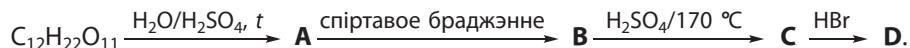


5. Водны раствор арганічнага рэчыва **A** змяшалі са свежаасаджаным гідраксідам медзі(II). У выніку ўтварыўся раствор васількова-сіняга колеру. Раствор нагрэлі. Пры гэтым змянення афарбоўкі не назіралі. Прапануйце магчымую формулу рэчыва **A**.

6. Да раствору цукрозы дабавілі некалькі кропель сернай кіслаты і сумесь пракіпяцілі. Потым раствор нейтралізавалі шчолаччу. Ці будзе атрыманая сумесь даваць рэакцыю «сярэбранага люстра»? Прывядзіце ўраўненні рэакцый.

7. Злучэнне **A** мае салодкі смак, добра растваральнае ў вадзе і змяшчаецца ў цукровым трыснягу. Пры гідролізе **A** ўтвараюцца рэчывы **B** і **C**, якія маюць аднолькавую адносную малекулярную масу. Рэчыва **B** дае чырвоны асадок пры награванні з гідраксідам медзі(II). Пад дзеяннем ферменту малочнакіслых бактэрый рэчыва **B** утварае злучэнне **D** з дваістай хімічнай функцыяй, якое назапашваецца пры скісанні малака. Прывядзіце магчымыя формулы рэчываў **A**, **B**, **D** і ўраўненні рэакцый.

8. Дадзена схема ператварэнняў арганічных рэчываў:



Напішыце ўраўненні рэакцый, якія працякаюць.

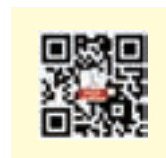
9. Пры поўным акісленні 1 моль глюкозы вылучаецца 670 ккал энергіі, а пры поўным акісленні 1 моль цукрозы вылучаецца 1350 ккал энергіі. Юны хімік Стас неаўважна для сябе з'еў 5 г глюкозы, а юны хімік Васіль — 5 г цукрозы. На падставе прыведзеных даных, дапоўніце наступны сказ.

*Юны хімік Стас спажыў на ... ккал ..., чым юны хімік Васіль.*

10. Якую максімальную масу этанолу можна атрымаць з 1 кг цукрозы? Лічыце, што этанол утвараецца пры браджэнні і глюкозы, і фруктозы.

11. Дыцукрыд масай 29,6 г падверглі поўнаму гідролізу. Адносна малекулярныя масы монацукрыдаў, якія ўтварыліся, роўныя 180 і 134 адпаведна. Разлічыце сумарную масу (г) монацукрыдаў, якія ўтварыліся.

З вугляводамі, якія маюць важнае біяхімічнае значэнне, — рыбозай і дэзаксірыбозай — вы можаце пазнаёміцца, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.



\* Рыбоза.  
Дэзаксірыбоза

## § 43. Крухмал

Крухмал уяўляе сабой белы парашок. У адрозненне ад глюкозы, фруктозы і цукрозы, ён не мае салодкага смаку і не раствараецца ў халоднай вадзе. Пры змешванні з гарачай вадой крухмал утварае глеісты, клейкі калоідны

раствор — клейстар. При дапамозе гэтага раствору можна прыклеіць паперу да розных паверхняў.

