmədov V.N.

Keywords: classical organic reactions, green chemistry and its 12 principles, atomic economics, E-factor, ionic liquids, ultrasonic radiation

The presented article is devoted to the problems of classical fundamental organic reactions, their study and elimination of existing problems by applying the principles of green chemistry. The application of various principles of "green chemistry" in the development of chemical products and processes opens up effective and innovative ways to reduce waste, save energy and find safer substances (solvents), which benefits and protects the economy, society and the biosphere.

These principles promote more sustainable development or cover issues such as the use of renewable raw materials and designing for a product's lifespan or its final disposal.

Резюме

Роль и перспективы зеленой химии в решении существующих проблем классических органических реакций

Мустафayев М.М., Шахгельдиев Ф. Х., Исмаилова Р.И., Маммадова А.А., Ахмедов В.Н.

Ключевые слова: классические органические реакции, зеленая химия и ее 12 принципов, атомная экономика, E-фактор, ионные жидкости, ультразвуковое излучения

Представленная статья посвящена проблемам классических фундаментальных органических реакций, их исследованию и устранению существующих проблем путем применения принципов зеленой химии. Применение различных принципов «зеленой химии» при разработке химических продуктов и процессов открывает эффективные и инновационные пути сокращения отходов, экономии энергии и поиска более безопасных веществ (растворителей), что приносит пользу и защищает экономику, общество и биосферу.

Эти принципы обеспечивают более устойчивое развитие или охватывают такие вопросы, как использование возобновляемого сырья и проектирование с учетом срока службы продукта или его окончательной утилизации.