

**Л. 8. Алкалоїди. Алкалоїди. Класифікація алкалоїдів. Розповсюдженість у рослинному світі. Фізико-хімічні властивості алкалоїдів. Застосування алкалоїдів у медицині. Фенольні сполуки. Визначення і класифікація фенольних сполук. Фізико-хімічні властивості. Розповсюдженість у природі. Медико-біологічне значення. Механізм антиоксидантної і антирадикальної активності фенольних сполук. (2гол лек)**

З найдавніших часів життя людини пов'язане з лісом, з лікарськими рослинами. Ще в сиву давнину люди помітили, що багато рослин мають цілющі властивості, і почали застосовувати їх для лікування різних захворювань. В Україні виявлено багато лікарських рослин, які стали основою для розвитку народної медицини. Лікування рослинами ґрунтувалося на уявленнях про "чудодійну" силу трав. Люди збирали рослини у певний день і час (на свято Івана Купали, при повному місяці тощо). Віру людей у цілющу силу рослин використовували знахарі, ченці, які знали особливості лікарських трав. Лікарські рослини це рослини, що використовуються в медицині та ветеринарії як лікувальні або профілактично – оздоровчі засоби. Їхні властивості зумовлені наявністю комплексу біологічно-активних (алкалоїдів, сапонінів, глікозидів, фітонцидів, вітамінів та ін.) і баластних (таких, що вважаються неактивними) речовин. Лікарські рослини використовують у натуральному та переробленому вигляді в науковій і народній медицині як ефективний природний, біологічно дієвий засіб для лікування різних захворювань, а також підвищення стійкості організму до них. Лікарською сировиною є різні органи та частини рослин: корені, кореневища, цибулини, бульби, бруньки, листя, трава (стебла з листям), квіти, суцвіття, плоди, насіння, кора тощо. Цінною в медичній практиці є лікарська рослинна сировина, що містить індольні алкалоїди. Алкалоїди індольного ряду містяться в рослинах родин *Arcyuthaceae*, *Rubiaceae*, *Loganiaceae*, *Passifloraceae*.

Однією з лікарських рослин, які використовують з давніх-давен, є пасифлора інкарнатна (*Passiflora incarnata*) (від лат. *passio* – страждання; *incarnatus* – що став плоттю) – рослина з родини Пасифлорові (*Passifloraceae*); Батьківщина пасифлори інкарнатної – Бразилія. З 1960 р. розпочато її інтродукцію в Грузії (Аджарія). Її призначали при неврастенії, безсонні, хронічному алкоголізмі, гіперкінезах, арахноїдитах, патологіях центральної нервової системи. Трава пасифлори містить до 0,05 % суми алкалоїдів, що забезпечує досить сильний вплив на активність ферментів, безпосередньо або рефлекторно збуджує життєво важливі центри довгастого мозку.

*Алкалоїди* – складні органічні азотовмісні сполуки лужної реакції переважно рослинного походження, також є продуктом життєдіяльності грибів та деяких нижчих тварин (молюски, жаби). Назва перекладається як «подібні до лугів» – отримали через лужну реакцію водних розчинів перших ізольованих представників. Алкалоїди (або АЦС) – сполуки органічного типу, що виробляються рослинам. Це лужні речовини з дуже складною структурою. Але, незважаючи на те, що культури, які можуть похвалитися цим багатством, відносяться до категорії «лікарські», вплив алкалоїдів на людський організм вельми неоднозначно. Вони можуть, як лікувати, так і губити. Майже всі алкалоїди мають високу біологічну активність, що обумовлено їхньою захисною функцією в рослинах. Це нелеткі, гіркі на смак, фізіологічно і фармакологічно дуже активні, часом отруйні або діють як наркотики. До них також належать схожі за будовою сполуки, що не мають лужних властивостей, наприклад, кофеїн (кава, чай), теобромін (кава), ефедрин. При реакції з кислотами утворюють солі. Більшість алкалоїдів у чистому вигляді – кристали, а деякі – рідини.