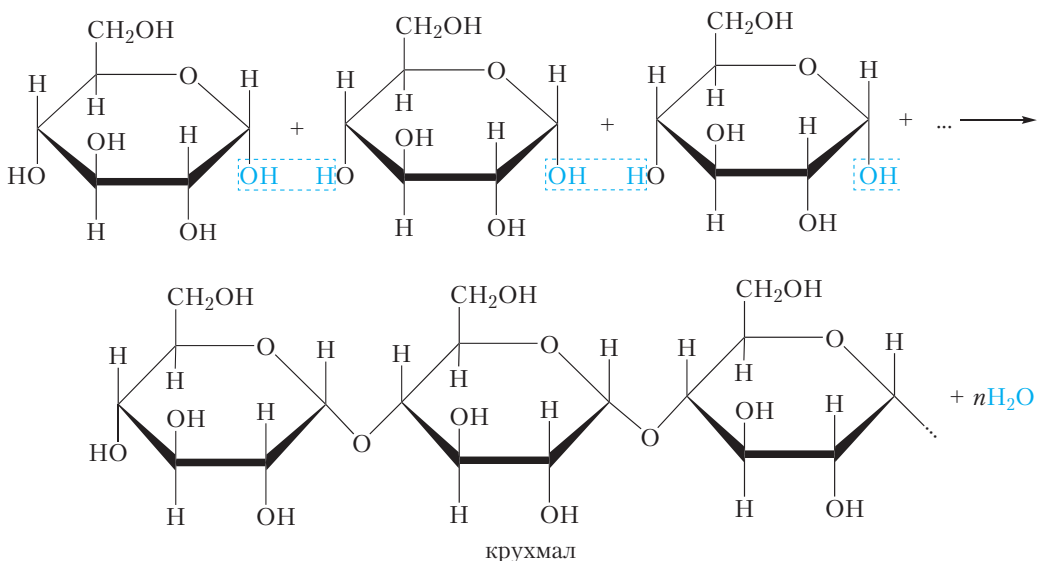
Крухмал шырока распаўсюджаны ў прыродзе, ён утвараецца ў выніку фотасінтэзы і назапашваецца ў насенні, клубнях і пладах раслін (мал. 43.1). Найбольш багата крухмалам зерне кукурузы, пшаніцы і рысу (колькасць крухмалу дасягае 70–80 %), а таксама клубні бульбы (больш за 20 %).



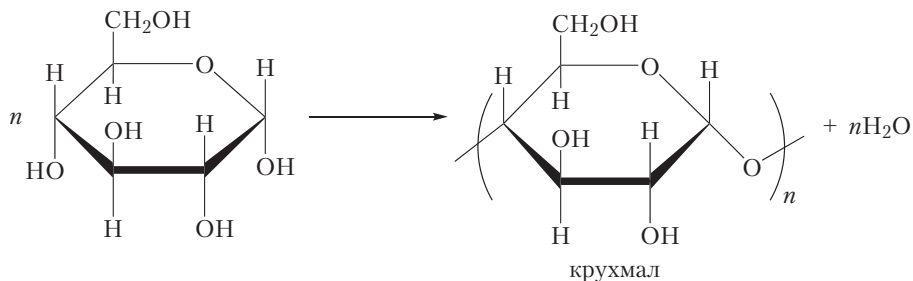
Мал. 43.1. Крыніцы крухмалу

### Састаў і будова крухмалу

Разгледзім састаў і будову крухмалу. Малекулярная формула крухмалу  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , гэта значыць крухмал з'яўляецца палімерам. Устаноўлена, што макрамалекулы крухмалу складаюцца з астаткаў  $\alpha$ -глюкозы. Тады працэс утварэння крухмалу з глюкозы можна прадставіць наступнай схемай:



або



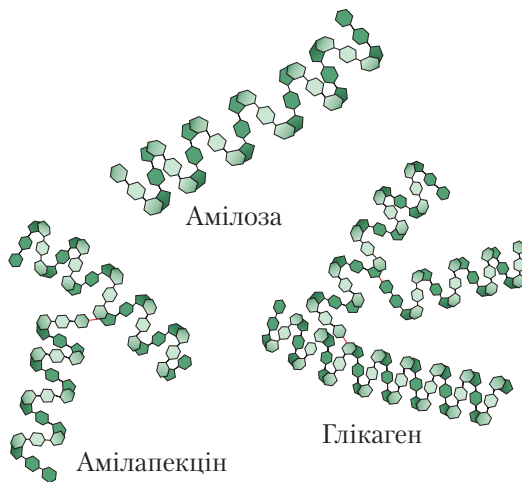
Такім чынам, крухмал з'яўляецца прадуктам полікандэнсацыі глюкозы. Макрамалекула крухмалу складаецца з вялікай колькасці астаткаў монацукрыду глюкозы. Таму крухмал з'яўляецца *поліцукрыдам*.

Макрамалекулы крухмалу могуць быць лінейнымі або разгалінаванымі, гэта значыць крухмал уяўляе сабой сумесь двух палімераў, якія называюцца *амілоза* і *амілапекцін*.

*Амілоза* — неразгалінаваны палімер (мал. 43.2). Макрамалекулы амілозы маюць форму спіралі. Усярэдзіне спіралі могуць размясціцца некаторыя малекулы, напрыклад малекула ёду. Пры гэтым утвараецца так званае злучэнне ўключэння, у якім малекула ёду «ўключана» ўсярэдзіну спіралепадобнай макрамалекулы амілозы. Гэта злучэнне мае ярка-сіні колер. Утварэнне ярка-сіняга злучэння ўключэння пры ўзаемадзеянні з ёдам з'яўляецца якаснай рэакцыяй на крухмал, і наадварот, з дапамогай крухмальнага раствору можна выявіць нават невялікую колькасць ёду.

