

НОВА КЛАСИФІКАЦІЯ ПРИРОДНИХ СПОЛУК

Ключові слова: біологічно активні речовини, класифікація, фітохімія, лікарські рослини

Основними тенденціями розвитку фітохімії як невід'ємної складової частини фармакогнозії та як самостійної науки на сучасному етапі є:

- удосконалення методик виділення й аналізу природних сполук (зокрема застосування газорідинної і газової хроматографії, ЯМР- і ПМР-спектроскопії);
- виділення складних комплексів природних сполук;
- спрямована модифікація речовин з метою отримання сполук із заданими властивостями.

За останнє десятиріччя фармакогнозія зазнала істотних змін, зокрема в плані класифікації та методів аналізу природних сполук.

Так, були відкриті нові класи та підкласи біологічно активних речовин (БАР), «перехідні» класи біологічно активних речовин, що виносить на порядок денний питання відносно необхідності перегляду існуючої класифікації природних сполук. В основі такої класифікації мають знаходитись не лише будова і шляхи біосинтезу, але й біогенетичні зв'язки між класами та підкласами БАР.

На нинішній момент фахівці-фітохіміки світу використовують класифікації природних сполук, що базуються на даних про шляхи біосинтезу і хімічну будову природних речовин.

Так, найчастіше в сучасній світовій фітохімічній літературі зустрічаються посилення на класифікації Дж. Харборна зі співавт. (1999) [13], Р. Хансела зі співавт. (1999) [11] і В. Еванса (2002) [9], які базуються на вищезазначених принципах і істотно не відрізняються (відмінності є лише в межах підкласів сполук).

В основі всіх перелічених класифікацій лежить фундаментальна класифікація природних сполук, розроблена і запропонована німецьким ученим В. Каррером (1958) [16], найважливішою складовою частиною якої є фітохімія.

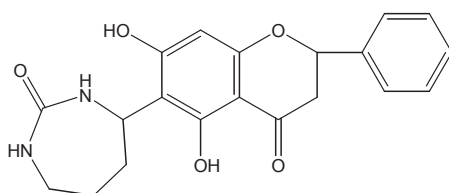
Основні її положення покладені і в основу відповідних підручників і посібників з фармакогнозії, в тому числі тих, що використовують в Україні та країнах колишнього СРСР [1, 3 тощо].

Сучасний стан дослідження природних сполук дає змогу припустити, що межі між встановленими на нинішній час класами БАР є досить умовними. Вже на сьогодні відкрито цілу низку «перехідних» класів сполук, зокрема це:

- флавоноїд-алкалоїди;
- кумариноалкалоїди;
- кумаринофлавоноїди;
- ксантохінони;
- флаволігнани;
- ксантолігнани;
- кумаринолігнани.

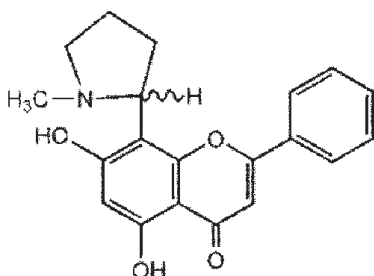
Так, на сьогодні відкрито флавоноїд-алкалоїди:

- сполуки флаванону з діазепіном – аквіледин та ізоаквіледин, вперше виділені у 2001 р. з трави орликів звичайних *Aquilegia vulgaris* L. (родина Жовтецеві) [6];



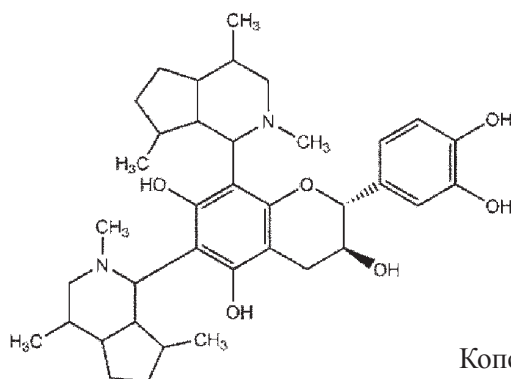
Аквіледин

- сполуки флавону з піролідинам – фіцин з листя фікусу пантонського *Ficus pantoniana* King (Шовковицеві) і дракоцефіни А–D з трави змієголовника скельного *Dracocephalum rupestre* Hance (родина Ясноткові), відкриті у 2008 році [18];



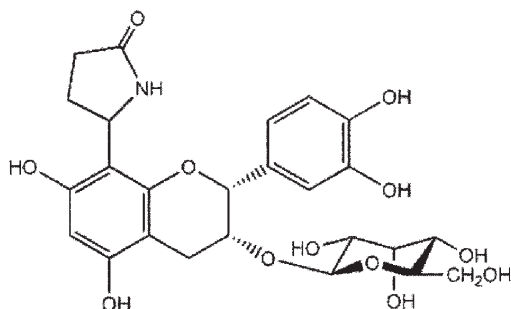
Фіцин

- сполуки катехіну з фуранопіперидинам (скітантіном) – копсирахін з листя копсії шерстистостовбурної *Kopsia dasyrachis* Ridl. (родина Кутрові) [12]. Для копсирахіну встановлено імуномодельовальну, протипухлинну в культурах клітин карциноми легень (інгібітор тирозинкінази $IC_{50} = 25\text{--}160$ нМ) дію та протизапальну активність [27].



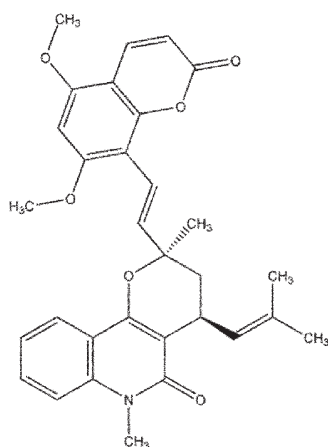
Копсирахін

- Окрім зазначених вище сполук флавоноїдних агліконів з гетероциклічним азотмістким кільцем, відомі і глікозидні форми флавоноїд-алкалоїдів, зокрема, глікозиди катехіну – з піролідинам – даваліозиди А–С з кореневищ папороті давалії Мариса *Davallia mariesii* Moore. (родина Давалієві) [12].



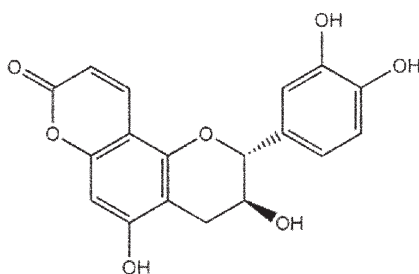
Даваліозид А

- Інший клас «перехідних» сполук – кумариноалкалоїди, зокрема тоддакумалон з коренів тоддалії азійської *Toddalia asiatica* (L.) Lam. (родина Рутові). Тоддакумалон є комплексною сполукою, побудованою на основі кумарину та похідного хіноліну [15].



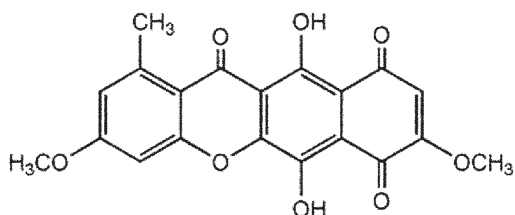
Тоддакумалон

На сьогодні відомі і кумаринофлавоноїди – філлокумарин з кладодій новозеландського дерева філлокладуса лускатого *Phyllocladus trichomanoides* D. Don. (родина Подокарпові) [12].



Філокумарин

За останнє десятиріччя виділені також і ксантохінони (бікаверин з міцелію гриба, що викликає вілт (в'янення) рослин, – фузаріуму гостроспорого *Fusarium oxysporum* Schlecht., клас Дейтероміцети, порядок Сферопсидні) [13].



Бікаверин

Досить давно відомі флаволігнани, ксантолігнани, кумаринолігнани. Можна передбачити, що найближчим часом будуть відкриті також інші «перехідні» сполуки.

Виходячи з наявності «перехідних» класів, класифікацію природних сполук можна було б представити з діалектичної – такої, що враховує біогенетичні метаболічні взаємозв'язки між класами речовин, – і прогностичної точки зору, що припускає існування невиділених на сьогодні, але існуючих «перехідних» класів сполук.

На рис. 1 представлено запропоновану нами загальну класифікацію природних сполук. Речовини в ній класифікують на дві великі групи, як це прийнято і в інших відомих класифікаціях:

- сполуки первинного біосинтезу, що утворюються в рослинах в результаті асиміляції;
- сполуки вторинного біосинтезу, що утворюються в рослинах в результаті дисиміляції.

До сполук первинного біосинтезу належать вуглеводи, ліпіди, білки, нуклеїнові кислоти, ферменти, вітаміни, органічні кислоти.

До сполук вторинного біосинтезу – терпеноїди, прості феноли та їхні похідні, фенілізопреноїди, поліфеноли, алкалоїди, тіо- та ціаноглікозиди, металоорганічні сполуки.

При цьому запровадження класів «фенілізопреноїди» та «металоорганічні сполуки» ми пропонуємо вперше.

Окрім запропонованої загальної класифікації природних сполук, ми вважаємо за доцільне також внести певні зміни і до класифікацій в межах деяких окремих класів речовин, зокрема, терпеноїдів, кумаринів, флавоноїдів, алкалоїдів.

Так, терпеноїди можливо класифікувати на підкласи гемі- (C5), моно- (C10), сескві- (C15), ди- (C20), сестеро- (C25), три- (C30), тетра- (C40) політерпеноїдів (Cn), як це і прийнято на сьогодні, додавши до відомих два нових підкласи: C35-терпеноїди та галогеновані ацетилен-терпеноїди.

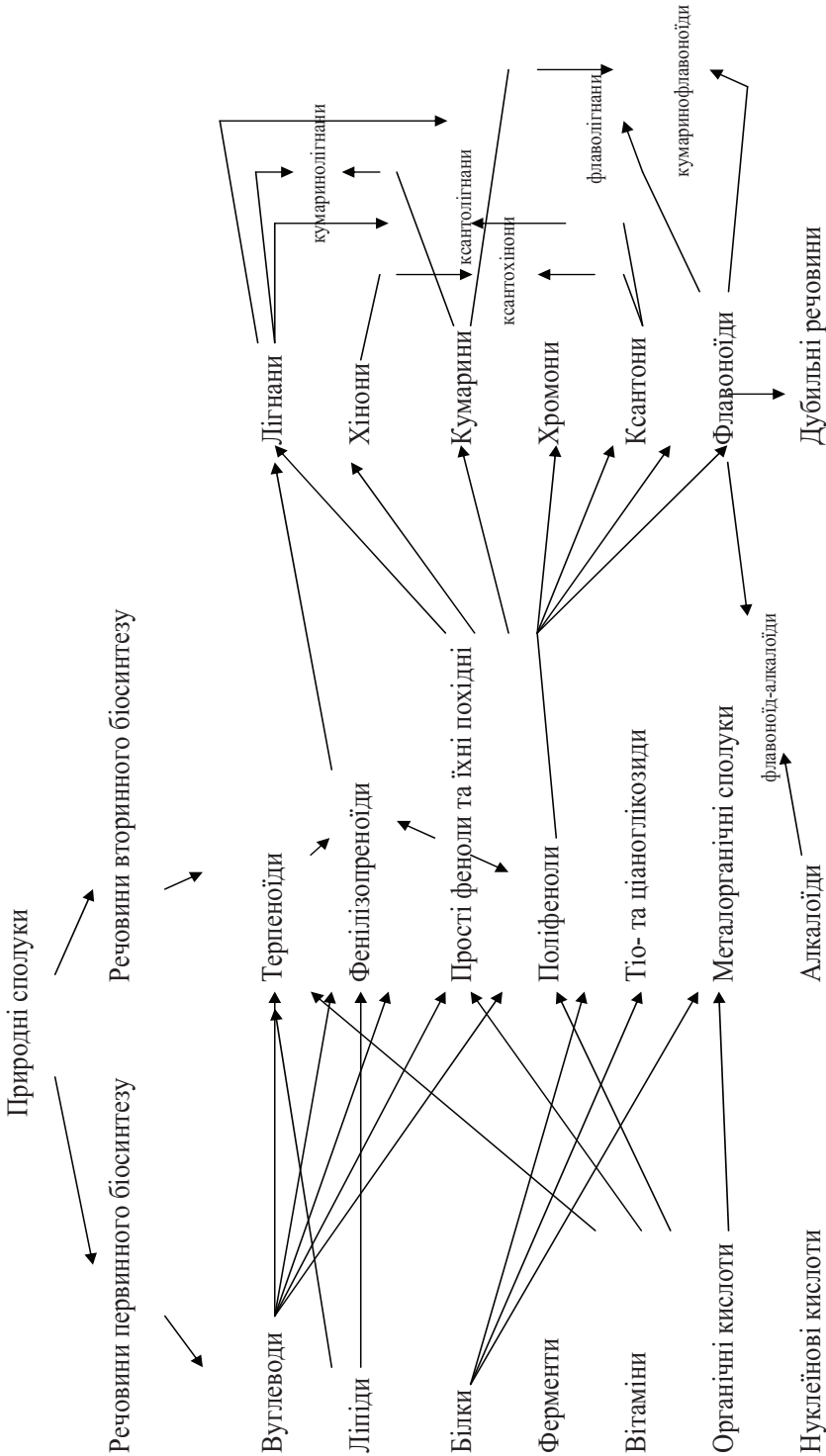
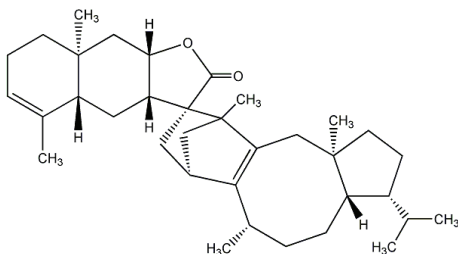
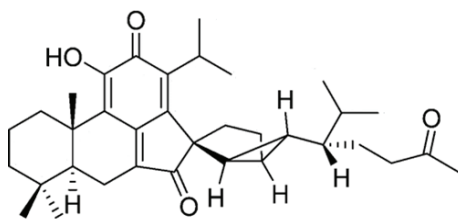


Рис. 1. Загальна класифікація природних сполук
 П р и м і т к а. Стрілками показано біогенетичні метаболічні зв'язки між класами сполук, меншим шрифтом наведе-
 но «перехідні» класи речовин.

Так, до С35-терпеноїдів належать плагіоспіроліди А і В, отримані з трави печінкового моху плагіохіли Морица *Plagiochila moritziana* Lindbg. & Gott. (відділ Маршанцієві, родина Плагіохілові) [21], а також криптотріон з кори криптомерії японської *Cryptomeria japonica* (L.f.) D.Don Engl. (родина Кипарисові). Для останнього встановлено протипухлинну активність з IC_{50} , що дорівнює $6,44 \pm 2,23$ мкМ [5].

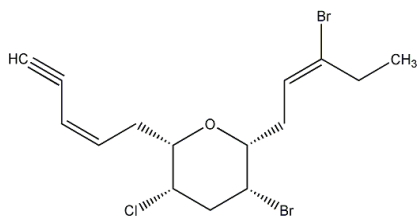


Плагіоспіролід А

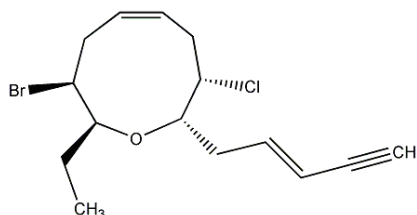


Криптотріон

За останні 5 років виділено та ідентифіковано також галогеновані ацетилен-терпеноїди: дактилін, ацетилкумазин, деацетилкумазин, обтузенін, виділені з морського задньозябрового моллюска *Aplysia dactylomela* Rang (= морський заєць плямистий), клас Червоні, родина Аплізієві [8].

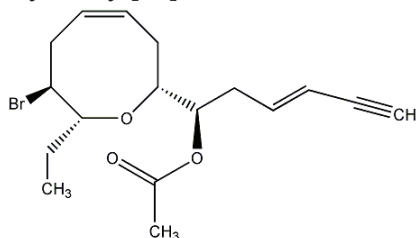


Дактилін



Обтузенін

У 2009 р. зі сланей червоної водорості лауренсії ніппонської *Laurencia nipponica* Yamada (відділ Червоні водорості, порядок Церамієві, родина Родомелові) отриманий галогенований ацетилен-терпеноїд лауренцин, структура якого подібна до згаданих вище дактиліну та обтузеніну [22].



Лауренцин

Виділення в окремі підкласи терпеноїдних компонентів ефірних олій, як це при-

йнято на сьогодні у вітчизняних та російських підручниках і посібниках з фармакогнозії, ми вважаємо недоцільним, оскільки ефірні олії – складні суміші речовин, до складу яких можуть входити, окрім терпеноїдів, фурокумарини, прості кумарини, хінони, прості феноли тощо, які знаходяться в самостійних класах.

Окремо слід також згадати, що на сьогодні вже відомими є глікозиди не тільки моно-, сескві-, ди- і тритерпеноїдів, але й навіть гемітерпеноїдні глікозиди, які логічно розташовуються у підкласі гемітерпеноїдів (C5-терпеноїдів). Це, наприклад, (R)-3-етил-4-метилпентил-β-рутинозид з коренів стрептокаулону Грифіта *Streptocaulon griffithii* Hook. (родина Ластівневі) [30] та ін.

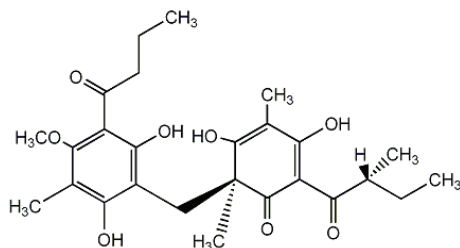
Проміжною ланкою між терпеноїдами і фенольними сполуками є фенілізопреноїди.

На сьогодні фенілізопреноїди у самостійний клас не виділяють. В деяких виданнях по фітохімії ([2] та ін.) в окремий підклас сполук відокремлені лише фенілпропаноїди. В наукових статтях зустрічається термін фенілетаноїди, коли мова йде про салідрозид, виділений з кореневищ *Rhodiola rosea* L., і подібні сполуки [10, 23].

Проте, оскільки на нинішній момент, окрім вищезазначених фенілетаноїдів і фенілпропаноїдів, відомі вже і фенілбутаноїди (агримофол з листя реп'яшка волосистого *Agrimonia pilosa* Ledeb. [13]), фенілпентаноїди (аскосалітоксин з міцелію гриба, що викликає блідоплямистий аскохітоз гороху, – аскохіти гороху *Ascochyta pisi* Lib. var. *pisi* (клас Дейтероміцети, порядок Сферопсидні, родина Сферопсидні) [13]), ми пропонуємо об'єднати ці підкласи в окремий клас фенілізопреноїди.

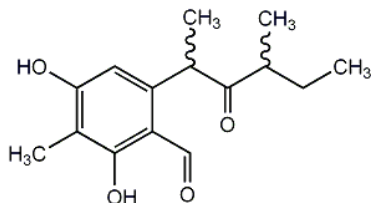
Не зупиняючись окремо на вже досить давно відомих і згаданих вище фенілетаноїдах та фенілпропаноїдах (до останніх, до речі, слід віднести гідроксикоричні кислоти), зробимо акцент на відносно нових сполуках – фенілбутаноїдах, фенілпентаноїдах і фенілполіізопреноїдах.

До підкласу фенілбутаноїдів можна віднести агримофол, виділений у 1999 році з листя реп'яшка волосистого *Agrimonia pilosa* Ledeb. (родина Розові) [13].



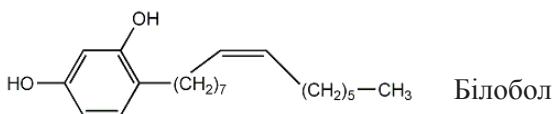
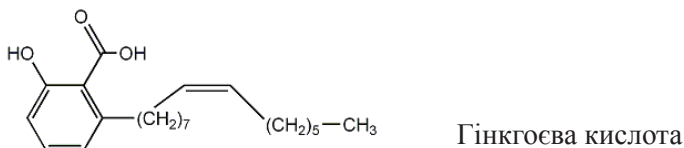
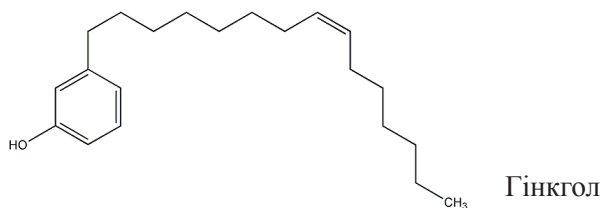
Агримофол

До фенілпентаноїдів належить аскосалітоксин з міцелію гриба, що викликає блідоплямистий аскохітоз гороху, – аскохіти гороху *Ascochyta pisi* Lib. var. *pisi* (клас Дейтероміцети, порядок Сферопсидні, родина Сферопсидні) [13].



Аскосалітоксин

Дуже цікавими сполуками є також фенілполіізопреноїди, виділені з плодів гінкго дволопатевого *Ginkgo biloba* L. (родина Гінкгові) та плодів бразильського рожевого перцевого дерева шинусу фісташколистого *Schinus terebinthifolius* Raddi (родина Анакардієві) [13], – гінкгол, гінкгоєва кислота, білобол тощо. Ці сполуки відповідають за прояви алергічної дії гінкго і справляють токсичну дію в досліджах на курячих ембріонах в концентрації, більшій за 0,0005% (LD₅₀ дорівнює 1,8 мг/яйце, концентрація в екстракті 0,0033%) [4].



Биогенетично серед фенолів найближчими до терпеноїдів є лігнани, які є похідними дифенілпропану.

Клас «Прості феноли та їхні похідні», як це і прийнято на сьогодні, має включати феноли, фенольні альдегіди, фенольні кетони, фенольні спирти, фенольні кислоти, глікозиди простих фенолів (цей клас сполук за останнє десятиріччя істотних змін не зазнав).

Великий клас «Поліфеноли» можна класифікувати таким чином: підкласи «Лігнани», «Кумарини», «Хромони», «Ксантони», «Хінони», «Флавоноїди», «Дубильні речовини». Між підкласами логічно розташувати «перехідні підкласи», про які йшла мова вище (ксантохінони, кумаринофлавоноїди, кумаринолігнани, ксантолігнани, флаволігнани).

Виходячи з ідентифікованих останнім часом сполук, ми пропонуємо внести зміни до класифікації кумаринів та флавоноїдів.

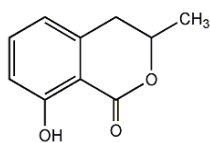
Зокрема класифікацію кумаринів можливо було би представити наступним чином.

Кумарини:

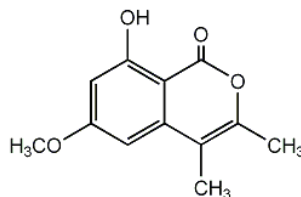
- прості та прості заміщені кумарини
- фуранокумарини
- піранокумарини
- дипіранокумарини
- бензокумарини
- димірні кумарини
- конденсовані кумарини
- ізокумарини
- змішані кумарини

В цій класифікації новим підкласом, який ми пропонуємо додати до класу «Кумарини», є підклас «Ізокумарини».

Представниками ізокумаринів є мелеїн, 4-гідроксимелеїн, 6-гідроксимелеїн та ін., виділені з мурах-деревоточців роду *Camponotus* Mayr (родина Мурахи) [14, 26], а також полігонолід з трави гірчака перцевого *Polygonum hydropiper* L. (родина Гречкові) [13].



Мелеїн



Полігонолід

До класу флавоноїдів слід додати новий підклас – флавоноїд-алкалоїди, їхні формули були наведені вище.

Підклас флавоноїд-алкалоїдів біогенетично має передувати класу «Алкалоїди».

Нижче наведено класифікацію алкалоїдів за Евансом (2002) [9] і Ханселом (1999) [11] з нашими доповненнями. Жирним шрифтом виділено нові, запропоновані нами для внесення до цієї класифікації, підкласи.

Алкалоїди:

- істинні
- протоалкалоїди (екзоциклічні)
- псевдоалкалоїди (ізопреноїдні)

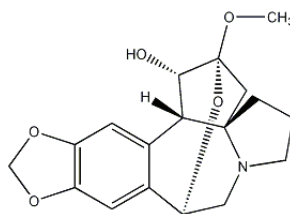
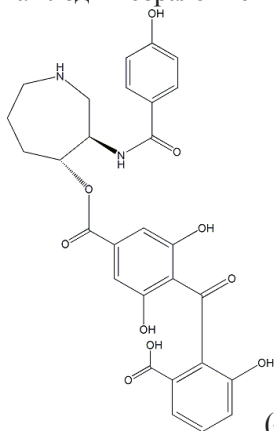
Істинні алкалоїди:

- пірролідинові
- пірролізидинові
- тропанові
- піперидинові
- піридинові
- хінолізидинові
- хінолінові
- ізохінолінові
- індолізидинові
- індольні
- пуринові
- імідазольні
- акридинові
- **алкалоїди з азепіновим циклом**
- **алкалоїди з восьмичленним циклом**
- **піррольні**
- **нафтиридинові**
- **оксазолові**
- **пептидні**
- **піразолові**
- **хінуклідинові**

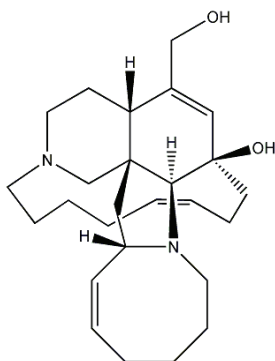
Як ми бачимо, загальна класифікація алкалоїдів, розроблена ще О. П. Ореховим у 1938 р., залишається незмінною і містить три великі групи алкалоїдів (істинні; екзоциклічні, або протоалкалоїди, та ізопреноїдні, або псевдоалкалоїди).

Виходячи з сучасних даних щодо вивчення алкалоїдоносних рослин, слід доповнити клас «Алкалоїди», зокрема групу «Істинні алкалоїди», вісьмома новими підкласами.

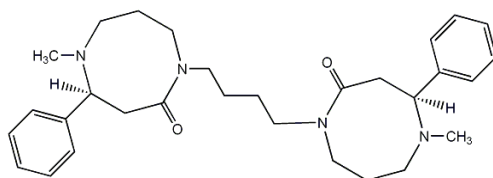
1. Так, до алкалоїдів з азепіновим (7-членним) циклом належить баланол, виділений з плодів грибів вертицилу жолудевого *Verticillium balanoides* (Drechsler) Dowsett, J. Reid et Hopkin (клас Сордаріоміцети, родина Плектосферелові) та кордицепсу офіоглосоподібного *Cordyceps ophioglossoides* (Ehrh.) Link (клас Аскоміцети, родина Споринневі) [17, 20], та друпацин з плодів головчастотису Форчуна *Cephalotaxus fortunei* Hook. (родина Головчастотисові) та плодів псоралеї кістянкової *Psoralea drupacea* Vge (родина Бобові) [28].



2. Алкалоїди з восьмичленним циклом представлені ірцинолами А і В, виділеними з морських губок роду амфімедон *Amphimedon* (тип Губки, родина Ніфатиди) [25] і хомалін, отриманий з листя хомаліуму пронійського *Homalium pronyense* Guillaumin (родина Флакуртієві) [13].

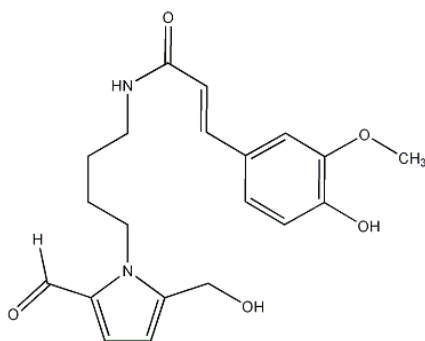


Ірцинол В



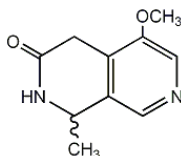
Хомалін

3. До піррольних алкалоїдів належить магноламід, виділений з листя магнолії кокосової *Magnolia coco* (Lour.) DC. (родина Магнолієві) [29].



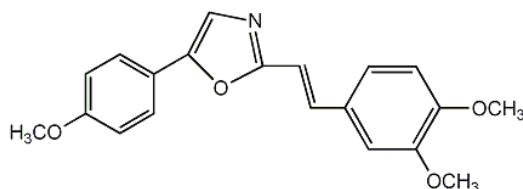
Магноламід

4. Наступним підкласом алкалоїдів, який ми пропонуємо додати до їхньої класифікації, є нафтиридинові алкалоїди, зокрема, акантицифолін з листя аканта падуболистого *Acanthus ilicifolius* L. (родина Акантові) [13].



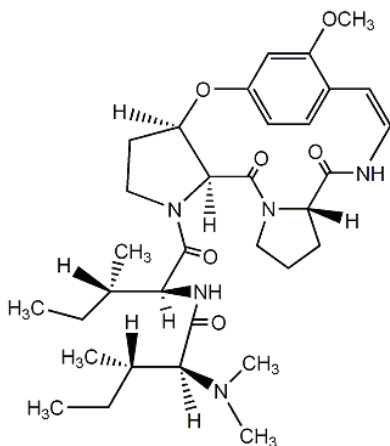
Акантицифолін

5. Аннулолін з коренів райграсу багатоквіткового *Lolium multiflorum* Lam. (родина Злакові) [13] належить до оксазолових алкалоїдів – 5-го нового підкласу істинних алкалоїдів.

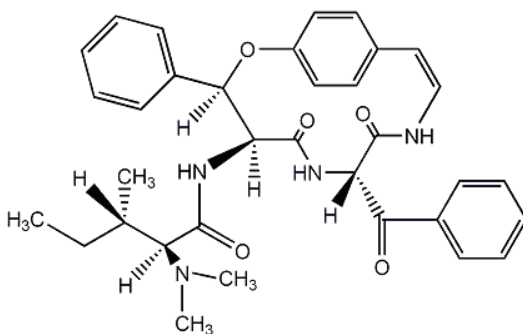


Аннулолін

6. Шостим новим підкласом істинних алкалоїдів є пептидні алкалоїди – зизифіни А–F з кори зізіфусу звичайного *Zizyphus jujuba* Mill. [24] та араліоніни А і В з кори та листя араліорамнусу піхвового *Araliorhamnus vaginata* H. Perrier. (обидва види – родина Крушинові) [13].

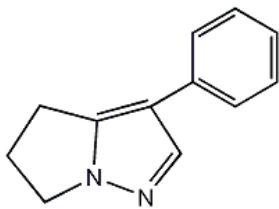


Зизифін А



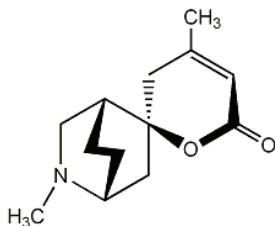
Араліонін А

7. Ще одним новим підкласом алкалоїдів є піразолові алкалоїди – вітасомнін, виділений із коренів аюрведичної рослини вітанії снодійної (= індійський женьшень) *Withania somnifera* Dunal (родина Пасльонові) [13].



Вітасомнін

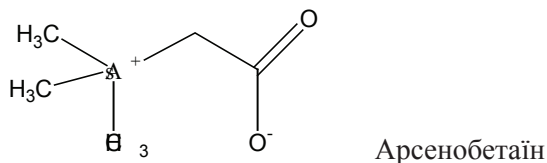
8. І останнім, восьмим новим підкласом істинних алкалоїдів, який ми пропонуємо включити до класифікації, є хінуклідинові алкалоїди – діоскорин із коренів різних видів діоскорей, а саме: діоскорей шорсткої *Dioscorea hirsuta* M. Martens & Galeotti, бататової *D. batatas* Desne, щетинистої *D. hispida* Dennst. (родина Діоскорейні) [13].



Діоскорин

У класифікації речовин вторинного біосинтезу на окрему згадку заслуговують також металоорганічні сполуки.

Зокрема до них належать кремнійорганічні речовини, вперше виділені з рослинної сировини у 2009 р., – монометилсилантріол $\text{CH}_3(\text{SiOH})_3$ та інші силани (трава хвоща польового *Equisetum arvense* L. та інших видів роду хвощ (родина Хвощові), кореневища білокрильника болотяного *Calla palustris* L. (родина Ароїдні) [7]), а також сполуки, що містять арсен (арсенобетаїн, виділений з плодів гриба спарасису кучерявого *Sparassis crispa* (Wulfen) Fr. (відділ Базидіоміцети, клас Агарикоміцети, родина Спарассові), про які в науковій літературі повідомляється з 2008 р. [19]).



Виходячи з широкого різноманіття нових природних сполук, відкритих на сьогодні, можна зробити висновок, що виникли об'єктивні методичні і методологічні передумови для перегляду існуючої класифікації природних сполук.

Ми пропонуємо розроблену нами нову, діалектичну і прогностичну класифікацію, яка враховує сучасний світовий рівень розвитку фітохімії і дасть змогу охопити значне різноманіття природних сполук, показати їх біогенетичні зв'язки, розширити межі уявлень про класи БАР та передбачити нові, ще невідкриті на сьогодні, класи БАР.

Не викликає сумнівів, що сьогодні стираються чіткі межі між класами БАР, ідентифіковано багато «перехідних» класів сполук.

Як таблиця Д. І. Менделєєва дозволяє передбачити нові невідкриті елементи, біогенетична і прогностична класифікація, що пропонується, дозволяє вести мову про існування нових класів природних сполук.

Так, на основі запропонованої нами класифікації можливо передбачити існування таких нових, невідкритих на сьогодні, «перехідних» класів сполук, як:

- кумаринохінони;
- хінонолігнани;
- хромонолігнани;
- хромонохінони;
- ксантохромони;
- хромонофлавоноїди.

Таким чином, на сьогодні виникли об'єктивні методичні і методологічні передумови для перегляду існуючої класифікації природних сполук і створення нової, діалектичної і прогностичної, яка відповідатиме сучасному світовому рівню розвитку фітохімії, дасть змогу охопити значне різноманіття природних сполук і трошки зазирнути у майбутнє фітохімії.

1. Ковальов В. М., Павлій О. І., Ісакова Т. І. Фармакогнозія з основами біохімії рослин / За ред. проф. В. М. Ковальова. – Харків: Прапор, 2000. – 704 с.

2. Куркин В. А. Фармакогнозія: Уч. для студентів фарм. вузів. – Самара: ООО «Офорт» СамГМУ, 2004. – 1180 с.

3. Муравьєва Д. А., Самылина И. А., Яковлев Г. П. Фармакогнозія: Уч. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 2002. – 656 с.

4. Baron-Ruppert G., Luepke N. P. Evidence for toxic effects of alkylphenols from *Ginkgo biloba* in the hen's egg test (HET) // *Phytomedicine*. – 2001. – V. 8, N 2. – P. 133–138.

5. Chen Ch.-Ch., Wu J.-H., Yang N.-S. et al. Cytotoxic C35 terpenoid cryptotriene from the bark of *Cryptomeria japonica* // *Organic Letters*. – 2010. – V. 12, N 12. – P. 2786–2789.

6. Chen S. B., Gao G. Y., Leung H. W. et al. Aquileidine and iso-aquileidine, novel flavonoid alkaloids from *Aquilegia scaberrima* // *J. Nat. Prod.* – 2001. – V. 64, N 1. – P. 85–87.

7. Currie H. A., Perry C. C. Chemical evidence for intrinsic 'Si' within *Equisetum* cell walls // *Phytochemistry*. – 2009. – V. 70, N 17–18. – P. 2089–2095.

8. Derby C. D., Kicklighter C. E., Johnson P. M., Zhang X. Chemical composition of inks of diverse marine molluscs suggests convergent chemical defenses // *J. Chem. Ecol.* – 2007. – V. 33, N 5. – P. 1105–1113.
9. Evans W. C. Trease and Evans' Pharmacognosy. – 15th Edition. – London: Saunders Ltd., 2002. – 616 p.
10. Grace M. H., Yousef G. G., Kurmukov A. G. et al. Phytochemical characterization of an adaptogenic preparation from *Rhodiola heterodonta* // *Nat. Prod. Commun.* – 2009. – V. 4, N 8. – P. 1053–1058.
11. Hansel R., Sticher O., Steinegger E. Pharmacognosy, Phytopharmacy. – Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1999. – 1403 p.
12. Harborne J. B. The Handbook of Natural Flavonoids. – V. 2. Flavans and proanthocyanidins. – London: Taylor & Francis Ltd, 1999. – 355 p.
13. Harborne J. B., Baxter H., Moss G. P. Phytochemical dictionary: a handbook of bioactive compounds from plants. Second Edition. – London: Taylor & Francis Ltd, 1999. – 961 p.
14. Higgins C. A., Delbederi Z., McGarel K. et al. Synthesis and *in vitro* and *in vivo* evaluation of a series of dihydroisocoumarin derivatives conjugated with fatty acids, alcohols, and amines as potential anticancer agents // *Bioconjug. Chem.* – 2009. – V. 20, N 9. – P. 1737–1751.
15. Ishii H., Kobayashi J. I., Ishikawa T. Toddacoumalone a novel mixed dimer of coumarin and quinolone from *Toddalia asiatica* L. Lam. and *Toddalia aculeata* Pers. // *Tetrahedron Letters.* – 1991. – V. 32. – P. 6907–6910.
16. Karrer W. Die Konstitution und Vorkommen der organischen Pflanzenstoffe. – Basel-Stuttgart, 1958. – 1120 p.
17. Masse C. E., Morgan A. J., Panek J. S. An asymmetric aminohydroxylation approach to the azepine core of (–)-balanol // *Org. Lett.* – 2000. – V. 2, N 17. – P. 2571–2573.
18. Ren D. M., Guo H. F., Yu W. T. et al. Stereochemistry of flavonoidal alkaloids from *Dracocephalum rupestre* // *Phytochemistry.* – 2008. – V. 69, N 6. – P. 1425–1433.
19. Řezanka T., Sigler K. Biologically active compounds of semi-metals // *Phytochemistry.* – 2008. – V. 69, Issue 3. – P. 585–606.
20. Riber D., Hazell R., Skrydstrup T. Studies on the SmI₂-promoted pinacol-type cyclization: synthesis of the hexahydroazepine ring of balanol // *J. Org. Chem.* – 2000. – V. 65, N 17. – P. 5382–5390.
21. Spörle J., Becker H., Gupta M. P. et al. Novel C-35 terpenoids from the Panamanian liverwort *Plagiochila moritziana* // *Tetrahedron.* – 1989. – V. 45, Issue 16. – P. 5003–5014.
22. Suzuki M., Takahashi Y., Nakano S. et al. An experimental approach to study the biosynthesis of brominated metabolites by the red algal genus *Laurencia* // *Phytochemistry.* – 2009. – V. 70, N 11–12. – P. 1410–1415.
23. Taskova R. M., Kokubun T., Ryan K. G. et al. Phenylethanoid and iridoid glycosides in the New Zealand snow hebes (*Veronica*, *Plantaginaceae*) // *Chem. Pharm. Bull. (Tokyo).* – 2010. – V. 58, N 5. – P. 703–711.
24. Tripathi M., Pandey M. B., Jha R. N. et al. Cyclopeptide alkaloids from *Zizyphus jujuba* // *Fitoterapia.* – 2001. – V. 72, N 5. – P. 507–510.
25. Tsuda M., Kawasaki N., Kobayashi J. Ircinols A and B, first antipodes of manzamine-related alkaloids from an Okinawan marine sponge // *Tetrahedron.* – 1994. – V. 50, Issue 27. – P. 7957–7960.
26. Voegtle H. L., Jones T. H., Davidson D. W., Snelling R. R. E–2-ethylhexenal, E–2-ethyl–2-hexenol, mellein, and 4-hydroxymellein in *Camponotus* species from Brunei // *J. Chem. Ecol.* – 2008. – V. 34, N 2. – P. 215–219.
27. Wong S. K., Lim Y. Y., Abdullah N. R., Nordin F. J. Assessment of antiproliferative and antiplasmodial activities of five selected Apocynaceae species // *BMC Complement. Altern. Med.* – 2011. – V. 11, N 3. – P. 1–8.
28. Ye X. R., Wu K. M. Synthesis and antitumor activity of the derivatives of cephalotaxine and drupacine // *Yao Xue Xue Bao.* – 2003. – V. 38, N 12. – P. 919–923.

29. Yu H. J., Chen C. C., Shieh B. J. Two new constituents from the leaves of *Magnolia coco* // J. Nat. Prod. – 1998. – V. 61, N 8. – P. 1017–1019.

30. Zhang X. H., Zhou T., Xuan L. J. A dipeptide and two glycosides from *Streptocaulon griffithii* // J. Asian Nat. Prod. Res. – 2008. – V. 10, N 9–10. – P. 891–896.

Надійшла до редакції 08.02.2012.

Е. Ю. Коновалова

НОВАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Ключевые слова: фитохимия, классификация, биологически активные вещества, лекарственные растения

РЕФЕРАТ

Рассматриваются вопросы необходимости пересмотра классификации природных соединений в соответствии с современным мировым уровнем фитохимии. Предложен биогенетический диалектический подход к построению классификации природных соединений. В существующую классификацию природных соединений предложено внести ряд изменений и дополнений. В частности, в класс «Флавоноиды» рекомендуется включить подклассы «Флавоноид-алкалоиды» и «Изопренилированные флавоноиды»; в самостоятельный класс предлагается выделить фенилизопреноиды, включив в него подклассы «Фенилэтаноиды», «Фенилпропаноиды», «Фенилбутаноиды», «Фенилпентаноиды», «Фенилполиизопреноиды». Класс «Кумарины» рекомендовано дополнить подклассом «Изокумарины»; класс «Алкалоиды» – восемью подклассами: «Алкалоиды с азепиновым циклом», «Алкалоиды с восьмичленным циклом», «Пиррольные алкалоиды», «Нафтиридиновые алкалоиды», «Оксазоловые алкалоиды», «Пептидные алкалоиды», «Пиразоловые алкалоиды», «Хинуклидиновые алкалоиды»; класс «Терпеноиды» – подклассом «С35-терпеноиды» и «Галогенированные ацетилен-терпеноиды».

Е. Ю. Коновалова

NEW CLASSIFICATION OF NATURAL SUBSTANCES

Key words: phytochemistry, classification, biologically active substances, medical plants

SUMMARY

The questions of necessity of natural substances classification's revision are considered in accordance with the modern world level of phytochemistry. Biogenetic dialectical method of approach to the construction of natural substances classification is offered. It is suggested to bring in some of changes and additions into existent classification of natural substances. In particular, in the class «Flavonoids» it is recommended to include subclasses of «Flavonoid-alkaloids» and «Isoprenilated flavonoids»; as an independent class it is suggested to select phenylisoprenoids, plugging into six subclasses: «Phenylethanoids», «Phenylpropanoids», «Phenylbutanoids», «Phenylpentanoids», «Phenylpolyisoprenoids». It is recommended to complement the class «Coumarins» by subclass of «Isocoumarins»; the class «Alkaloids» – by eight subclasses: «Alkaloids with an azepine cycle», «Alkaloids with ring of eight C-atoms», «Pyrrole alkaloids», «Naphthyridine alkaloids», «Oxazole alkaloids», «Peptide alkaloids», «Pyrazole alkaloids», «Quinuclidine alkaloids»; the class «Terpenoids» – by subclass «C35-terpenoids» and «Halogenated acetylene-terpenoids».