

5-дәріс. СУТЕКТІК БАЙЛАНЫСТАР АРҚЫЛЫ ТҮЗІЛЕТІН КОМПЛЕКСТЕР

1. Дәрістің мақсаты

- Сутектік байланыстың табиғатын, энергетикалық және бағыттық қасиеттерін түсіндіру;
 - Полимерлер арасындағы сутектік байланыс түзілу механизмін сипаттау;
 - Сутектік байланыс арқылы түзілетін интерполимерлік комплекстердің құрылымы мен қасиеттерін қарастыру;
 - Мұндай комплекстердің қолданылу аймақтарын мысалдар арқылы көрсету.
-

2. Күтілетін оқу нәтижелері

Дәріс соңында студент:

- ☒ Сутектік байланыстың физика-химиялық мәнін біледі;
 - ☒ Донор мен акцептор топтардың рөлін түсіндіреді;
 - ☒ Полимерлік тізбектер арасындағы сутектік өзара әрекеттесудің нәтижесінде қандай комплекстер түзілетінін біледі;
 - ☒ Сутектік комплекстердің тұрақтылығына әсер ететін факторларды ажырата алады;
 - ☒ Осындай жүйелердің фармацевтика, биотехнология және материалтанудағы қолданылуын түсіндіреді.
-

3. Негізгі бөлім

3.1. Сутектік байланыстың табиғаты

Сутектік байланыс — бұл бір молекуладағы сутек атомының (донор) көршілес молекуладағы немесе сол молекула ішіндегі электрон жұбы бар атоммен (акцептор — оттегі, азот, фтор және т.б.) өзара тартылысы нәтижесінде пайда болатын бағытталған, салыстырмалы түрде әлсіз байланыс.

Жалпы түрде:



мұндағы D — донор атом, А — акцептор атом.

Энергиясы: 5–30 кДж/моль аралығында.

Бұл байланыс Ван-дер-Ваальс күшінен күшті, бірақ коваленттік байланыстан әлсіз.

Молекулааралық сутектік байланыс полимер тізбектерінің ассоциациялануына, тіпті макромолекулалық тор құрылымының түзілуіне әкеледі.

3.2. Полимерлер арасындағы сутектік байланыс түзілу механизмі

Полимерлер құрамында **донор топтар** (–ОН, –COOH, –NH₂, –CONH–) және **акцептор топтар** (–C=O, –O–, –N=) бар болса, олар бір-бірімен сутектік байланыс түзе алады.

Мысалы:

1. Реагенттердің жалпы сипаттамасы

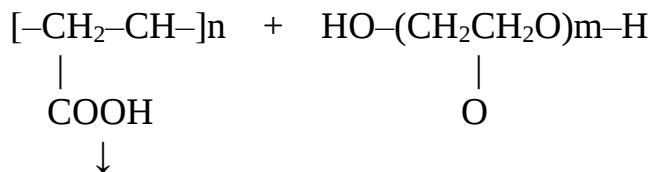
Зат	Формуласы	Функционалдық топтар	Қасиеттері
Полиэтиленгликоль (пэг)	HO– (CH ₂ CH ₂ O) _n –H	Соңғы гидроксил топтары (–ОН)	Бейионды, суда еритін, химиялық тұрақты полимер
Акрил қышқылы (АҚ)	CH ₂ =CH– COOH	Винильдік (C=C) және карбоксильдік (–COOH) топтар	Реакцияға қабілетті: оңай полимерленеді және этерификацияланады

- Полиакрил қышқылы (РАА) –COOH топтары донор ретінде;
- Полиэтиленгликоль (РЕG) –O– топтары акцептор ретінде әрекет етеді.

Нәтижесінде сутектік байланыстар арқылы **интерполимерлік комплекс (ИПК)** түзіледі.

Реакция схемасы:

Н-байланыс



$[\text{PAA} \cdots \text{PEG}]_n \rightarrow$ Интерполимерлі комплекс

3.3. Сутектік комплекстердің түзілу шарттары

Сутектік байланыстардың түзілуі мен беріктігіне келесі факторлар әсер етеді:

Фактор	Әсері
рН	Протондану/депротондану тепе-теңдігін өзгертеді, сутектік байланыс санына әсер етеді
Температура	Жоғары температура сутектік байланыстарды үзіп, комплекс тұрақтылығын төмендетеді
Еріткіштің полярлығы	Полярлы еріткіштер сутектік байланыстарды әлсіретеді, себебі еріткіш молекулалары бәсекеге түседі
Молекулалық салмақ және тізбек икемділігі	Ұзын, икемді тізбектер байланыстардың көбірек түзілуіне мүмкіндік береді
Мольдік қатынас	Донор мен акцептор топтардың арақатынасы 1:1 шамасында болғанда комплекс ең тұрақты болады

3.4. Сутектік байланыс арқылы түзілетін интерполимерлік комплекстердің мысалдары

№	Компоненттер	Байланыс типі	Қасиеттері және қолданылуы
1	Полиакрил қышқылы (PAA) + Полиэтиленгликоль (PEG)	$-\text{COOH} \cdots \text{O}-$	Дәрілік жүйелер, гидрогельдер
2	Поливинилпирролидон (PVP) + Полиакрил қышқылы (PAA)	$\text{C}=\text{O} \cdots \text{HO}-$	Тұрақты пленкалар, нанокомпозиттер
3	Полиакрил қышқылы + Поли(винилспирт) (PVA)	$-\text{OH} \cdots \text{O}=\text{C}-$	Мембраналар, биосәйкесті материалдар
4	Поливинилпирролидон + Поли(метакрил қышқылы)	$\text{N} \cdots \text{HO}-$	Фармацевтикалық тасымалдағыштар

№	Компоненттер	Байланыс типі	Қасиеттері және қолданылуы
5	Хитозан + Поливинилпирролидон	$\text{NH}_2 \cdots \text{O}=\text{C}$	Биологиялық активті гелдер

3.5. Құрылымдық ерекшеліктері

- Комплекстер көбіне **аморфты** құрылымда болады;
- Сутектік байланыстар тізбекаралық тор түзеді;
- Кейде **коацервациялық қабаттар** немесе **гельдік фаза** түзіледі;
- Комплекс түзілу кезінде ерітіндінің тұтқырлығы өседі, ал ерігіштік төмендейді.