Крухмал змяшчае таксама разгалінаваныя макрамалекулы. Разгалінаваны палімер называецца *амілапекцін* (мал. 43.2).

Падобна раслінам, у жывёлных арганізмах таксама змяшчаецца поліцукрыд, які складаецца з астаткаў  $\alpha$ -глюкозы. Ён называецца *глікаген*. Глікаген падобны па будове на амілапекцін, але з'яўляецца яшчэ больш разгалінаваным (мал. 43.2).



Мал. 43.2. Будова амілозы, амілапекціну і глікагену

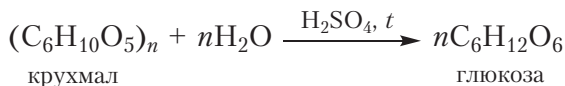
### Хімічныя ўласцівасці крухмалу

У макрамалекуле крухмалу цыклічныя формы глюкозы зафіксаваны, таму крухмал не выяўляе ўласцівасці, характэрныя для альдэгідаў. Крухмал не дае рэакцыю «сярэбранага люстра» і не ўтварае чырвоны асадак аксіду медзі(I) пры награванні з гідраксідам медзі(II).

У той жа час крухмал праяўляе некаторыя хімічныя ўласцівасці, характэрныя для цукрозы. Мы ўжо ведаем, што, у адрозненне ад монацукрыдаў, дыцукрыд цукроза падвяргаецца гідролізу. Пры гэтым адбываецца расшчапленне малекулы цукрозы і ўтвараюцца дзве малекулы монацукрыдаў: глюкозы і фруктозы (§ 42). Будучы поліцукрыдам, крухмал таксама падвяргаецца гідролізу. Калі нагрэць крухмальны клейстар з некалькімі кроплямі сернай кіслаты, то адбываецца паступовае расшчапленне макрамалекул крухмалу. Пры гэтым спачатку ўтвараюцца прадукты частковага расшчаплення макрамалекул, якія маюць малекулярную масу меншую, чым у крухмалу, — *дэктрыны*. Пры далейшым расшчапленні малекул можа ўтварацца дыцукрыд *мальтоза*. Канчатковым прадуктам гідролізу з'яўляецца глюкоза:



\* Практычная работа  
«Гідроліз крухмалу»



Пазнаёміцца з тым, як на практыцы праводзяць гідроліз крухмалу вы можаце, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.

### Прымяненне і атрыманне крухмалу

Крухмал з'яўляецца адным з найбольш распаўсюджаных вугляводаў у рацыёне харчавання чалавека. Пад дзеяннем стрававальных ферментаў макрамалекулы крухмалу гідралізуюцца да глюкозы. У клетках адбываецца акісленне глюкозы да вуглякіслага газу і вады. Гэты працэс суправаджаецца вылучэннем вялікай колькасці энергіі, неабходнай для функцыянавання арганізма. Лішкі глюкозы назапашваюцца «пра запас» у клетках у выглядзе глікагену.

Крухмал выкарыстоўваецца для прыгатавання разнастайных прадуктаў харчавання: кісялёў, мусаў, жэле, кандытарскіх і кулінарных вырабаў. Яго прымяняюць для апрацоўкі тканін і атрымання клейвых саставаў. У хімічных лабараторыях крухмал выкарыстоўваюць як адчувальны індыкатар на наяўнасць ёду.

Частковым гідролізам крухмалу атрымліваюць патаку — густую салодкую масу, якая прадстаўляе сабой сумесь дэкстрынаў, мальтозы і глюкозы. Патака выкарыстоўваецца ў харчовай прамысловасці пры вытворчасці кандытарскіх вырабаў і інш.

Поўным гідролізам крухмалу атрымліваюць глюкозу. Рэакцыі браджэння глюкозы выкарыстоўваюць для вытворчасці этылавага спірту, малочнай кіслаты і іншых рэчываў.

Атрымліваюць крухмал вылучэннем з прыродных крыніц (зерне злакаў, клубні бульбы).