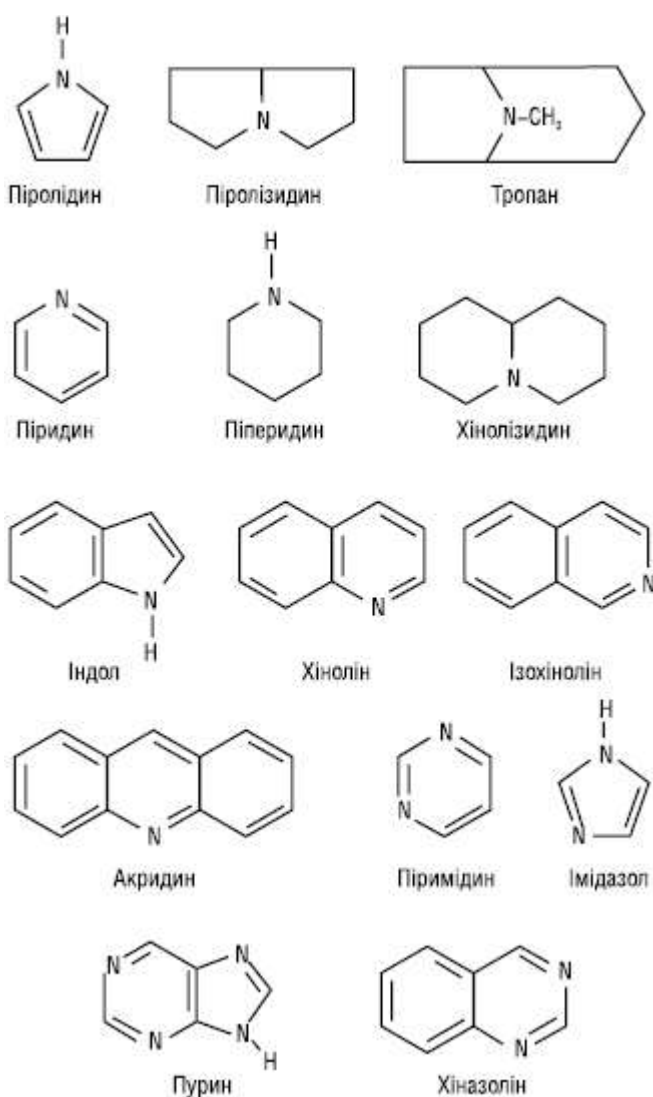
Відомо понад 5000 різноманітних алкалоїдів.

*Алкалоїди* - велика група вторинних рослинних речовин, які містять один чи більше атомів азоту, частіше у складі гетероциклічного кільця, мають лужні властивості, більшість з них чинить виражену фармакологічну дію на організм людини і тварин. Алкалоїди не є гомологічною групою речовин і

розрізняються за хімічними, біохімічними і фармакологічними властивостями. Крім С, Н, О і N. Їх молекули містять атоми S, рідше Cl чи Br. А. зазвичай надають назви рослин, з яких їх виділяють. Назва А. може бути: за *родовою назвою рослини* (атропін — Atropa); за *видовою назвою рослини* (кокаїн — *Erythroхулон coca*); за *фізіологічною активністю* (морфін — від імені бога сну Морфея); за назвою *рослинної сировини* (ерготамін — від назви ріжок (рос. назва: спорынья) ergot); або називають *іменем першовідкривача* (Пелетьє — пелетьєрин). Іноді до назви А. додають префікс чи суфікс, щоб позначити інший А. з цього ж рослинного джерела, проте відповідно до хімічної номенклатури назва А. має закінчуватися на суфікс -ін. Найбільш прийнятна класифікація А., що базується на будові вуглецево-азотного скелета молекули, напр.: ізохінолінові А., тропанові, індольні, хінолінові, пуринові, імідазольні, піридинові, піперидинові, хінолінові, піролідінові.

З точки зору біосинтезу алкалоїди розподіляють на 3 групи:

- справжні – мають гетероцикли і біосинтетично походять з амінокислот, або з кислот нікотинової чи антранілової;
- протоалкалоїди (біогенні аміни) – містять азот поза циклом, але утворюються з амінокислот;
- псевдоалкалоїди (ізопреноїдні) – утворюються без участі амінокислоти, але за участю мевалонової кислоти і об'єднуються в групу незалежно від наявності гетероциклу, тобто вони мають терпеноїдне походження



### Фізико - хімічні властивості алкалоїдів

Алкалоїди – нелеткі, гіркі на смак сполуки, які виявляють основні властивості. До них відносять ще схожі за будовою сполуки, що не мають лужних властивостей, наприклад, кофеїн (кава, чай), теобромін (чай), ефедрин. Алкалоїди зазвичай не розчиняються у воді, але легко розчиняються в органічних розчинниках. Виключенням є цитизин і кофеїн, які добре розчиняються як у воді, так і в органічних розчинниках.

**Оксигеновмісні алкалоїди** – безбарвні кристалічні речовини, рідко – забарвлені. Алкалоїди, що не містять Оксигену, – маслянисті рідини, легко переганяються з водяною парою (анабазин). Окремі алкалоїди здатні сублимуватись (возганятися) при нагріванні (кофеїн, нікотин). Майже всі алкалоїди не мають запаху (виключенням є, наприклад, нікотин).

### Хімічні властивості алкалоїдів

Основні властивості алкалоїдів виражені в різній мірі. В природі частіше зустрічаються алкалоїди, які відносяться до третинних, рідше – до вторинних або четвертинних амонійних основ. Завдяки основному характеру алкалоїди утворюють солі з кислотами. Ця властивість використовується при виділенні і очистці алкалоїдів, їх кількісному визначенні і отриманні фармакологічних препаратів. Солі алкалоїдів легко розкладаються під дією лугів і аміаку. При цьому утворюються вільні основи.

**Ациклічні основи (протоалкалоїди)** Органічні основи, атом Нітрогену яких не входить до складу гетероциклу, відносять до типу ациклічних алкалоїдів або протоалкалоїдів. Прості алкіламіни – звичайні інгредієнти морських водоростей, найпростіших. Зустрічаються вони також в грибах і лишайниках. Їх біосинтез здійснюється в результаті декарбоксілювання амінокислот та амінування альдегідів.

*Представники протоалкалоїдів* Четвертинні солі амінокислот називають бетаїнами. Цей термін походить від латинської назви буряка *Beta vulgaris*, з якого вперше був виділений найпростіший і самий розповсюджений гліцин - бетаїн. Вважають, що основною функцією бетаїнів є вирівнювання осмотичного тиску, який створюється надлишковою концентрацією NaCl та інших солей, що всмоктуються рослинами, особливо при їх проростанні на сильно засолених ґрунтах.

Широко розповсюджений в природі *аміноспирт – холін*, а також його естер ацетилхолін. Останній є важливим метаболітом тварин, який забезпечує діяльність нервової системи. Ацетилхолін в основному приймає участь в передачі сигналів від спинного чи головного мозку скелетним м'язам, забезпечуючи рух тіла. Холін входить до складу фосфоліпідів клітинних мембран, забезпечуючи існування живої матерії. Холін і ацетилхолін зустрічаються і в рослинному світі. Саме ацетилхолін, наряду з іншими сполуками, зумовлює больову реакцію та викликає опіки на шкірі при дотику до кропиви.

Адреналін відомий як *гормон ссавців*. Його ще називають гормоном стресу, так як він в небезпечних ситуаціях відбувається викид цього гормону в кров. Під впливом адреналіну миттєво розширюються судини, що посилює приток крові до м'язів, мобілізуючи резерви організму для протистояння небезпеці. Похідними арилетиламіну є й *норадреналін та дофамін*, які відіграють важливу роль в функціонуванні нервової системи. Від їх метаболізму залежить психо - емоційний стан людини. При стійких порушеннях їх обміну виникають неврози, депресії, манії, шизофренія.