Спектроскопиялық дәлелдер:

FTIR және NMR әдістері сутектік байланыстардың түзілуін дәлелдейді: –ОН және С=О топтарының жиілік ығысуы байқалады.

3.6. Қасиеттері

- **Қайтымдылық:** сутектік байланыстар үзілуі мен қайта түзілуі мүмкін → температура немесе рН өзгергенде материалдың қасиеттері өзгереді.
- **Бейімделгіштік:** сыртқы ортаның әсеріне (жарық, иондық күш, ылғал) сезімтал.
- **Биосәйкестілік:** табиғи полимерлер негізінде алынған сутектік комплекстер организммен жақсы үйлеседі.
- **Механикалық беріктік:** сутектік тор құрылымы материалға қосымша беріктік береді.

3.7. Қолданылу салалары



1. Фармацевтика

- Дәрілік заттардың баяу және бағытты босау жүйелері (мысалы, РАА/PVP гидрогелі);
- Контакт линзалар мен мукоадгезивті пленкалар;
- Тері арқылы дәрі жеткізу (transdermal patches).



2. Материалтану

- **Интеллектуалды материалдар:** температураға жауап беретін полимерлер (мысалы, РАА/PNIPAM комплекстері);

- **Жабындар:** суға төзімді және адгезиясы жоғары полимерлік пленкалар;
- **Нанокұрылымды материалдар:** сутектік тор арқылы нанобөлшектерді тұрақтандыру.



3. Биотехнология

- **Биосәйкесті гельдер** (мысалы, хитозан/ПВП негізінде);
- **Ферменттерді иммобилизациялау** матрицалары;
- **Тін инженериясы** үшін полимерлі scaffold материалдар.



4. Экологиялық бағыт

- Сутектік байланыс арқылы ауыр металл иондарын немесе органикалық ластағыштарды сіңіретін сорбенттер;
- Қалдық суларды тазартуға арналған биополимерлі жүйелер.

3.8. Сутектік комплекстердің артықшылықтары мен шектеулері

Артықшылықтары:

- Қайтымды және реттелетін байланыстар;
- Ерітіндіден оңай түзіледі;
- Төмен уыттылық пен биосәйкестілік;
- Нанокұрылымдар мен гидрогельдер алуға мүмкіндік береді.

Шектеулері:

- Жоғары температурада тұрақсыз;
- Полярлы еріткіштерде (мысалы, су, спирт) сутектік байланыс әлсірейді;
- Дәл стехиометриялық қатынасты сақтау қажет.

4. Қорытынды

Сутектік байланыстар арқылы түзілетін комплекстер — интерполимерлік әрекеттесудің ең маңызды және зерттелген түрлерінің бірі.

Олардың түзілуі донор мен акцептор топтардың өзара тартылысына негізделген және нәтижесінде ерекше физика-химиялық қасиеттерге ие жүйелер қалыптасады.

Мұндай комплекстердің жоғары икемділігі, қайтымдылығы және биосәйкестілігі оларды дәрі-дәрмек жеткізу, биоматериалдар, интеллектуалды жабындар және экологиялық технологиялар саласында кеңінен қолдануға мүмкіндік береді.

5. Өзін-өзі тексеру сұрақтары

1. Сутектік байланыс дегеніміз не және ол қалай түзіледі?
 2. Донор және акцептор топтарға мысал келтіріңіз.
 3. Қандай факторлар сутектік байланыстардың беріктігіне әсер етеді?
 4. Сутектік комплекс түзілу кезінде полимер ерітіндісінің тұтқырлығы қалай өзгереді?
 5. PAA/PEG жүйесінде қандай топтар әрекеттеседі?
 6. Сутектік комплекстердің қайтымдылық қасиеті нені білдіреді?
 7. Қай салаларда сутектік комплекстер кеңінен қолданылады?
 8. Сутектік байланыс арқылы түзілген комплекс пен иондық комплекс арасындағы айырмашылық қандай?
 9. Температура мен pH өзгерісі комплекс тұрақтылығына қалай әсер етеді?
 10. Сутектік комплекстердің артықшылықтары мен кемшіліктерін атаңыз.
-

6. Қолданылған әдебиеттер

1. Zhou, Q., & Huang, J. *Hydrogen-Bonded Polymer Complexes: Structure, Mechanisms, and Applications*. **Progress in Polymer Science**, 2023, 143, 101693.
2. Nekrasova, N. et al. *Interpolymer Complexes Based on Hydrogen Bonding: Recent Developments*. **Polymers**, 2024, 16(2), 265.
3. Radeva, T. (Ed.) *Polymer Complexes and Interpolymer Interactions*. CRC Press, 2023.
4. Bhattacharya, S., & Mukherjee, A. *Hydrogen Bonding in Polymer Systems: A Review*. **Macromolecular Chemistry and Physics**, 2024, 225(4), 2401108.
5. Khutoryanskiy, V. V. *Hydrogen-Bonded Interpolymer Complexes in Drug Delivery Applications*. **International Journal of Pharmaceutics**, 2022, 623, 121839.