4-Дәріс: Гидрогельдер: қасиеттері және қолданылуы

Мақсаты: магистранттарға гидрогельдердің құрылымдық ерекшеліктерін, физика-химиялық қасиеттерін және биотехнология мен медицинадағы қолдану бағыттарын түсіндіру және олардың артықшылықтары мен шектеулерін талдау дағдыларын қалыптастыру.

Дәрістің мазмұны: Кіріспе. Гидрогельдер туралы жалпы түсінік және олардың маңыздылығы. Гидрогельдердің жіктелуі: шығу тегі, құрылымы және қасиеттеріне байланысты. Гидрогельдердің құрылымы және торлы полимерлік жүйелердің ерекшеліктері. Физика-химиялық қасиеттері: су сіңіру қабілеті, ісіну, өткізгіштік және механикалық қасиеттер. Биосәйкестілік және биоыдырағыштық мәселелері. Гидрогельдердің "ақылды" түрлері және олардың жұмыс принциптері. Қолдану бағыттары.

Гидрогельдерді алу әдістері және модификациялау жолдары. Қорытынды және болашақ даму перспективалары.

1. Гидрогельдер туралы жалпы түсінік

Гидрогельдер — суды немесе биологиялық сұйықтықтарды көп мөлшерде сіңіріп, үшөлшемді торлы құрылымын сақтайтын гидрофильді полимерлік жүйелер. Олардың торы полимер тізбектерінің физикалық немесе химиялық байланысуы нәтижесінде қалыптасады.

Гидрогельдердің негізгі ерекшелігі — жоғары су сіңіру қабілеті мен пішінін белгілі бір дәрежеде сақтау қасиетінің үйлесуі. Бұл оларды дәрілік заттарды жеткізуге, тіндік инженерияға, жара таңғыштарын және биомедициналық материалдарды жасауға қолайлы етеді.

2. Гидрогельдердің жіктелуі

Гидрогельдер шығу тегіне, тордың қалыптасу механизміне және сыртқы ортаға жауап беру қабілетіне қарай жіктеледі.

Жіктеу белгісі	**Түрлері**	**Мысалдар**
Шығу тегі	Табиғи	Альгинат, хитозан, желатин, геллан
	Синтетикалық	Полиакриламид, PVA, PEG негізіндегі гидрогельдер
	Гибридті	Табиғи және синтетикалық полимерлер қоспалары
Тордың қалыптасуы	Химиялық	Коваленттік байланыстармен торланған жүйелер
	Физикалық	Иондық, сутектік, гидрофобтық әрекеттесулер арқылы түзілген жүйелер
Қасиеттері	Кәдімгі	Орта өзгерісіне арнайы жауап бермейді
	«Ақылды»	pH, температура, жарық немесе иондар әсеріне жауап береді

3. Гидрогельдердің құрылымы және торлы жүйелердің ерекшеліктері

Гидрогельдің құрылымы полимер тізбектерінен, торлану нүктелерінен және олардың арасындағы сұйықтықпен толтырылған кеңістіктерден тұрады.

Торлану дәрежесі гидрогельдің негізгі қасиеттерін анықтайды:

- Торлану тығыздығы жоғарылаған сайын, әдетте, ісіну қабілеті төмендейді.
- Торлану тығыздығы төмен болғанда, су сіңіру артуы мүмкін, бірақ механикалық беріктік азаюы ықтимал.
- Полимер тізбегіндегі гидрофильді топтар су молекулаларымен әрекеттесіп, гидратацияны күшейтеді.
- Полимердің молекулалық массасы, заряд тығыздығы және ортадағы иондардың концентрациясы да ісінуге әсер етеді.

Гидрогельдің ісінуі полимер мен еріткіштің әрекеттесуі, полимер торының серпімділік күші және осмостық қысым арасындағы тепе-теңдікпен анықталады.

4. Гидрогельдердің физика-химиялық қасиеттері

Су сіңіру және ісіну. Гидрогельдің құрғақ күйден суды сіңіріп, көлемі мен массасының арту қабілеті. Ісіну дәрежесі полимердің гидрофильділігіне, торлану тығыздығына, pH пен иондық күшке тәуелді.

Өткізгіштік. Тордың кеуектілігі мен полимер тізбектерінің арасындағы кеңістік су, иондар және дәрілік молекулалардың диффузиясына мүмкіндік береді. Ірі молекулалардың тасымалдануы тордың құрылымымен шектелуі мүмкін.

Механикалық қасиеттер. Серпімділік, беріктік, деформацияға төзімділік және тұтқыр-серпімді мінез-құлық гидрогельдің қолданылу саласына қарай бағаланады.

Биологиялық қасиеттер. Биосәйкестілік, жасушалармен әрекеттесу, ферментативтік ыдырау және ыдырау өнімдерінің қауіпсіздігі маңызды көрсеткіштер болып табылады.

5. Биосәйкестілік және биоыдырағыштық

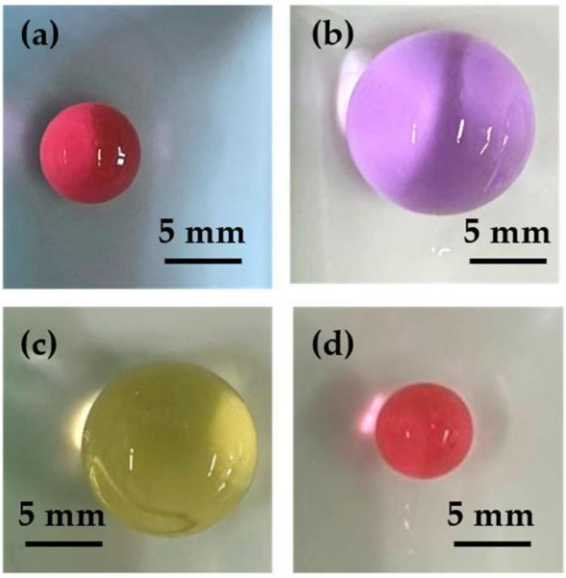
Биосәйкестілік — гидрогельдің нақты қолдану жағдайында қолайлы биологиялық жауаппен өз функциясын орындау қабілеті. Ол полимердің химиялық құрамына, қалдық мономерлерге, торлаушы агенттерге және стерильдеу әдісіне тәуелді.

Биоыдырағыш гидрогельдер химиялық немесе ферментативтік процестер нәтижесінде ыдырауы мүмкін. Мұндай жүйелер уақытша имплланттарда, тіндік инженерияда және дәрілік заттарды жеткізуде қолданылады.

Дегенмен, барлық гидрогель биоыдырайтын немесе биосәйкестігі жоғары материал болып саналмайды. Бұл қасиеттер эксперименттік зерттеулермен расталуы қажет.

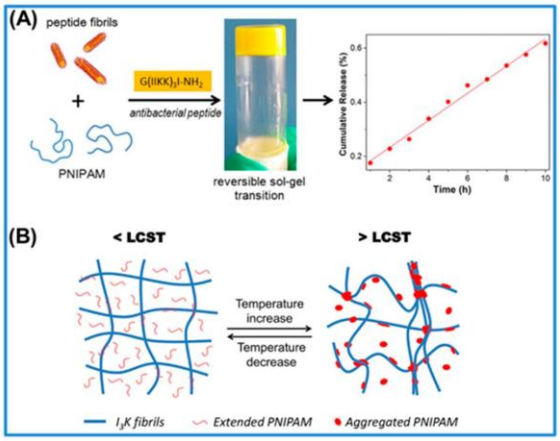
6. «Ақылды» гидрогельдер және олардың жұмыс принциптері

«Ақылды» гидрогельдер — қоршаған ортаның өзгеруіне жауап ретінде көлемін, ісіну дәрежесін, өткізгіштігін немесе дәрілік заттарды босату жылдамдығын өзгертетін полимерлік жүйелер.



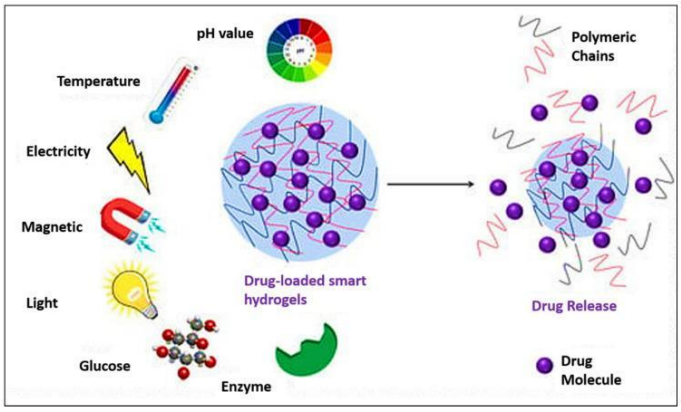
pH-сезімтал гидрогельдер

Иондалатын карбоксил немесе амин топтарының протондануы мен депротондануы нәтижесінде полимер тізбектерінің өзара тебілуі және ісіну дәрежесі өзгереді. Асқазан-ішек жолында дәрілік заттарды жеткізу үшін зерттеледі.



Температураға сезімтал гидрогельдер

Температура өзгергенде полимер мен судың өзара әрекеттесуі өзгереді. Кейбір жүйелерде бұл көлемнің ұлғаюына немесе кішіреюіне әкеледі. Мысалы, PNIPAM негізіндегі гидрогельдер температураға тәуелді фазалық ауысуды көрсетеді.



Басқа сыртқы әсерлерге жауап беретін жүйелер

Жарыққа, электр өрісіне, магнит өрісіне немесе глюкоза сияқты химиялық сигналдарға жауап беретін гидрогельдер арнайы компоненттерді енгізу арқылы жасалады. Олар бақыланатын босату және биосенсорлық жүйелер үшін перспективалы.

7. Гидрогельдерді алу әдістері

Гидрогель алу әдісі полимердің химиялық табиғатына, қажетті беріктікке және қолдану мақсатына байланысты таңдалады.

1. Химиялық торландыру. Полимер тізбектері коваленттік байланыстар арқылы біріктіріледі. Нәтижесінде тұрақты үшөлшемді тор түзіледі.
2. Физикалық торландыру. Иондық әрекеттесу, сутектік байланыстар, кристалдық аймақтар немесе гидрофобтық әрекеттесулер қолданылады.
3. Радиациялық торландыру. Иондаушы сәуле әсерінен полимер тізбектері арасында байланыстар түзілуі мүмкін.
4. Полимерлену арқылы алу. Мономерлер немесе макромономерлер қажетті пішінде полимерленіп, торлы құрылым қалыптастырады.
5. Мұздату–еріту әдісі. Кейбір полимерлерде, мысалы PVA жүйелерінде, қайталанатын мұздату және еріту физикалық торлануға мүмкіндік береді.

8. Гидрогельдерді модификациялау жолдары

Гидрогельдерді модификациялау олардың механикалық, биологиялық және функционалдық қасиеттерін мақсатты өзгерту үшін жүргізіледі.

- Химиялық модификация: полимер тізбектеріне жаңа функционалдық топтар енгізу.
- Полимерлерді араластыру: әртүрлі полимерлердің қасиеттерін біріктіру.
- Интерполимерлік комплекстер түзу: электростатикалық немесе сутектік байланыстар арқылы құрылымды тұрақтандыру.
- Нанобөлшектер енгізу: механикалық беріктікті, өткізгіштікті немесе арнайы функционалдық қасиеттерді өзгерту.

- Биоактивті молекулалармен функционалдандыру: жасушалармен өзара әрекеттесуді немесе дәрілік заттарды байланыстыруды жақсарту.

Мысалы, альгинатты кальций иондарымен торландыру гидрогельдің құрылымын тұрақтандырады, ал хитозанмен комплекс түзу оның механикалық және диффузиялық қасиеттерін өзгертуі мүмкін.

9. Гидрогельдердің қолданылу бағыттары

Қолданылу саласы	**Негізгі қызметі**
Фармацевтика	Дәрілік заттарды бақыланатын босату
Тіндік инженерия	Жасушаларға арналған үшөлшемді матрица
Жараларды емдеу	Ылғалды ортаны сақтау және жараны қорғау
Офтальмология	Контакт линзалары және көзге арналған дәрілік жүйелер
Диагностика	Биосенсорлар мен сигналға жауап беретін материалдар
Биотехнология	Жасушалар мен ферменттерді иммобилизациялау

10. Болашақ даму перспективалары

Гидрогельдер саласындағы заманауи зерттеулер көпфункционалды, механикалық беріктігі жоғары, биологиялық ортаға бейімделетін және дәрілік заттарды белгілі бір сигнал бойынша босататын жүйелерді жасауға бағытталған. Перспективалы бағыттарға өзін-өзі қалпына келтіретін гидрогельдер, 3D-биобасып шығаруға арналған материалдар, полимерлік нанокомпозиттер және жекелендірілген медицинаға арналған жүйелер жатады.

Қорытынды: Гидрогельдердің қасиеттері полимердің химиялық табиғатымен, торлану механизмімен және қоршаған ортамен әрекеттесуімен анықталады. Олардың құрылымын мақсатты басқару биомедицинада, фармацевтикада және биотехнологияда тиімді материалдар жасауға мүмкіндік береді.

Сынақ сұрақтары:

1. Гидрогельдердің құрылымдық ерекшеліктерін сипаттаңыз және олардың қасиеттеріне әсерін талдаңыз.
2. Табиғи және синтетикалық гидрогельдердің айырмашылықтарын салыстырыңыз.
3. Гидрогельдердің биосәйкестілік және биоыдырағыштық қасиеттерінің маңызын түсіндіріңіз.
4. "Ақылды" гидрогельдер дегеніміз не және олардың жұмыс принциптерін сипаттаңыз.
5. Гидрогельдердің тін инженериясындағы қолданылу бағыттарына мысалдар келтіріңіз.

6. Дәрілік заттарды жеткізу жүйелерінде гидрогельдердің артықшылықтарын талдаңыз.
7. Гидрогельдердің механикалық қасиеттерін арттыру үшін қолданылатын модификациялау әдістерін түсіндіріңіз.

Дәріс мазмұны бойынша әдебиеттер:

1. Barbucci R. Hydrogels: Biological Properties and Applications. – Springer Milano, 2009. – 197 p. – DOI: 10.1007/978-88-470-1104-5. – ISBN 978-88-470-1103-8 (hardcover), ISBN 978-88-470-5611-4 (softcover), ISBN 978-88-470-1104-5 (eBook).
2. Aghahosseini H., Ben Ammar N.E., Barbouche M., Chen Y., Das N.Ch., Das P., Deng G., Dong M., Ganguly S., Ghobashy M.M., Ghorpade V.S., Hamzaoui A.H., Huang M., Kaczmarek B., Lai W.-F., Leng Y., Li R., Nadolna K., Namazi H., Owczarek A., Parameswaranpillai J., Pooresmaeil M., Ramazani A., Rangappa S.M., Siengchin S., Škalko-Basnet N., Sun X., Tang S., Vanić Ž., Varghese S.A., Wong W.-T., Wu G., Wu R., Yang J., Yuan J., Yuan R., Zhang F., Zhang H., Zhang Y., Zhao L. List of contributors // Hydrogels Based on Natural Polymers / Ed. by Yu Chen. – Elsevier, 2020. – P. xv–xvii. – DOI: 10.1016/B978-0-12-816421-1.00026-4. – ISBN 9780128164211.
3. Ratner B. D. et al. *Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine.* [Third Edition], Academic Press, 2012, 1573 бет books.google.comshop.elsevier.com.
4. Langer R., Peppas N. A. “Advances in Biomaterials, Drug Delivery and Bionanotechnology” *AIChE Journal*, Vol. 49, No. 12, 2003, бет 2990–3006 scirp.org
5. «Полимеры в биологии и медицине» ред. Майк Дженкинс Перевод с англ. — О.И. Киселева, науч. ред. — Н.Л. Клячко. – М.:Научный мир, 2011. – 256 с.: ил.- (Фундаментальные основы нанотехнологий: исследования и разработки).
6. Dumitriu, S., & Popa, V. (Eds.). (2013). Polymeric Biomaterials: Structure and Function, Volume 1 (1st ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/b13757.
7. 5. Dumitriu, S., & Popa, V. (Eds.). (2013). Polymeric Biomaterials: Medicinal and Pharmaceutical Applications, Volume 2 (1st ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/b13758.