



Арганічныя рэчывы жывых арганізмаў прадстаўлены як ніз-камалекулярнымі злучэннямі, так і высокамалекулярнымі — біяпалімерамі. Бялкі — біяпалімеры, утвораныя астаткамі амінакіслот. Калі амінакіслоты злучаюцца пептыднымі сувязямі, яны ўтвараюць поліпептыдны ланцуг — першасную структуру бялку. На яе аснове фарміруюцца больш складаныя прасторавыя структуры — другасная, трацічная, чацвярцічная.



1. Якія з прыведзеных рэчываў з'яўляюцца біялагічнымі палімерамі? Якія рэчывы з'яўляюцца манамерамі для пабудовы малекул біяпалімераў?

Амінакіслоты, нуклеінавыя кіслоты, поліцукрыды, нуклеатыды, бялкі, монацукрыды.

2. Якія функцыянальныя групы характэрныя для ўсіх амінакіслот? Якімі ўласцівасцямі валодаюць гэтыя групы?

3. Колькі амінакіслот удзельнічае ва ўтварэнні прыродных бялкоў? Назавіце агульныя рысы будовы гэтых амінакіслот. Чым яны адрозніваюцца?

4. Як адбываецца злучэнне амінакіслот у поліпептыдны ланцуг?

5. Ахарактарызуйце ўзроўні структурнай арганізацыі бялкоў. Якія хімічныя сувязі абумоўліваюць існаванне і стабільнасць першаснай, другаснай, трацічнай і чацвярцічнай структур бялкоў?

6\*. Пабудуйце дыпептыд, які мае структуру Ліз—Ала, і трыпептыд Глу—Ала—Ліз. Разлічыце малекулярныя масы гэтых пептыдаў. Для выканання задання выкарыстоўвайце структурныя формулы амінакіслот, паказаныя на малюнку 6.

7\*. Для раздзялення сумесі бялкоў на кампаненты выкарыстоўваецца метадад электрафарэзу: у гелі пэўнай шчыльнасці пад дзеяннем электрычнага поля розныя бялковыя малекулы перамяшчаюцца з рознай хуткасцю. У выніку гэтага аднолькавыя малекулы канцэнтруюцца ў пэўным участку геля. Як вы думаеце, чаму так адбываецца?



БІЎРЭТАВАЯ РЭАКЦЫЯ — ЯКАСНАЯ РЭАКЦЫЯ НА ПЕПТЫДНЫЯ СУВЯЗІ



## § 4. Уласцівасці і функцыі бялкоў

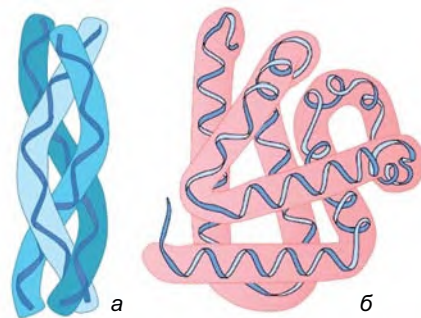
**Разнастайнасць і ўласцівасці бялкоў.** У залежнасці ад саставу адрозніваюць простыя і складаныя бялкі. Малекулы **простых** бялкоў пабудаваны толькі з амінакіслотных астаткаў. У састаў **складаных** бялкоў, акрамя таго, уваходзіць які-небудзь кампанент неамінакіслотнай прыроды. Напрыклад, у *глікапратэінах* ён прадстаўлены вугляводам, у *ліпапратэінах* — ліпідам і г. д.



Па форме малекул вылучаюць дзве групы бялкоў — **фібрылярныя** і **глабулярныя**. **Фібрылярнымі** называюць бялкі, малекулы якіх

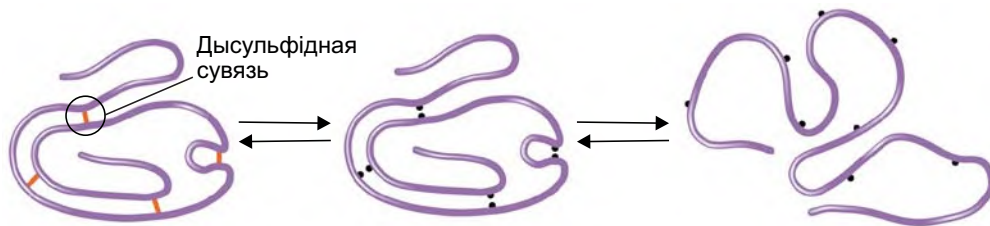
маюць выцягнутую, ніткападобную форму (мал. 11). Гэта, напрыклад, *калаген*, *керацін*, *мязін*. Малекулы **глабулярных** бялкоў маюць акруглую форму. Да гэтай групы належаць *альбуміны* і *глабуліны* крыві, *гемаглабін* і інш.

Многія бялкі добра раствараюцца ў вадзе, аднак сярод іх ёсць і нерастваральныя — *керацін*, *фібрін* і інш. Вядома, што глабулярныя бялкі ў асноўным з'яўляюцца вадарастваральнымі, а фібрылярныя, як правіла, у вадзе не раствараюцца.



Мал. 11. Будова малекул фібрылярнага (а) і глабулярнага (б) бялкоў

Бялкі адчувальныя да знешніх уздзеянняў: змяненне хімічнага саставу асяроддзя, тэмпературы і іншых фактараў выклікае змяненне іх структуры і ўласцівасцей. Дзеянне высокіх і нізкіх тэмператур, моцных кіслот і шчолачаў, іонаў цяжкіх металаў, ультрафіялетавага выпраменьвання, радыяцыі вядзе да разбурэння сувязей, якія стабілізуюць прасторавую канфігурацыю бялкоў. У выніку разрыву вадародных, іонных, дысульфідных і іншых сувязей бялок можа паслядоўна страціць сваю чацвярцічную, трацічную і нават другасную структуру. Працэс парушэння прыроднай структуры бялку пад уплывам знешніх фактараў без разбурэння яго першаснай структуры называецца **дэнаатурацыяй** (мал. 12).



Мал. 12. Дэнаатурацыя і рэнаатурацыя бялку

Прасторавая структура бялку вызначае яго фізіка-хімічныя ўласцівасці і біялагічныя функцыі. Таму дэнаатурацыя прыводзіць не толькі да змянення памераў і формы малекул бялку, але і яго ўласцівасцей, напрыклад растваральнасці. Непалярныя гідрафобныя групы, якія размяшчаліся ўнутры малекулы, аказваюцца на яе паверхні, і бялок становіцца менш гідрафільным. Важна тое, што ў выніку дэнаатурацыі бялкі губляюць здольнасць выконваць свае функцыі.

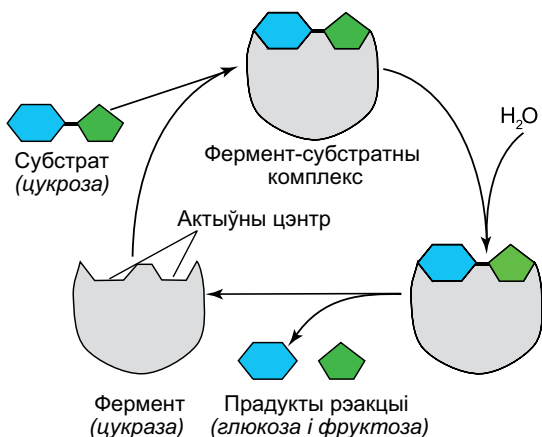


Ступень дэнатурацыі бялку залежыць ад сілы ўздзеяння на яго розных фактараў: чым больш інтэнсіўнае іх дзеянне, тым глыбей дэнатурацыя. У шэрагу выпадкаў яна становіцца незваротнай. Аднак калі фактар, які выклікаў дэнатурацыю, дзейнічаў недоўгачасова, то пасля спынення яго ўздзеяння бялок можа аднавіць сваю прыродную структуру, уласцівасці і функцыі. Такая з'ява называецца **рэнатурацыяй**. Разгорнуты поліпептыдны ланцуг здольны самаадвольна аднавіць другую структуру, а затым укладзецца ў трацічную. Гэта азначае, што прасторавая канфігурацыя бялку вызначаецца яго першаснай структурай, г. зн. паслядоўнасцю амінакіслотных астаткаў. Калі ж уздзеянне на бялок было занадта моцным і прывяло да разрыву пептыдных сувязей, вяртанне бялковай малекулы да зыходнай структуры становіцца немагчымым.

**Функцыі бялкоў.** Бялкі выконваюць разнастайныя біялагічныя функцыі — структурную, транспартную, рэгуляторную і многія іншыя. Пры гэтым адной з самых важных функцый бялкоў у жывых арганізмах з'яўляецца **каталітычная (ферментатыўная)**.

З курса хіміі вы ведаеце, што рэчывы, якія павышаюць хуткасць хімічных рэакцый, называюцца каталізатарамі. **Ферменты** — гэта бялкі, якія выконваюць функцыі біялагічных каталізатараў, г. зн. паскараюць праходжанне хімічных рэакцый у жывых арганізмах. Без іх удзелу біяхімічныя працэсы адбываліся б занадта павольна ці не адбываліся б наогул. Ферменты ажыццяўляюць расшчапленне і сінтэз розных злучэнняў, забяспечваючы працяканне абмену рэчываў. Практычна ўсе працэсы жыццядзейнасці абумоўлены ферментатыўнымі рэакцыямі.

Ферменты паскараюць хімічныя рэакцыі за кошт цеснага ўзаемадзеяння з малекуламі **субстратаў** — зыходных рэчываў, якія рэагуюць.



Мал. 13. Схема работы ферменту

З субстратам (ці субстратамі) узаемадзейнічае не ўся малекула ферменту, а толькі невялікі яе ўчастак — **актыўны цэнтр**. Часцей за ўсё ён утвораны некалькімі амінакіслотнымі астаткамі. Актыўны цэнтр кожнага ферменту мае асаблівую форму і хімічную будову, таму з ім могуць звязвацца толькі пэўныя субстраты (мал. 13).

Далучэнне субстрату выклікае невялікія змяненні канфігурацыі актыўнага цэнтра — такія, каб максімальна адпавядаць субстрату. Функ-

цыянальна актыўныя групы ферменту, за кошт якіх будзе працякаць рэакцыя, найбольш спрыяльным чынам размяшчаюцца ў прасторы. Вобразна кажучы, актыўны цэнтр падладжваецца пад субстрат як пальчатка, якую надзяваюць на руку.

У выніку далучэння да актыўнага цэнтра малекула субстрату асаблівым чынам размяшчаецца ў прасторы, і ў яе структуры аслабляюцца пэўныя хімічныя сувязі. Рэакцыйная здольнасць субстрату ўзрастае. Таму, у параўнанні з некаталізаванай рэакцыяй, ферментатыўнае ператварэнне субстрату ў прадукт (ці прадукты) адбываецца з меншымі затратамі энергіі і значна большай хуткасцю. Утвораныя прадукты аддзяляюцца ад актыўнага цэнтра. Пасля гэтага ён можа прымаць новыя малекулы субстрату.

Падабенства ферментаў да звычайных хімічных каталізатараў праяўляецца ў тым, што і тыя і другія павялічваюць хуткасць рэакцыі, але пры гэтым не расходуюцца і могуць выкарыстоўвацца шматразова.

У адрозненне ад звычайных хімічных каталізатараў ферменты валодаюць *спецыфічнасцю*, г. зн. кожны фермент паскарае толькі адну пэўную рэакцыю ці дзейнічае толькі на адзін тып сувязі. Гэта асаблівасць тлумачыцца адпаведнасцю актыўнага цэнтра ферменту пэўным субстратам. Ферменты працуюць значна хутчэй (яны паскараюць рэакцыі ў мільёны і мільярды разоў, а неарганічныя каталізатары — у сотні і тысячы разоў), таму нават у вельмі малых канцэнтрацыях ферменты забяспечваюць інтэнсіўнае працяканне каталізаваных рэакцый.

У ходзе некаторых акісляльна-аднаўленчых працэсаў, якія праходзяць у жывых арганізмах, утвараецца таксічнае для клетак злучэнне — пераксід вадароду ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Без удзелу каталізатараў яго расшчапленне ідзе вельмі павольна:  $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ . Вы ведаеце, што ў лабараторыі пры правядзенні гэтай рэакцыі звычайна выкарыстоўваюць неарганічны каталізатар, напрыклад аксід марганцу ( $\text{MnO}_2$ ). У яго прысутнасці раскладанне  $\text{H}_2\text{O}_2$  адбываецца значна хутчэй. У жывых арганізмах пад дзеяннем ферменту *каталазы* гэты працэс працякае з дзіўна высокай хуткасцю: адна малекула каталазы расшчапляе за 1 с каля 200 000 малекул  $\text{H}_2\text{O}_2$ !

Ферменты з'яўляюцца бялкамі, таму актыўна працуюць толькі ў пэўным дыяпазоне рН, тэмпературы і іншых фактараў. Напрыклад, фермент страўнікавага соку *пепсін* актыўны толькі ў кіслым асяроддзі, а ферменты сліны *амілаза* і *мальтаза* — у слабашчолачным. У дыяпазоне 0—40 °С павышэнне тэмпературы прыводзіць да паскарэння ферментатыўных рэакцый. Але пры далейшым павелічэнні тэмпературы рэакцыі, якія каталізуюцца большасцю ферментаў, запавольваюцца,



§4-1

а затым і зусім спыняюцца. Значнае павышэнне тэмпературы, змяненне кіслотнасці асяроддзя і іншых фактараў прыводзіць да дэнатурацыі ферментаў, у выніку чаго яны губляюць здольнасць звязвацца са сваімі субстратамі.

Акрамя каталітычнай, бялкі выконваюць і іншыя важныя функцыі (табл. 4).

Табліца 4. Асноўныя функцыі бялкоў у жывых арганізмах

| Функцыя                          | Тлумачэнне і прыклады                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Каталітычная<br>(ферментатыўная) | З'яўляюцца біялагічнымі каталізатарамі — павялічваюць хуткасць праходжання біяхімічных рэакцый, чым забяспечваюць расшчапленне і сінтэз розных злучэнняў. Напрыклад, стрававальныя ферменты <i>ліпазы</i> паскараюць расшчапленне ліпідаў, <i>амілаза</i> і <i>мальтаза</i> — вугляводаў, <i>пепсін</i> і <i>трыпсін</i> — бялкоў                                          |
| Структурная                      | Уваходзяць у састаў усіх кампанентаў клетак і розных паза-клеткавых структур. Напрыклад, <i>керацін</i> — асноўны кампанент валасоў, пазногцяў, кіпцюроў, капытоў, рагоў, пёраў. <i>Эласцін</i> уваходзіць у састаў сценак артэрыяў, звязак і інш., <i>калаген</i> — у састаў скуры, сухажылляў, касцявой, храстковай і іншых тканак                                       |
| Транспартная                     | Пераносяць розныя рэчывы ад адных клетак і тканак да другіх, забяспечваюць іх паступленне ў клеткі, вывадзенне з клетак, а таксама працэсы ўнутрыклетачнага транспарту. Напрыклад, дыхальны пігмент <i>гемаглабін</i> пераносіць кісларод і вуглякіслы газ у крыві пазваночных жывёл, а ў многіх малюскаў і ў шэрагу членістаногіх гэту функцыю выконвае <i>гемацыянін</i> |
| Скарачальная<br>(рухальная)      | Прымаюць удзел ва ўсіх відах руху, да якіх здольныя клеткі і арганізмы. Напрыклад, бялкі <i>акцін</i> і <i>міязін</i> забяспечваюць скарачальнасць гладкай і папярочнапаласатай мышачных тканак                                                                                                                                                                            |
| Рэгуляторная                     | Рэгулююць працяканне розных фізіялагічных працэсаў. Напрыклад, гармоны <i>інсулін</i> і <i>глюкагон</i> рэгулююць узровень глюкозы ў крыві. Працэсы росту і фізічнага развіцця чалавека працякаюць пад кантролем гармону <i>самата-трапіну</i>                                                                                                                             |

## Працяг

| Функцыя                     | Тлумачэнне і прыклады                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Сігнальная<br>(рэцэптарная) | Некаторыя мембранныя бялкі ў адказ на дзеянне пэўных хімічных рэчываў ці раздражняльнікаў іншай прыроды змяняюць сваю канфігурацыю. Гэта прыводзіць да змянення працякання тых ці іншых унутрыклетачных працэсаў. Такім чынам, рэцэптарныя бялкі забяспечваюць прыём знешніх сігналаў і рэакцыі клетак у адказ на гэтыя сігналы. Напрыклад, зрокавыя пігменты вока — <i>радапсін</i> (змяшчаецца ў палачках) і <i>ёдапсіны</i> (у колбачках) — забяспечваюць успрыманне святла фотарэцэптарнымі клеткамі, іх узбуджэнне і запуск нервовага імпульсу |
| Ахоўная                     | <i>Тромбапластын</i> , <i>трамбін</i> і <i>фібрынаген</i> забяспечваюць згусанне крыві, ахоўваючы арганізм ад страты крыві. <i>Імунаглабуліны</i> ( <i>антыцелы</i> ) удзельнічаюць у імунным адказе арганізма на чужародныя аб'екты — антыгены. <i>Лізацым</i> , які змяшчаецца ў сліне, слёзнай вадкасці і інш., валодае антыбактэрыяльнымі ўласцівасцямі                                                                                                                                                                                         |
| Таксічная                   | Таксіны, што вылучаюць многія бактэрыі ( <i>дыфтэрыійны</i> , <i>батулінавы</i> , <i>скупняковы</i> , <i>халерны</i> і інш.), па хімічнай прыродзе з'яўляюцца бялкамі. Дзеючыя рэчывы ў саставе ядаў змей, некаторых павукоў, скарпіёнаў і насякомых таксама ўяўляюць сабой бялкі                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Запасальная                 | Назапашваюцца ў якасці крыніцы амінакіслот (напрыклад, рэзервовыя бялкі, якія адкладаюцца ў насенні раслін) ці забяспечваюць назапашванне іншых рэчываў. Так, <i>мяглаглін</i> адыгрывае важную ролю ў стварэнні кіслароднага запasu ў мышачных валокнах                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Энергетычная                | Пасля гідролізу да амінакіслот могуць далей расщепляцца і акісляцца з вызваленнем энергіі. Пры поўным акісленні 1 г бялку вылучаецца 17,6 кДж энергіі. Аднак бялкі выкарыстоўваюцца ў якасці крыніцы энергіі толькі ў крайніх выпадках, калі заканчваюцца запасы вугляводаў і тлушчаў                                                                                                                                                                                                                                                               |

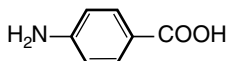
У павукоў аснову павуціны складае бялок спідраін. Сакрэт павуцінавых залоз выводзіцца вонкі ў вадкім выглядзе. Пасля гэтага структура спідраіну змяняецца, і ён зацвердзяе ў выглядзе тонкіх нітак. У іх саставе ўчасткі  $\beta$ -складкаватага слоя чаргуюцца з эластычнымі поліпептыднымі звязкамі. Дзякуючы гэтаму павуціна валодае адначасова высокай трываласцю і эластычнасцю. Яна рвецца толькі пры расцягванні ў 5 разоў. Па трываласці павуціну можна супаставіць са сталлю, але пры гэтым яе шчыльнасць у 6 разоў меншая, чым у сталі. Калі б павук стварыў нітку даўжынёй з зямны экватар, яна мела б масу, меншую за 500 г.



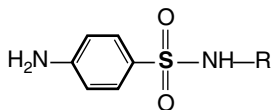
Паводле саставу адрозніваюць простыя і складаныя бялкі, у залежнасці ад формы малекул — фібрылярныя і глабулярныя. Пад уздзеяннем шэрага фактараў бялкі могуць дэнатураваць — губляць сваю прыродную структуру, што вядзе да страты біялагічнай актыўнасці. У жывых арганізмах бялкі выконваюць выключна важныя функцыі: каталітычную (ферментатыўную), структурную, транспартную, скарачальную, рэгулярную, сігнальную, ахоўную і інш.



1. Чым простыя бялкі адрозніваюцца ад складаных? Фібрылярныя ад глабулярных? Прывядзіце прыклады фібрылярных і глабулярных бялкоў.
2. Як называецца працэс парушэння прыроднай структуры бялку, пры якім захоўваецца яго першасная структура? Дзеянне якіх фактараў можа прыводзіць да парушэння структуры бялковых малекул?
3. Назавіце асноўныя біялагічныя функцыі бялкоў, прывядзіце адпаведныя прыклады.
4. Што ўяўляюць сабой ферменты? Апішыце механізм работы ферменту.
5. У чым заключаецца спецыфічнасць ферментаў? Якая яе прычына? Чаму ферменты актыўна функцыянуюць толькі ў пэўным дыяпазоне тэмпературы, pH і іншых фактараў?
- 6\*. Чаму бялкі, як правіла, выкарыстоўваюцца ў якасці крыніц энергіі толькі ў крайніх выпадках, калі ў клетках вычарпаны запасы вугляводаў і тлушчаў?
- 7\*. Шмат у якіх бактэрый у працэсах сінтэзу рэчываў, неабходных для нармальнай жыццядзейнасці і размнажэння, удзельнічае параамінабензойная кіслата (ПАБК). У той жа час у медыцыне для лячэння шэрага бактэрыяльных інфекцый выкарыстоўваюцца сульфаніламіды — рэчывы, па структуры падобныя да ПАБК. Як вы думаеце, на чым заснавана лячэбнае дзеянне сульфаніламідаў?



ПАБК



Агульная формула сульфаніламідаў



Назіранне дэнатурацыі бялку