Довга історія застосування рослинного аналога *адреналіну – ефедрину*, виділеного з рослин роду *Ephedra*, викликає подібну адреналіну фізіологічну дію. Як лікарський препарат ефедрин застосовують, головним чином, для лікування астми, так як він знімає спазми бронхів.  $\text{OH OH OH NH}_2$  ефедрин  
Метаболіт кактуса *Lophophora williamsii* *мескалін* є галюциногеном. Настій з висушених верхівок цієї рослини вже 2000 років використовується індіанським населенням Мексики для сп'яніння та в своїх релігійних церемоніях. До цих пір існує багато прихильників культу лофофори, при якому, приймаючи під час релігійної церемонії рослинний мескаліновмісний настій, віруючі доводять себе до стану релігійного екстазу.

Похідні *піролідину та піролізидину* Прості похідні піролу досить рідко зустрічаються в природі. Ацетилпірол був виявлений в чорному чаї, жареній каві, какао, тютюні та хмелі. Скоріше за все ця сполука не є природною, а утворюється при обробці сировини.

*Похідні піролу* приймають участь в таких фундаментальних біохімічних процесах, як фіксація вугільної кислоти рослинами, перенос кисню кров'ю, клітинне дихання та ін. В цих процесах беруть участь складні тетрапірольні метаболіти. Якщо прості пірольні похідні зустрічаються рідко, то макроциклічні тетрапіроли широко розповсюджені. В таких сполуках гетероцикли утворюють зв'язки або безпосередньо один з одним, або через метинові або метиленові містки.

Зелені тони рослинного світу створені *хлорофілом*. В зеленому листі міститься кілька форм хлорофілу, але переважають хлорофіл а і хлорофіл b. Вони виступають як одні з головних учасників процесу фіксації вуглекислого газу і його перетворення в органічні речовини в процесі фотосинтезу. Перетворення енергії світла в енергію хімічних зв'язків – одна з найважливіших функцій хлорофілу.

Похідні *піперидину та піридину* Сполук, які містять неконденсований цикл піридину, не так багато. Так, рослини і бактерії синтезують піридин-3-карбонову кислоту, яка називається нікотиною. Цю назву вона отримала в зв'язку з тим, що вперше була виділена при окисненні нікотину.

*Нікотинова кислота* і нікотинамід відомі під назвою вітамін PP. В організмі нікотинова кислота перетворюється в нікотинамід.

Дефіцит *вітаміну PP* призводить до пелагри – захворюванню, яке характеризується почервонінням і лущенням шкіри. Це єдиний вітамін, який традиційна медицина вважає ліками. Вітамін PP нормалізує вміст холестерину в крові, розширює дрібні кровоносні судини, покращує мікроциркуляцію крові. Він виявляє м'яку седативну дію і корисний при лікуванні різноманітних емоційних і нервово - психічних розладів.

До вітамінів відноситься і *піридоксаль (вітамін B<sub>6</sub>)*. Він синтезується бактеріями, рослинами та грибами. Вітамін B<sub>6</sub> відіграє важливу роль в обміні речовин, він необхідний для нормального функціонування центральної і периферичної нервової системи. Тварини повинні отримувати піридоксаль з їжею. Особливо багато його в цільних злаках, в грецьких горіхах, в шпинаті, картоплі, моркві, капусті, в м'ясних і молочних продуктах, рибі, яйцях, крупах і бобових.

*Нікотин* завдячує своєю назвою тютюну *Nicotiana tabacum*. Біосинтез нікотину відбувається в коренях рослин, а накопичується він у листках, стеблах та насінні тютюну. Вміст нікотину в сухій траві тютюну становить від 0,6 до 5 %. Його основна функція — захист рослини від поїдання, особливо комахами, тому в минулому нікотин широко використовувався як

інсектицид. Крім тютюну, нікотин міститься й в інших рослинах родини пасльонових (Solanaceae) - в помідорах, картоплі, баклажанах, в листі коки.

*Похідні тропану* В природі синтезується кілька гетероциклів з містковим атомом Нітрогену. Серед них найбільшого розповсюдження й відомості отримали похідні 8- азабіцикло[2.1.3] октану або тропану. • Більшість природних похідних тропану є естерами спиртів: тропіну, псевдотропіну, скопіну і екгоніну. Вперше атропін в чистому вигляді був виділений в 1833 р. з рослини *Atropa belladonna* (красавка). В минулому ці ягоди використовувались жінками як засіб, підсилюючий блиск очей, звідси і походить назва рослини – красавка. Підсилення блиску очей зумовлене здатністю атропіну розслаблювати м'язи, які керують величиною зіниці. Цю властивість алкалоїду застосовують в медичній практиці з діагностичною та лікувальною метою.

Представником *тропанових алкалоїдів* є й сумно відомий кокаїн – метиловий естер бензоїлєкгоніну. Разом з іншими алкалоїдами кокаїн міститься в кокаїновому кущі *Erythroxylum coca*, розповсюдженому в тропічній зоні Південної Америки. Завдяки своїй тонізуючій і наркотичній дії листя коки довгий час вживались корінним населенням Південної Америки. Причиною обмеження застосування кокаїну в медицині є небезпека розвитку хворобливої пристрасті до нього (кокаїнізму). Під дією алкалоїду кора головного мозку збуджується, виникає стан ейфорії, яскраві галюцинації, що породжує бажання повторного прийому кокаїну. Більше того, при спробах утриматись від прийому кокаїну виникає абстиненція – стан подавленого настрою, дуже поганого фізичного самопочуття. Як і будь-який інший вид наркоманії, кокаїнізм призводить до фізичної та інтелектуальної деградації особистості.

53. Похідні *хінолізину і хінолізидину* Гетероциклічну систему, яка включає два конденсованих піридинових цикли зі спільним атомом Нітрогену, називають хінолізином. Повністю гідрований гетероцикл називають хінолізидином. Його похідні складають структурну основу кількох груп



алкалоїдів, які нараховують біля 200 представників. Виділені вони з рослин родини бобових, родів люпин, рокитник, софора, термопсис, а також деяких рослин родин барбарисових, макових та ін. N N хінолізин хінолізидин

Найпростіший за структурою член цієї групи алкалоїдів *лупінін* виділили з кормової трави люпину ще в 1834 р., проте його правильна хімічна структура була встановлена майже через 100 років. Виділяють лупінін з середньоазіатської рослини *Anabasis aphylla* L (їжачник безлистий). Міститься він в рослинах родини бобові, родів софора, термопсис, люпин.

**Фенольні сполуки** – це речовини, похідні від ароматичного спирту – фенолу ( $C_6H_5-OH$ ).

**Феноли (нафтоли)** як гідроксильні похідні ароматичних вуглеводнів мають важливе медико-біологічне та практичне застосування. Багато представників цього класу знайшли своє застосування як лікарські препарати антисептичної дії (фенол, резорцинол, крезоли, тимол), пікринова кислота (2,4,6-тринітрофенол) використовується при виробництві азобарвників та у фармацевтичному аналізі, *в*-нафтол – у виробництві антиоксидантів та як реагент у фарманалізі.

Знайшли практичне використання і представники етерів та їх тіоаналогів. Зокрема діетиловий етер використовується як засід для наркозу, анетол та фенетол – у виробництві духмяних засобів, диметилсульфоксид (ДМСО) використовується як апротонний розчинник та як компонент лікарських та косметичних засобів.

Феноли мають гідроксильну групу при  $sp^2$  - гібридизованому атомі вуглецю, тому істотно відрізняються за своїми фізичними і хімічними властивостями від спиртів.

Фенол має антисептичні властивості. У вигляді 5 % розчину (карболова кислота) використовується як дезінфікуючий засіб. Знайшов широке застосування у виробництві пластмас, барвників, вибухових речовин, лікарських засобів. Похідні фенолу - крезоли і тимол - дезінфікуючий та антисептичний засоби, пікринова кислота (2,4,6- тринітрофенол) та  $\beta$ - нафтол - реагенти у фармацевтичному аналізі. Феноли поділяються на *одноатомні, полі атомні, амінофеноли*.

Фенольні сполуки являють собою один з найбільш поширених і численних класів природних сполук, що володіють біологічною активністю, відмінна особливість яких полягає в наявності вільного або пов'язаного фенольного

гідроксили.

В даний час фенольні сполуки класифікуються наступним чином:

- Фенольні сполуки з одним ароматичним кільцем (прості феноли, фенолоспирти, фенолокислоти, кумарини, хромони, лігнано);
- Фенольні сполуки з двома ароматичними кільцями (флавоноїди, ізофлавоноїди, флавонони, флаволи, ротеноїди);
- Полімерні фенольні сполуки (конденсовані і гідролізуемі дубильні речовини).

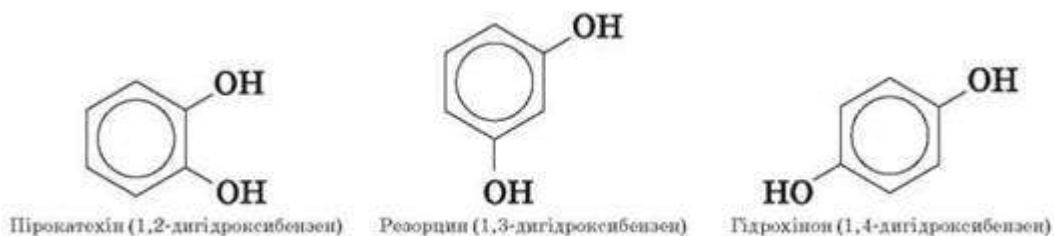
Поліатомні феноли, наприклад, пірокатехін, резорцин також проявляють антисептичні властивості. Крім того, пірокатехін є вихідною речовиною в синтезі адреналіну, резорцин використовують при лікуванні шкірних захворювань. Похідне пірокатехіну - адреналін є гормоном групи катехоламінів, який виробляється наднирниками. Він бере участь у регуляції вуглеводного та жирового обміну і здатний викликати звуження дрібних кровоносних судин, підвищувати артеріальний тиск, стимулювати діяльність серця.

Амінофеноли, які мають у своєму складі гідрокси- та аміногрупу, також знайшли своє застосування у медичній практиці. Наприклад, *n*-ацетиламінофенол (парацетамол) використовується як жарознижувач та болезаспокійливий засіб. Велике значення у синтезі лікарських препаратів і барвників мають ефіри амінофенолів. Ацетильне похідне етилового ефіру амінофенолу - фенацетин - застосовується як жарознижувач і антиневралгічний засіб.

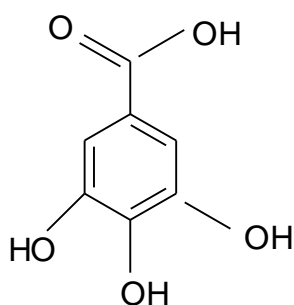
Якщо фенольні сполуки мають у ароматичному кільці більше від однієї гідроксильної групи, їх називають *поліфенолами*.

*Поліфеноли* відіграють важливу роль у фотосинтезі, диханні, рості рослин, стійкості фруктів і овочів проти інфекційних захворювань. Від них залежать забарвлення, аромат, смак, потемніння тканин плодів та їхня Р-вітамінна цінність. Поліфеноли рутин, гесперидин, нарингін, катехіни, антоціани мають властивість вітаміну Р. Залежно від кількості ароматичних кілець поліфенольні сполуки поділяють на три групи: з одним, з двома бензольними кільцями та полімерні.

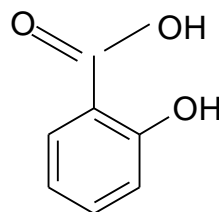
До групи *поліфенолів* з одним ароматичним кільцем належать сполуки з основною структурою  $C_6$  гідрохінон, пірокатехін, пірогалол, флороглюцин, які перебувають у рослинах у зв'язаному стані; сполуки з основною структурою



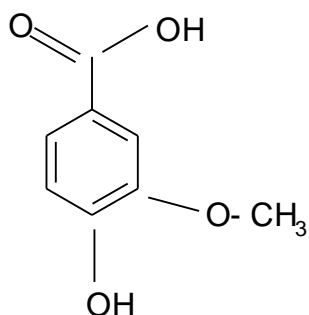
$C_6-C_1$  – фенолкарбонільні кислоти та їхні похідні – галова, протикахетова, саліцилова, ванілінова, оксибензойна та ін., які у фруктах та овочах перебувають у вільному стані, і сполуки з основною структурою  $C_6-C_3$  – кумарини, та їхні похідні – ізокумарини і фурокумарини.



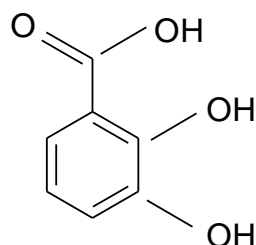
Галова кислота



Саліцилова кислота

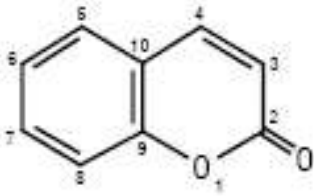


Ванілінова кислота



Пірокатехінова (2,3-дигідроксibenзойна) кислота

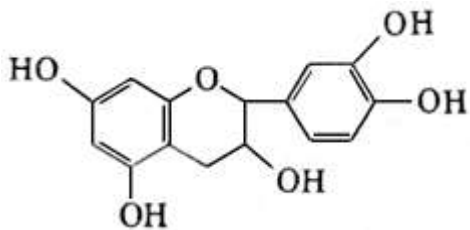
Кумарини – це лактони оксикоричних кислот (п-кумарінова, кавова, Федулова, синапова) .



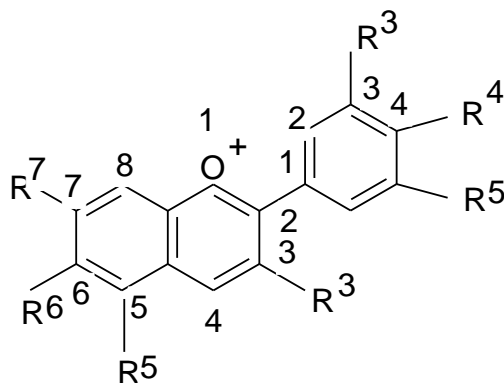
Кумарин

Кумарини зумовлюють аромат рослин, фурукумарини діють як фотосенсибілізатори. Похідні кумаринів запобігають зсіданню крові у кровоносних судинах.

До другої групи належать численні сполуки з двома ароматичними кільцями, які мають основну структуру  $C_6-C_3-C_6$ . Кільця в них зв'язані три вуглецевим місточком. Залежно від його будови і ступеня окисненості сполуки поділяють на такі, що не мають забарвлення – катехіни, антоціани і флавонони, та забарвлені сполуки – хлорофіл, каротиноїди і флавонові пігменти. Останні називають барвними сполуками.



Катехіни



Антоціан

Катехіни містяться в багатьох плодах і овочах. Вони легко окислюються на повітрі, при нагріванні, під дією окисних ферментів і утворюють при цьому полімеризовані катехіни – флобафени, які надають плодам, овочам і продуктам їхньої переробки темно-коричневого забарвлення. Це відбувається у місцях механічного пошкодження шкірочки плодів, при очищенні,

подрібненні (нарізання, протирання) і термічній обробці (сушіння). Щоб запобігти потемнінню, окисні ферменти знешкоджують. Катехіни серед інших полі фенольних сполук найбільше Р-активні.

Фенольні сполуки з одним ароматичним кільцем: Кумарини широко поширені в рослинному світі. Особливо багаті ними представники сімейств зонтичних, рутових, бобових, складноцвітих (астроцветних), пасльонових. Вони містяться в кінському каштані, буркун, вздутоплодика сибірському. Кумарини та фурукумарини в глікозидованих формах представлені в чорниці (1,3-3,6 мг/100 г), морощі (2-4,4 мг/100 г), черемшині 2-5 мг/100 г). Оксикумарини містяться в плодах вишні, черешні, порічки, обліпихи, чорниці, граната, інжиру, черемхи.

Фенольні сполуки з двома ароматичними кільцями: Флавоноїди називають "натуральними біологічними модифікаторами реакції" через здатність змінювати реакцію організму на алергени, віруси і канцерогени. Про це говорять їх протизапальні, антиалергічні, антивірусні і антиканцерогенні властивості. Крім того, флавоноїди виконують роль сильних антиоксидантів, забезпечуючи захист від окислення і пошкодження вільними радикалами.

*Полімерні фенольні сполуки (поліфеноли).* Дубильні речовини застосовуються як в'язучі, протизапальні та бактерицидні засоби (перстач прямостоячий, горець зміїний, кровохлебка лікарська, кореневища бадану толстолистного, "шишки" вільхи сірої та ін) при гострих і хронічних проносах, ентероколітах (плоди чорниці, черемхи), а також при стоматитах, гінгівітах та інших запальних процесах у порожнині рота, гортані, глотки і т.д. Фенольні сполуки містяться в рослинах у вигляді глікозидів або у вільному стані, зустрічаються майже у всіх рослинах в кількості від 0,1 до 7%. Багаті джерела фенольних сполук бурі морські водорості, з деяких видів яких фенольні сполуки були виділені ще в XIX в. Антоціанідини - основні пігменти більшості квіток, плодів, ягід, листя. Забарвлення, створювана цими речовинами, досить різноманітна - від рожевого до фіолетового кольору. Проантоціаніди присутні в більшості фруктів, овочів, листяної зелені,

основним і значущим джерелом їх отримання в промисловому масштабі є виноградна шкірка і виноградні кісточки, кора приморської сосни (пiкногенол). *Полімерні фенольні сполуки*: Дубильні речовини (таніди, катехіни) широко поширені в природі, вони зустрічаються у вищих рослин, особливо у дводольних, в корі і деревині дерев і чагарників, а також в підземних частинах зелених багаторічних рослин. Особливо велике їх вміст (до 30 - 60%) у галлах - наростах на листках і молодих стеблах. У корі модрина, ялини, дуба, кореневищах родовика, суниці, перстачу, бадану, траві звіробою, плодах черемхи, чорниці вміст дубильних речовин становить 10 - 30% і більше. Катехіни містяться в чаї, цитрусових, яблуках, грушах, вишні, айві, малині, суниці, смородині, винограді, бобах какао. Особливо багато катехінів в звичайної і чорноплідної горобини, незрілої хурмі, листі чаю, айві. До найбільш вживаним рослинам в якості дубильних засобів відносяться кора дуба, кора і листя берези, кора і плоди калини, листя і квіти черемхи, трава звіробою, материнки, щавлю кінського, полину гіркого, пижма, сухоцвіту болотної, безсмертника, шавлії, череди, хвоща , листя і ягоди суниці, ягоди малини, чорниці, листя ревеню, брусниці.

#### Література

1. Гудвин Т., Мерсер Э. Введение в биохимию растений. В 2 т. — М., 1986; Орехов А.П. Химия алкалоидов. — М., 1955;
2. Химическая энциклопедия / Гл. ред. И.Л. Кнунянц. — М., 1988. — Т. 1; Юнусов М.С. Алкалоиды. — Ташкент, 1981.