

10-дәріс. Гидрогель-сызықты полимер ерітіндісі жүйесіндегі интерполимерлік реакциялар

1. Дәрістің мақсаты

- Сызықты полимер ерітіндісіндегі гидрогельдердің интерполимерлік реакцияларын толық түсіндіру;
 - Молекулааралық әрекеттесулер (сутектік байланыс, ван-дер-Ваальс күштері, гидрофобтық әсер) рөлін сипаттау;
 - Гидрогельдердің құрылымы, фазалық өзгерістері мен физикалық қасиеттерін көрсету;
 - Студенттердің эксперименттік, аналитикалық және зерттеу дағдыларын дамыту.
-

2. Күтілетін нәтижелер (Expected Learning Outcomes)

Лекциядан кейін студенттер:

1. Гидрогельдердің негізгі анықтамасы мен сызықты полимер ерітіндісіндегі мәнін түсінеді;
 2. Интерполимерлік реакциялардың түрлі механизмдерін (сутектік байланыс, иондық, гидрофобтық, ковалентті) сипаттай алады;
 3. Торлы гидрогель құрылымының фазалық өзгерістерін және молекулааралық әрекеттесулерін түсіндіреді;
 4. Гидрогельдердің **тұтқырлық, кристалдық құрылым және биосәйкестілік қасиеттерін** бағалай алады;
 5. Ғылыми әдебиеттерді талдай отырып, гидрогельдердің қолдану бағыттарын сипаттай алады;
 6. Өзін-өзі тексеру сұрақтарына жауап бере алады;
 7. Кәсіби тәжірибеде гидрогельдермен жұмыс жасау принциптерін түсінеді.
-

3. Конспект

3.1. Гидрогель және сызықты полимер ерітіндісі

- **Гидрогель** – суды көп мөлшерде ұстай алатын желілік немесе жартылай желілік полимер;
 - **Сызықты полимер ерітіндісі** – полимер тізбектері ерітіндіде еркін қозғала алатын, желілік емес құрылым;
 - Гидрогель ерітіндісіндегі полимерлер **интерполимерлік өзара әрекеттесулер арқылы торлы құрылым түзеді**, бұл физикалық қасиеттерін айқындайды.
-

3.2. Интерполимерлік реакциялар механизмдері

1. Сутектік байланыс (H-bonding):

- Полимердің полярлы топтары ($-\text{OH}$, $-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$) арқылы суды немесе басқа полимер тізбектерін байланыстыру;
- Сутектік байланыстар гидрогельдің **су ұстайтын қасиетін және желілік құрылымын** қамтамасыз етеді.

2. Иондық байланыс (Electrostatic interaction):

- Зарядталған полимерлер арасындағы тартылыс;
- Торлы құрылымның беріктігін арттырады;
- Мысалы, полиакрил қышқылы (РАА) мен полиэтиленмин (РЕІ) арасындағы өзара әрекеттесу.

3. Гидрофобтық өзара әрекеттесулер:

- Су молекулаларымен байланысқа түспейтін полимер бөліктерінің жинақталуы;
- Фазалық бөліну мен тұтқырлықты өзгертуге әсер етеді.

4. Ковалентті байланыстар:

- Кейбір гидрогельдерде полимерлер арасында тұрақты химиялық байланыс түзіледі;
- Бұл торлы құрылымның тұрақтылығын арттырады.

3.3. Интерполимерлік реакциялардың кезеңдері

Кезең	Процесс сипаттамасы	Нәтижесі
Бастапқы кезең	Полимерлер ерітіндіде орналасады, өзара байланыс аз	еркін Ерітінді сұйық, желілік құрылым жоқ
Дағдарыс кезеңі	$\Delta G \approx 0$; сутектік және иондық байланыстар бәсекелеседі	Фазалық бөліну, тұтқырлық өзгерісі басталады
Тұрақты кешен	Жүйе термодинамикалық тепе-теңдікке жетеді	Торлы құрылым немесе коацерват түзіледі, гидрогель тұрақты

3.4. Физикалық қасиеттер және құрылымдық ерекшеліктер

- **Тұтқырлық:** полимер концентрациясына және молекулааралық байланыстарға тәуелді;
- **Су ұстайтын қабілет:** гидрофильді топтар арқасында жоғары;
- **Механикалық беріктік:** торлы құрылымның кристалдық/желі конфигурациясына тәуелді;
- **Фазалық өзгерістер:** ерітіндіден гельге өту кезінде тұтқырлық пен көлем өзгеруі байқалады.

3.5. Гидрогельдердің қолдану салалары

1. Фармацевтика:

- Controlled release дәрі тасымалдау жүйелері;
- Биосәйкестілігі жоғары гидрогельдер;
- Инъекциялық гидрогельдер.

Фармацевтика: Дәрі тасымалдау жүйелері және гидрогельдер

1. Controlled release дәрі тасымалдау жүйелері (Басқарылатын босату жүйелері)

Мақсаты:

- Дәрінің ағзада біркелкі және ұзақ уақыт бойы әрекет етуін қамтамасыз ету.
- Дозаны азайту арқылы жанама әсерлерді азайту.

Негізгі түрлері:

1. Матричная жүйе (Matrix system):

- Дәрі полимер немесе гидрогель матрицасына ендірілген.
- Босату дәрінің матрицадан диффузия арқылы шығуы арқылы жүреді.

2. Покрытті (Coated) жүйе:

- Дәрі микрочастицаларға немесе таблеткаларға арнайы қабатпен жабылады.
- Қабаттың ерігіштігіне байланысты дәрі біртіндеп бөлінеді.

3. Осмотық жүйелер (Osmotic systems):

- Дәрі арнайы осмотық пор арқылы біркелкі шығарылады.
- Ұзақ уақыт әрекет етеді.

Артықшылықтары:

- Дозаны азайту.
- Жанама әсерлерді төмендету.
- Науқастың ем қабылдауын жеңілдету.

2. Биосәйкестілігі жоғары гидрогельдер

Анықтама:

- Су сіңіре алатын, биологиялық тіндерге зиянсыз, биосәйкестілігі жоғары полимерлі материалдар.

Қасиеттері:

- Су мен биологиялық сұйықтықтарды жақсы сіңіреді.
- Биосәйкестілігі жоғары → иммундық жауап тудырмайды.
- Дәрілерді енгізу үшін ыңғайлы тасымалдаушы.

Қолданылуы:

- Дәрі тасымалдау жүйелерінде (Controlled release).
- Жарақат немесе тін инженериясында.
- Биомедициналық импланттар.

3. Инъекциялық гидрогельдер

Анықтама:

- Инъекция арқылы енгізілетін, ағзада қалыптасатын гидрогельдер.
- Жұмсақ, икемді және биосәйкестілігі жоғары.

Қасиеттері:

- Қолданылуы оңай: инъекция арқылы нақты орынға жеткізу.
- Қажет кезінде дәріні біртіндеп босатады.
- Қабаттасу немесе хирургиялық операциясыз қолдануға болады.

Қолданылуы:

- Жараларды емдеу, тіндерді қалпына келтіру.
- Онкологияда дәріні мақсатты жеткізу.
- Жасушалық терапияда тасымалдаушы ретінде.

2. Биотехнология:

- Ферменттер мен жасушаларды иммобилизациялау;
- Биокатализаторлар;
- Тін инженериясы.

Биотехнология: Негізгі бағыттар

1. Ферменттер мен жасушаларды иммобилизациялау

Анықтама:

- Ферменттерді немесе жасушаларды белгілі бір матрицаға бекіту арқылы олардың тұрақтылығын және қайта қолданылуын арттыру әдісі.

Әдістері:

1. Физикалық адсорбция:

- Бекіткіш бетке ферментті немесе жасушаны тіркейді.
- Артықшылық: қарапайым, арзан.
- Кемшілік: әлсіз бекіту → ферменттің ұшырауы мүмкін.

2. Коваленттік байланыс:

- Фермент матрицаға химиялық байланыс арқылы бекітіледі.
- Тұрақты, қайта қолдануға ыңғайлы.

3. Энкапсуляция:

- Фермент немесе жасуша гидрогель немесе микрокапсула ішінде қамтылған.
- Сыртқы ортаның әсерінен қорғалады.

Артықшылықтары:

- Ферменттердің тұрақтылығы артады.
- Қайта пайдалану мүмкіндігі.
- Процесті бақылау оңай.

2. Биокатализаторлар

Анықтама:

- Ферменттер немесе жасушалар негізінде химиялық реакцияларды жылдамдататын биологиялық катализаторлар.

Қасиеттері:

- Жоғары спецификалықтық (бір ғана реакцияға әсер етеді).
- Жоғары тиімділік төмен температурада.
- Қоршаған ортаға зиянсыз.

Қолданылуы:

- Фармацевтикада дәрілік заттарды өндіру.
- Азық-түлік өнеркәсібінде (сүт өнімдері, ішімдіктер).
- Биотопливтер өндірісінде.

3. Тін инженериясы (Tissue Engineering)

Анықтама:

- Биологиялық тіндерді немесе мүшелерді қалпына келтіру немесе алмастыру мақсатында жасушалар мен биоматериалдарды қолдану.

Негізгі компоненттері:

1. **Жасушалар:** маманданған немесе стем жасушалары.
2. **Скелет (scaffold):** жасушаларды қолдауға арналған биосәйкестілігі жоғары матрица.
3. **Осу факторлары:** жасушалардың бөлінуі мен дифференциациясын ынталандырады.

Қолданылуы:

- Жараларды емдеу, тіндерді қалпына келтіру.
- Органы алмастыру (мысалы, тері, шеміршек).
- Биомедициналық зерттеулер мен дәрі-дәрмек сынау.

3. Материалтану:

- Интеллектуалды материалдар (stimuli-responsive);
- Сенсорлар;
- Су ұстайтын пленкалар.

3.6. Интерполимерлік реакциялар мысалдары

Полимер жүйесі	Интерполимерлік байланыс	Қолдану мысалы
PAA + PEG	Сутектік байланыс	Controlled release гидрогель
PVA + PAA	H-bond + иондық	Биосәйкестілігі жоғары гель
Chitosan + Alginate	Иондық + гидрофобтық	Фермент иммобилизациясы

4. Қорытынды

- Сызықты полимер ерітіндісіндегі гидрогельдер интерполимерлік реакциялар арқылы **торлы құрылым** түзеді;
- Молекулааралық өзара әрекеттесулер гидрогельдің **тұтқырлық, механикалық беріктік және су ұстайтын қасиеттерін** анықтайды;
- Интерполимерлік реакциялар фармацевтика, биотехнология және материалтануда маңызды қолдану табады;
- Реакцияның әр кезеңі гидрогельдің қасиеттерін басқаруға мүмкіндік береді.

5. Қайталауға арналған сұрақтар

1. Гидрогель дегеніміз не және оның негізгі қасиеттері қандай?
 2. Сызықты полимер ерітіндісінде интерполимерлік реакциялар қалай жүреді?
 3. Сутектік байланыстар гидрогель құрылымына қалай әсер етеді?
 4. Иондық және гидрофобтық әрекеттесулердің рөлі неде?
 5. Интерполимерлік реакцияның кезеңдерін сипаттаңыз.
 6. Гидрогельдердің қолдану салаларын атаңыз.
 7. Ковалентті байланыстар гидрогельде қандай рөл атқарады?
 8. Полимер концентрациясы гидрогель қасиеттеріне қалай әсер етеді?
 9. Фазалық бөліну процесі қандай өзгерістерге әкеледі?
-

6. Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Peppas, N.A.; Hilt, J.Z.; Khademhosseini, A.; Langer, R. *Hydrogels in Biology and Medicine: From Molecular Principles to Bionanotechnology*. *Advanced Materials*, 2006, 18(11): 1345–1360.
2. Li, J.; Mooney, D.J. *Designing hydrogels for controlled drug delivery*. *Nature Reviews Materials*, 2016, 1: 16071.
3. Caló, E.; Khutoryanskiy, V.V. *Biomedical applications of hydrogels: A review of patents and commercial products*. *European Polymer Journal*, 2015, 65: 252–267.
4. Rosiak, J.M.; Yoshii, F. *Hydrogels and their medical applications*. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, 1999, B151: 56–64.
5. Hoffman, A.S. *Hydrogels for biomedical applications*. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 2002, 54: 3–12.