*Крухмал з'яўляецца прыродным поліцукрыдам, ён утвараецца ў выніку фотасінтэзу і назапашваецца ў раслінах.*

*Малекулярная формула крухмалу  $(C_6H_{10}O_5)_n$ .*

*Макрамалекулы крухмалу складаюцца з астаткаў  $\alpha$ -глюкозы, звязаных паміж сабой кіслароднымі масткамі.*

*Крухмал уяўляе сабой сумесь двух палімераў — амілозы і амілапекціну.*

*Якаснай рэакцыяй на крухмал з'яўляецца ўтварэнне ярка-сіняга злучэння ўключэння пры ўзаемадзеянні з ёдам.*

*У выніку поўнага гідролізу крухмалу ўтвараецца глюкоза.*

*Крухмал атрымліваюць вылучэннем з прыродных крыніц — бульбы, рысу, пшаніцы, кукурузы.*

*У жывёлных арганізмах таксама маецца поліцукрыд, які складаецца з астаткаў  $\alpha$ -глюкозы. Ён называецца глікагенам.*

### Пытанні і заданні

1. Прывядзіце малекулярную формулу крухмалу і ўраўненне рэакцыі яго поўнага гідролізу.

2. Напішыце схему атрымання крухмалу з глюкозы. Чаму рэакцыя атрымання крухмалу з глюкозы называецца полікандэнсацыяй, а не полімерызацыяй?

3. У хатніх умовах лёгка выканаць наступны эксперымент. Калі на кавалачак белага хлеба або свежы зрэз клубня бульбы нанесці кроплю ёднай настойкі, з'явіцца сіняе афарбоўванне. Растлумачце эфект, які назіраецца.

4. Да крухмальнага клейстару дабавілі некалькі кропель сернай кіслаты і сумесь нагрэлі. Потым раствор нейтралізавалі шчолаччу. Ці будзе атрыманая сумесь даваць рэакцыю «сярэбранага люстра»? Прывядзіце ўраўненні рэакцый.

5. Пры гідролізе крухмалу можа быць атрыманы дыцукрыд мальтоза. Прывядзіце структурную формулу мальтозы. Састаўце ўраўненне рэакцыі гідролізу мальтозы, выкарыстоўваючы структурныя формулы рэчываў.

6. Сярэдняя адносная малекулярная маса крухмалу роўна 405 000. Укажыце сярэдні лік астаткаў глюкозы ў малекуле крухмалу.

7. Разлічыце масы: а) пшаніцы, б) бульбы, якія тэрэтычна спатрэбяцца для атрымання 100 л этанолу шчыльнасцю 0,79 г/мл. Колькасць крухмалу ў пшаніцы і клубнях бульбы прыняць роўнымі 75 і 24 % па масе адпаведна.

8. Масавая доля крухмалу ў кукурузе складае 65 %. Сумарны выхад атрымання этанолу з кукурузы роўны 70 % ад тэрэтычна магчымага. Укажыце масу этанолу, якая будзе атрымана з 324 г кукурузы.

### Лабараторны дослед 7

**Вывучэнне фізічных уласцівасцей крухмалу. Узаемадзеянне крухмалу з ёдам**

Узвесь невялікай колькасці крухмалу ў вадзе даведзіце да кіпення. Утвараецца крухмальны клейстар. Разбаўце яго вадой і правядзіце якасную рэакцыю з ёдам. Нагрэйце раствор сіняга комплексу крухмалу з ёдам. Назіраецца абясколерванне раствору. Для паспяховага правядзення гэтага доследу раствор комплексу ёду з крухмалам павінен быць разбаўленым.

Атрымайце гідраксід медзі(II), дабаўце да яго разбаўлены крухмальны клейстар, нагрэйце прабірку. Ці назіраецца пры гэтым растварэнне гідраксіду медзі(II) і далейшае аднаўленне  $\text{Cu(II)}$ ?

Капніце раствор ёду на кавалачак белага хлеба і свежы зрэз клубня бульбы. Пра што сведчыць з'яўленне сіняй плямы на месцы кроплі?

Растлумачце з'явы, якія назіраюцца, напішыце ўраўненні рэакцый, якія працякаюць.

## § 44. Цэлюлоза

### Будова і фізічныя ўласцівасці

Малекулярная формула цэлюлозы  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ , гэта значыць цэлюлоза, як і крухмал, з'яўляецца поліцукрыдам. У той жа час будова цэлюлозы і крухмалу адрозніваецца. У адрозненне ад крухмалу, макрамалекулы цэлюлозы складаюцца з астаткаў  $\beta$ -глюкозы. Працэс утварэння цэлюлозы з глюкозы прадстаўлены на схеме: