

Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre
Fakulta prírodných vied a informatiky

Od rastliny k lieku:
mechanizmus účinku biologicky aktívnych látok

Magdaléna Zimmermannová, Jana Jakubčinová,
Melánia Feszterová, Veronika Demovics Silliková

Nitra 2026

Od rastliny k lieku: mechanizmus účinku biologicky aktívnych látok

Vysokoškolská učebnica

Edícia Prírodovedec č. 918

Autorky:

Bc. Magdaléna Zimmermannová, *Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, Fakulta prírodných vied a informatiky, Katedra botaniky a genetiky, študentka*

Mgr. Jana Jakubčinová, PhD., *Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Ústav potravinárstva, vysokoškolská pedagogička*

doc. Ing. Melánia Feszterová, PhD., *Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, Fakulta prírodných vied a informatiky, Katedra chémie, vysokoškolská pedagogička*

RNDr. Veronika Demovics Silliková, PhD., *Ústav anorganickej chémie SAV, v. v. i., vedecko-výskumná pracovníčka*

Recenzenti:

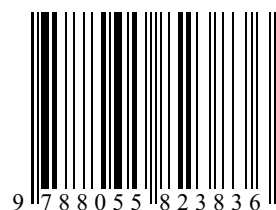
prof. dr. hab. inž. Małgorzata Kowalska

dr. Justyna Bojanowicz, prof. URad

© Jana Jakubčinová, Melánia Feszterová

Publikácia vznikla s finančnou podporou projektu KEGA 026UKF-4/2025 s názvom *Environmentálna chémia pre budúcich učiteľov: inovácie vo vzdelávaní* a je výsledkom záverečnej diplomovej práce *Liečivá, ich vlastnosti a mechanizmus účinku v ľudskom organizme*.

ISBN 978-80-558-2383-6



9 788055 823836

OBSAH

PREDHOVOR	4
1 Úvod.....	5
2 SúčasnÉ poznatky o liečivách.....	6
2.1 Charakteristika liečiv	6
2.2 História liečiv	6
2.3 Názvoslovie liečiv	9
2.3.1 Chemický názov.....	10
2.3.2 Generický názov	11
2.3.3 Triviálny názov	11
2.3.4 Medzinárodný nechránený názov	11
2.3.5 Liekopisný názov	12
2.4 Klasifikácia liečiv	13
3 Základy farmakológie	16
3.1 Mechanizmus účinku liečiv	17
3.2 Diklofenak ako modelové liečivo.....	21
3.2.1 Mechanizmus účinku diklofenaku	22
4 Rastlinné liečivá ako zdroj účinných látok	24
4.1 Význam rastlín v liečbe	24
4.2 Bioaktívne látky rastlinného pôvodu.....	24
4.2.1 Primárne metabolity.....	25
4.2.2 Sekundárne metabolity.....	30
4.3 Vybrané liečivé rastliny a ich účinky.....	35
4.3.1 Kurkuma a jej účinné látky	35
4.3.1.1 Kurkumín a jeho biologické účinky	36
4.3.2 Vřba ako prírodný zdroj analgetík	39
4.3.2.1 Salicin a jeho účinok v organizme	40

4.3.3 Mäta a jej využitie v liečbe	42
4.3.3.1 Mentol a jeho účinky	44
5 Porovnanie syntetických a rastlinných liečiv	47
6 Otázky a úlohy k tematickým celkom	49
6.1 Tematický celok: Súčasné poznatky o liečivách.....	49
6.1.1 Téma: História liečiv.....	49
6.1.2 Téma: Názvoslovie liečiv.....	51
6.1.3 Téma: Klasifikácia liečiv	55
6.2 Tematický celok: Základy farmakológie	57
6.2.1 Téma: Mechanizmus účinku liečiv	57
6.2.2 Téma: Diklofenak ako modelové liečivo	60
6.3 Tematický celok: Rastlinné liečivá ako zdroj účinných látok	62
6.3.1 Téma: Bioaktívne látky rastlinného pôvodu – primárne metabolity.....	62
6.3.2 Téma: Bioaktívne látky rastlinného pôvodu – sekundárne metabolity.....	64
6.3.3 Téma: Vybrané liečivé rastliny a ich účinky – Kurkuma pravá.....	66
6.3.4 Téma: Vybrané liečivé rastliny a ich účinky – Vřba biela	68
6.3.5 Téma: Vybrané liečivé rastliny a ich účinky – Mäta pieporná.....	71
7 Riešenia otázok a úloh k tematickým celkom	74
7.1 Tematický celok: Súčasné poznatky o liečivách.....	74
7.1.1 Téma: História liečiv.....	74
7.1.2 Téma: Názvoslovie liečiv.....	77
7.1.3 Téma: Klasifikácia liečiv	81
7.2 Tematický celok: Základy farmakológie	83
7.2.1 Téma: Mechanizmus účinku liečiv	83
7.2.2 Téma: Diklofenak ako modelové liečivo	86
7.3 Tematický celok: Rastlinné liečivá ako zdroj účinných látok	89
7.3.1 Téma: Bioaktívne látky rastlinného pôvodu – primárne metabolity.....	89

7.3.2 Téma: Bioaktívne látky rastlinného pôvodu – sekundárne metabolity	91
7.3.3 Téma: Vybrané liečivé rastliny a ich účinky – Kurkuma pravá	93
7.3.4 Téma: Vybrané liečivé rastliny a ich účinky – Vřba biela	94
7.3.5 Téma: Vybrané liečivé rastliny a ich účinky – Mäta pieporná.....	97
ZÁVER.....	100
POUŽITÁ LITERATÚRA	102
ZOZNAM PRÍLOH	115

PREDHOVOR

Liečivé rastliny patria medzi najstaršie zdroje terapeutických látok, ktoré človek využíva na liečbu a prevenciu chorôb. Už od počiatkov medicíny boli prírodné látky základom empirického poznania účinkov rôznych rastlinných extraktov, ktoré sa neskôr stali východiskom pre vývoj moderných liečiv. Dnes, napriek výraznému pokroku syntetickej farmácie a biotechnológií, zostávajú biologicky aktívne látky rastlinného pôvodu významným zdrojom nových liekov a inšpiráciou pre ich návrh.

Cieľom tejto učebnice je poskytnúť ucelený pohľad na cestu, ktorou sa biologicky aktívne látky dostávajú „od rastliny k lieku“, a objasniť mechanizmy ich účinku. Pojem biologicky aktívne látky zahŕňa široké spektrum prírodných zlúčenín, primárnych alebo sekundárnych metabolitov, ako sú alkaloidy, flavonoidy, terpenoidy, glykozidy, či polyfenoly, ktoré ovplyvňujú fyziologické procesy v organizme človeka aj iných živočíchov.

Mechanizmus účinku týchto látok je často komplexný a mnohostranný. Môžu pôsobiť ako agonisti alebo antagonisti receptorov, modulovať aktivitu enzýmov, ovplyvňovať prenos signálov v bunkách alebo zasahovať do genetickej expresie. Ich biologická aktivita je výsledkom presných interakcií s cieľovými molekulami v organizme, pričom aj malé štrukturálne zmeny v molekule môžu viesť k výrazným rozdielom v účinku. Práve preto je pochopenie vzťahu medzi chemickou štruktúrou a biologickou aktivitou kľúčové pre vývoj nových liečiv.

Významným krokom v procese premeny rastlinnej látky na liek je jej izolácia, identifikácia, farmakologické testovanie a následne optimalizácia jej účinku a bezpečnosti. Moderný výskum využíva pokročilé analytické metódy, molekulové modelovanie a biotechnologické prístupy, ktoré umožňujú detailne skúmať interakcie medzi liečivom a biologickým systémom.

Táto učebnica je určená na prehĺbenie poznatkov o prírodných liečivách a ich mechanizmoch pôsobenia, pričom prepája poznatky z botaniky, organickej chémie, biochémie a farmakológie. Zároveň si kladie za cieľ ukázať, že príroda zostáva aj v 21. storočí nenahraditeľným zdrojom inšpirácie pre vývoj nových terapeutických stratégií.

Pochopenie cesty „od rastliny k lieku“ tak nie je len otázkou vedeckého záujmu, ale aj kľúčom k rozvoju modernej, účinnej a bezpečnej medicíny.

Autorky

1 Úvod

Už od nepamäti predstavuje príroda jeden z najvýznamnejších zdrojov liečivých látok a surovín, a to nielen pre človeka, ale aj pre ostatné živočíšne organizmy. Aj v súčasnosti zohrávajú prírodné zlúčeniny dôležitú úlohu v tradičnej i doplnkovej medicíne. Ich účinok vychádza z biologickej aktivity rastlinných metabolitov. Vzhľadom na vysokú biodiverzitu rastlinnej ríše je možné pozorovať značnú rozmanitosť v obsahu účinných látok, ako aj v ich biologických účinkoch.

Na rozdiel od synteticky pripravených liečiv, ktoré sa vyznačujú prevažne selektívnym pôsobením, no často aj viacerými farmakologickými účinkami (napr. nesteroidné antiflogistiká), rastlinné extrakty predstavujú komplexné zmesi viacerých bioaktívnych zložiek. Tieto látky môžu pôsobiť synergicky, čím prispievajú k celkovému terapeutickému efektu. Z tohto dôvodu sa vo fytoterapii často využívajú kombinácie viacerých rastlín s cieľom dosiahnuť širšie a cielenejšie pôsobenie.

Výskum v tejto oblasti poukazuje na to, že sekundárne metabolity rastlín nevykazujú len základné farmakologické účinky, ale disponujú aj významnou antioxidačnou aktivitou. Túto aktivitu je možné hodnotiť pomocou moderných analytických metód. Komplexné posúdenie biologickej aktivity rastlín zahŕňa aj stanovenie obsahu významných bioaktívnych zlúčenín, ako sú polyfenoly, flavonoidy či rastlinné pigmenty (chlorofyly a karotenoidy). Dôležitou súčasťou hodnotenia je aj analýza prítomnosti biogénnych a rizikových prvkov, ktoré môžu ovplyvniť bezpečnosť ich použitia.

V súčasnosti je štúdium prírodných liečiv mimoriadne aktuálne, najmä v kontexte narastajúcej antibiotickej rezistencie a zvýšeného výskytu alergických reakcií, či intolerancií na syntetické látky. Z tohto dôvodu sa pozornosť vedeckej komunity čoraz viac sústreďuje na prírodné alternatívy. Detailné poznanie chemického zloženia a biologických účinkov rastlinných látok môže významne prispieť k vývoju bezpečnejších a lepšie tolerovaných terapeutických prístupov, ktorých výhodou je najmä ich prirodzený pôvod a dostupnosť.

2 Súčasné poznatky o liečivách

2.1 Charakteristika liečiv

Pojem liečivo označuje chemickú látku s presne definovaným zložením, ktorá po vstupe do organizmu vyvoláva biologickú odpoveď. Tento účinok nemusí byť vždy zámerne liečebný. Pôvod slova „*pharmakon*“ siaha do starogréčtiny, kde pôvodne označovalo látku s biologickým účinkom, najčastejšie vo forme kvapaliny, napr. rastlinného extraktu. Neskôr sa význam tohto pojmu rozšíril, pretože zahŕňa nielen liečivé látky, ale aj jedy a rôzne prirodzené sa vyskytujúce látky v organizme, ktoré môžu mať v organizme biologický alebo liečebný účinok.

2.2 História liečiv

Príroda predstavovala po tisíce rokov hlavný zdroj surovín, z ktorého človek čerpal všetky prostriedky potrebné na zabezpečenie základných životných potrieb. S postupným vývojom ľudskej spoločnosti však začala nadobúdať čoraz väčší význam aj starostlivosť o zdravie jednotlivca.

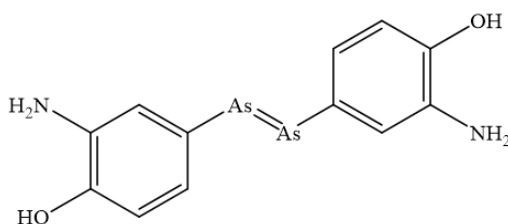
Archeologické nálezy zo stredného paleolitu (80 000 – 60 000 p. n. l.) dokazujú, že vtedajšie populácie využívali viaceré rastliny, ktoré dnes označujeme ako liečivé, napr. prasličku (*Equisetum*), ibiš (*Althaea*), či rebríček (*Achillea*). V období neolitu (8 000 – 5 000 p. n. l.) sa rozsah používaných liečivých rastlín ďalej rozšíril o druhy ako mydlica lekárska (*Saponaria officinalis*) a mak siaty (*Papaver somniferum*). Najstaršie dochované písomné záznamy o systematických liečebných poznatkoch pochádzajú zo starovekej Mezopotámie približne z roku 1600 p. n. l.

Rastlinné produkty sa využívajú aj v súčasnosti, najmä u pacientov preferujúcich prírodné alebo tradičné formy liečby. V 16. storočí boli založené botanické záhrady určené na pestovanie liečivých rastlín pre potreby lekárskeho fakúlt. Fytoterapia, známa aj ako „bylinná medicína“, bola rozšírená až do 17. storočia, keď začali dominovať vedecky orientované farmakologické prístupy. Napriek tomu prispela k poznaniu, že rastliny sú významným zdrojom biologicky aktívnych látok schopných vyvolať terapeutický účinok.

Z rastlín boli následne izolované jednotlivé účinné zlúčeniny, ktoré sa používali buď priamo, napr. morfin alebo chinín, alebo slúžili ako východiská pre syntézu moderných liečiv, ako je kyselina acetylsalicylová (**Príloha 1**), či ampicilín. Rovnako ako syntetické liečivá môžu aj rastlinné prípravky vyvolávať nežiaduce účinky, napr. *Ginkgo biloba* môže zvyšovať riziko krvácania. Štúdiom toxických účinkov látok na organizmus sa zaoberá toxikológia.

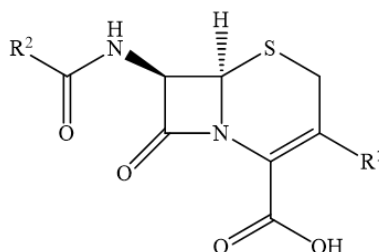
V 17. storočí sa rozvíjala iatrochémia, ktorá podporila využívanie anorganických látok v liečbe. Významným medzníkom bol rok 1828, keď Friedrich Wöhler synteticky pripravil močovinu, čím výrazne prispel k rozvoju organickej chémie a následne k syntéze nových organických liečiv.

Na konci 19. storočia Paul Ehrlich rozpracoval myšlienku selektívneho pôsobenia liečiv na mikroorganizmy. Na jeho prácu nadviazali chemici, ktorí syntetizovali deriváty arzénu, medzi nimi aj arsfenamín, považovaný za jedno z prvých syntetických liečiv – **Obrázok 1**.



Obrázok 1. Štruktúra arsfenamínu

V roku 1948 bol objavený cefalosporín, ktorý sa využíval pri liečbe infekcií rezistentných voči penicilínu – **Obrázok 2**.



Obrázok 2. Základná štruktúra cefalosporínu

Viacero výskumov v období 19. a 20. storočia viedlo k prelomovým objavom, ktoré uvádzame v **Tabuľke 1**.

Tabuľka 1. Objavy 19. a 20. storočia

Rok	Objav	Objaviteľ	Zdroj
1806	izolovanie morfinu z ópia	Sertürner	Salaš a Ustohalová, 1987
1828	syntéza močoviny (rozvoj organickej chémie a syntéza nových liečiv)	Friedrich Wöhler	Kertys, 2021
1817 – 1830	liečivé alkaloidy: strychnín, chinín, kolchicín, emetín a veratrín	Pelletier a Caventou	Salaš a Ustohalová, 1987
1848	papaverín	Merck	
1860	kokaín	Niemann	
1865	konceptia aromaticity benzénu	August Kekulé	Drews, 2000
1872 – 1874	teória chemoreceptorov	Paul Ehrlich	
1905	funkčnejšia konceptia receptorov	J. N. Langley	Drews, 2000; Thomas, 2000
1908	jedno z prvých syntetických liečiv: arsfenamín	Alfred Bertheim	Abraham, 1948, cit. podľa Williams, 2009
1928	prvé antibiotikum: penicilín	Alexander Fleming	Drews, 2000; Thomas, 2000; Newman et al., 2000
1948	nová molekula: cefalosporín (na liečbu infekcií rezistentných na penicilín)	Brotzu	Newman et al., 2000
60. – 70. roky	klavulanáty	spoločnosť Beecham	

	polysyntetické molekuly: sulfaktamy	spoločnosť Pfizer	
--	--	-------------------	--

V priebehu 20. storočia sa pomerne výrazne rozvinula farmácia a farmaceutický priemysel, ktoré umožnili vznik nových liečiv a liečbu dovtedy ťažko liečiteľných ochorení. Tento vývoj významne prispel k formovaniu modernej farmakológie.

2.3 Názvoslovie liečiv

„Liek je liečivo alebo zmes liečiv a pomocných látok, ktoré sú upravené technologickým procesom do liekovej formy a sú určené na ochranu pred chorobami, na diagnostiku chorôb, liečenie chorôb alebo na ovplyvňovanie fyziologických funkcií.“ (Zákon NR SR č. 362/2011 Z. z., 2011, §2, ods. 7). Zo zákona vyplýva, že liek je liečivo v konkrétnej liekovej forme (napr. tableta, masť, roztok alebo čapík). Pomocné látky sú chemicky jednotné alebo chemicky nejednotné látky, ktoré sú použité na výrobu alebo na prípravu lieku v takom množstve, že samotné pomocné látky nemajú liečebný účinok, ale uľahčujú výrobu lieku, jeho podávanie a zlepšujú taktiež aj stabilitu, kvalitu a biologickú dostupnosť lieku.

„Liečivo je chemicky jednotná alebo nejednotná látka ľudského, rastlinného, živočíšneho alebo chemického pôvodu, ktorá je nositeľom biologického účinku využiteľného na ochranu pred chorobami, na diagnostiku chorôb, liečenie chorôb alebo na ovplyvňovanie fyziologických funkcií.“ (Zákon NR SR č. 362/2011 Z. z., 2011 §2, ods. 5).

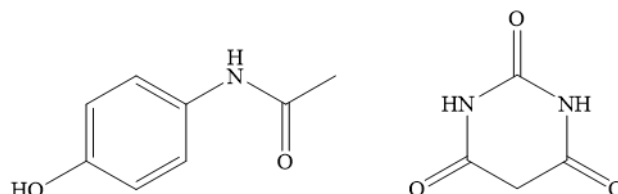
Zo zákona vyplýva, že liečivo je účinná látka, ktorá dokáže cielene ovplyvňovať organizmus. Podľa chemickej povahy ich môžeme rozlíšiť na:

- *chemicky jednotné liečivá*: sú látky s presne určenou molekulovou štruktúrou, ktorá podmieňuje ich vlastnosti a účinok (napr. kyselina acetylsalicylová),
- *chemicky nejednotné liečivá*: predstavujú zmesi alebo súbory látok, väčšinou prírodného pôvodu, ako sú tuky, oleje, či silice. Patria sem aj krvné deriváty, živočíšne a rastlinné drogy (napr. kôra chinínovníka).

V súčasnej dobe môžeme hovoriť o tom, že prevládajú liečivá syntetického pôvodu nad prírodnými. Tvoria rozmanité množstvo štruktúr od tých najjednoduchších (napr. chloroform) až po najzložitejšie (napr. vitamíny a alkaloidy).

Liečivá majú viacero typov názvov. Rovnako ako lieky, ktoré obsahujú dané liečivo. Počet liekov na trhu takmer desaťnásobne prevyšuje počet samotných liečiv, čo súvisí najmä

s existenciou dvoch základných kategórií produktov: originálov a generík. Originálny liek predstavuje unikátny produkt vyrobený z novoobjavenej účinnej látky špecifickým technologickým postupom. Keďže je vývoj nového liečiva finančne nesmierne náročný, výrobcovia si ho chránia patentom a registrovanou ochrannou známkou. Tento chránený názov, často sprevádzaný symbolmi ® alebo ™, sa nesmie gramaticky upravovať a v odbornej praxi sa uvádza vždy v pôvodnom znení. Na druhej strane stojí generický liek, ktorý je kópiou originálu, no na trh prichádza až po uplynutí jeho patentovej ochrany. Práve vďaka generikám je ponuka liekov taká široká – zatiaľ čo originálnych liečiv sú tisíce, dostupných generík existujú desaťtisíce. Po vypršaní časovej ochrany duševného vlastníctva môžu totožnú účinnú látku vyrábať rôzne farmaceutické spoločnosti, ktoré ich často uvádzajú pod vlastnými, novými obchodnými názvami, čím sa trh s liekmi neustále rozširuje. Všetky názvy, ktoré patria danému liečivu, sú jeho tzv. synonymá. Ako príklad uvádzame liečivo paracetamol (4-acetamidofenol, acetaminofén, *N*-acetyl-*para*-aminofenol alebo *N*-(4-hydroxyfenyl)acetamid) alebo kyselinu barbiturovú (malonylurea, hexahydro-1,3-diazín-2,4,6-trión alebo 2,4-diazacyklohexán-1,3,5-trión) – **Obrázok 3**.



Obrázok 3. Vzorec paracetamolu a kyseliny barbiturovej

Medzi synonymá radíme tieto typy názvov: chemický názov, generický názov, triviálny názov, medzinárodný nechránený názov (skrátene INN) a liekopisný názov.

2.3.1 Chemický názov

Identifikuje a určuje, aký chemický charakter má čistá látka, ktorá je využitá ako liečivo. Väčšina liečiv, ktoré sú v súčasnosti používané, sú malé molekuly s presne stanovenou štruktúrou, vďaka ktorej vieme molekulu popísať chemickým názvom. V medicíne a farmakológii sa chemický názov používa zriedkavo, a to z toho dôvodu, že ide o pomerne zložitý názov, ktorý sa môže vyskytovať vo viacerých formách. Príkladom je jednoduché označenie liečiva paracetamol, ktorý má komplikované chemické názvy: *N*-acetyl-*para*-aminofenol a *N*-(4-hydroxyfenyl)acetamid.

2.3.2 Generický názov

Určuje pracovné označenie nového možného liečiva a je utvorené autorom, ktorým býva napr. univerzitné pracovisko, výskumný ústav alebo farmaceutická spoločnosť. Je medzinárodne uznávaný a dáva možnosť terminologicky identifikovať chemickú látku.

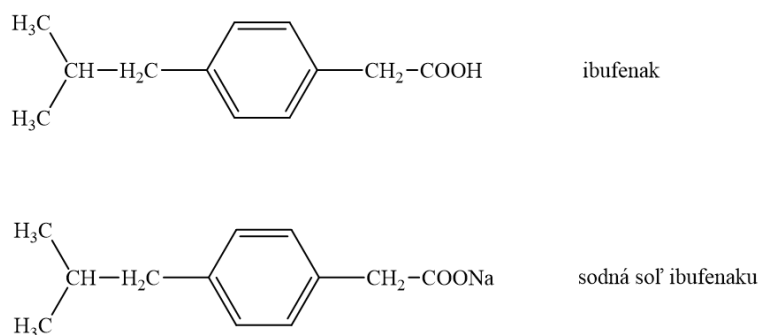
Ako prvý nás informuje o tomto názve objaviteľ alebo výrobca liečiva. Tento názov býva niekedy zmenený na INN alebo môže dôjsť k vytvoreniu úplne nového INN. Tvorba generického názvu nemá striktne určené pravidlá. Prechádza viacerými fázami, kde nové liečivo je kódovo označované alfanumerickou kombináciou. Kódové označenie patrí medzi generický názov liečiva, a keď ho chce autor, teda objaviteľ nahradiť slovným termínom, musí podať návrh na schválenie WHO. Keď je návrh schválený, generický názov sa tak mení na INN. Občas sa generický názov a INN uvádzajú ako seberovné, čo nie je pravdivá informácia, napriek tomu, že mnoho liečiv má tieto názvy identické.

2.3.3 Triviálny názov

Značí jednoduchý a všeobecne schválený názov, ktorý je charakteristický pre danú chemickú zlúčeninu. Názov sa zväčša spája s určitou súvislosťou, ktorou môže byť napr. objav alebo príprava, poprípade vlastnosť daného liečiva. Ako príklad sa uvádza kyselina barbiturová, ktorej triviálny názov má dve časti. Prvá časť je spojená s dňom objavu tejto kyseliny, a pripadá na sviatok sv. Barbory. Druhá časť názvu je spojená so syntézou jednej z východiskových látok, ktorou bola urea, teda močovina. K ďalším príkladom patrí kyselina salicylová, chinín alebo kyselina citrónová, ktoré získali triviálny názov podľa rastlinného zdroja, z ktorého boli izolované.

2.3.4 Medzinárodný nechránený názov

Systém INN sa začal používať v roku 1953 a bol zavedený Svetovou zdravotníckou organizáciou (z angl. „*World Health Organization*“, skratka WHO). Slúži na zjednotenie generických názvov. Je jednoduchý, stručný, originálny a celosvetovo uznávaný. INN sa udeľujú len látkam, ktoré sú jasne chemicky definované, napr. rastlinné liečivá a liečivá typu homeopatiík nemajú INN udelené. Zároveň sa INN udeľujú len aktívnym častiam molekuly liečiva. Môže ísť o bázu, kyselinu, alkohol alebo fenol. V prípade, že je aktívnou časťou molekuly liečiva soľ, ester alebo iný derivát liečiva, dochádza k vytvoreniu pozmeneného názvu INN modifikované. Ako príklad uvádzame sodnú soľ ibufenaku – **Obrázok 4**.



Obrázok 4. Vzorec ibufenaku a jeho sodnej soli

Názvy INN vytvára WHO tak, aby sa dali fonetizovať v rôznych jazykoch. Využíva pri tom systém rôznych morfém, predpôn (prefixov), kmeňov slova (infixov) alebo prípon (sufixov) – **Príloha 2.**

Osobitnú skupinu pri tvorbe INN tvoria protilátky a proteíny. V názve enzýmu je sufix *-áza* (napr. streptokináza, lipáza). Počet takýchto liečiv sa zvyšuje, a preto sa vytvorila nová morféma aj pre podskupiny enzýmov, a tou je sufix *-plaza* (napr. tanectoplaza).

Monoklonálne protilátky nachádzajú uplatnenie v rozličných liečebných oblastiach. Pre takéto liečivá je vymedzený základný sufix *-mab*, kde je sufix odvodený z dvoch slov monoklonálny a protilátka (z angl. „*antibody*“). INN obsahuje ešte dva infixy, pri ktorých prvý definuje cieľovú štruktúru (napr. tkanivo, chorobu) a druhý definuje pôvod protilátky (napr. myš, primát). Výsledný názov lieku teda zahŕňa okrem dvoch infixov a sufiku aj štvrtú časť názvu, ktorá je úvodná a navrhuje ju výrobca. Ako príklad môžeme uviesť liečivo transtuzumab, kde *trans-* je prvou časťou názvu, navrhol ju výrobca, *-tu-* označuje cieľovú štruktúru, ktorou sú rôzne tumory, *-zu-* predstavuje pôvod, a to ľudskú protilátku a sufix *-mab* označuje, že ide o monoklonálnu protilátku.

2.3.5 Liekopisný názov

Pomenúva liečivo ako je uvedené v liekopise. V súčasnosti nachádzame v liekopisoch latinské formy INN, pričom ich píšeme veľkým začiatočným písmenom (napr. *Lorazepamum*, *Ibuprofenum*). Liekopisné názvy sa najčastejšie využívajú v takých prípadoch, kedy lekár predpíše osobitne pripravovaný liek.

2.4 Klasifikácia liečiv

Liečivá možno rozdeliť podľa rôznych kritérií. Samotná klasifikácia slúži ako nástroj na ich prehľadné usporiadanie, sledovanie a porovnávanie údajov o ich používaní a spotrebe.

Základné možnosti klasifikácie zahŕňajú rozdelenie podľa:

- chemickej štruktúry,
- podobnosti mechanizmu účinku,
- pôvodu,
- terapeutickú indikáciu,
- spôsobu prípravy,
- spôsobu výdaja (napr. viazané na lekársky predpis alebo voľne dostupné).

V praxi sa najčastejšie používa ATC klasifikácia (anatomicko-terapeuticko-chemická klasifikácia), ktorá bola zavedená v roku 1976. Liečivá sú v nej zaradené do skupín podľa orgánových systémov, na ktoré pôsobia, ich terapeutického využitia, chemických vlastností a farmakologického účinku.

Každému liečivu je následne pridelený sedemmiestny alfanumerický kód pozostávajúci z piatich úrovní:

- *Prvá úroveň* – veľké tlačené písmeno vyjadrujúce anatomickú skupinu, na ktorú pôsobí liečivo. Zaradujeme sem 14 hlavných skupín (**Tabuľka 2**).

Tabuľka 2. Hlavné skupiny ATC klasifikácie (*Zdroj: Kertys, 2021*)

Skupina	Anatomická skupina, na ktorú pôsobí liečivo	Skupina	Anatomická skupina, na ktorú pôsobí liečivo
A	Tráviaci trakt a metabolizmus	L	Cytostatiká a imunomodulátory
B	Krv a krvotvorné orgány	M	Muskuloskeletálny systém
C	Kardiovaskulárny systém	N	Centrálne nervové sústava
D	Dermatologiká	P	Antiparazitiká
G	Urogenitálny trakt a pohlavné hormóny	R	Respiračný systém

H	Systémové hormonálne liečivá s výnimkou pohlavných hormónov a inzulínov	S	Zmyslové orgány
J	Antiinfektíva na systémové použitie	V	Rôzne (variá)

- *Druhá úroveň* – dvojica čísel vyjadrujúca hlavnú terapeutickú skupinu.

V **Tabuľke 3** uvádzame nami vybrané príklady skupín liečiv.

Tabuľka 3. Vybrané skupiny liečiv (*Zdroj: Kertys, 2021*)

Označenie (prvá + druhá úroveň)	Názov hlavnej terapeutickej skupiny
A04	Antiemetiká
B01	Antitrombotiká
C10	Hypolipidemiká
D08	Antiseptiká a dezinficienciá
G04	Urologiká
H02	Kortikosteoridy na systémové použitie
J05	Antivirotiká na systémové použitie
L01	Cytostatiká
M01	Antireumatiká a antiflogistiká
N03	Antiepileptiká
P01	Antiprotozoiká
R06	Antihistaminiká na systémové použitie
S01	Oftalmologiká
V09	Diagnostické rádiofarmaká

- *Tretia úroveň* – veľké tlačené písmeno vyjadrujúce terapeuticko-farmakologickú podskupinu.
- *Štvrtá úroveň* – veľké tlačené písmeno vyjadrujúce chemicko-terapeuticko-farmakologickú podskupinu.
- *Piata úroveň* – dve číslice vyjadrujúce konkrétnu látku (resp. liečivo).

Existujú aj liečivá, ktoré majú pridelený aj viac ako jeden ATC kód. Príkladom je kyselina acetylsalicylová, ktorá sa používa v rozličných terapeutických indikáciách a má pridelené kódy N02BA01 pre analgetiká a antipyretiká a B01AC06 pre antiagreganciá. Jej kompletná syntéza je uvedená v **Prílohe 1**.

3 Základy farmakológie

Farmakológia je vedný odbor, ktorý skúma účinky liečiv na živý organizmus, ich mechanizmy pôsobenia a osud účinných látok v tele. Zároveň sa zaoberá aj ich nežiaducimi účinkami. Táto disciplína úzko spolupracuje s toxikológiou, najmä v prípadoch otravy, a tiež s veterinárnou farmakológiou. Poznatky z farmakológie tvoria základ farmakoterapie, ktorá sa zameriava na využitie liečiv pri liečbe ochorení.

Vzťah medzi liečivom a organizmom sa vo farmakológii rozdeľuje na dve základné fázy – farmakokinetickú a farmakodynamickú. Po podaní liečiva prebieha najskôr farmakokinetická fáza, po ktorej nasleduje farmakodynamická fáza.

V rámci farmakokinetiky sa sleduje pohyb liečiva v organizme, teda jeho vstrebávanie, distribúcia v telesných tekutinách a tkanivách, metabolizmus a následné vylučovanie. Tento proces je možné kvantitatívne vyjadriť a sledovať jeho priebeh v čase pomocou farmakokinetických modelov.

Farmakodynamika sa zaoberá tým, ako liečivo pôsobí na organizmus. Molekuly liečiva sa viažu na špecifické cieľové štruktúry, najčastejšie receptory. Ak dôjde k ich aktivácii, spúšťajú sa ďalšie bunkové procesy, ktoré vedú k biologickej odpovedi organizmu. Okrem receptorových mechanizmov existujú aj iné spôsoby účinku liečiv.

Zjednodušene možno povedať, že farmakokinetika opisuje, čo robí organizmus s liečivom, zatiaľ čo farmakodynamika vysvetľuje, čo robí liečivo s organizmom. Vzťahy medzi liečivom a organizmom v týchto dvoch fázach sú znázornené na **Schéme 1**.

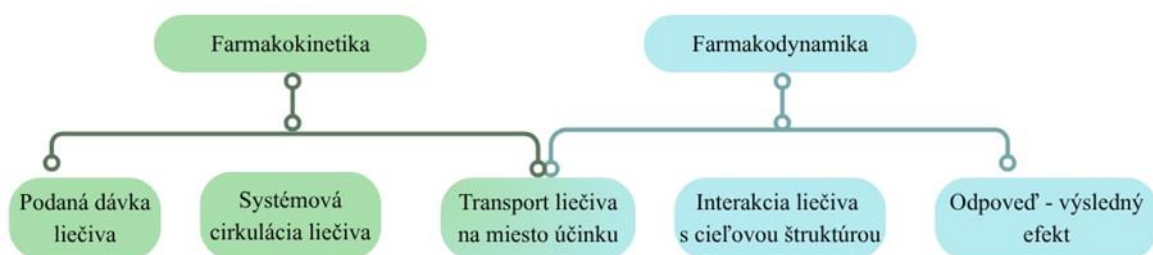


Schéma 1. Vzťahy medzi liečivom a organizmom z hľadiska farmakokinetiky a farmakodynamiky

Účinok liečiva sa najčastejšie chápe ako súbor zmien a dejov, ktoré v organizme nastanú po jeho podaní. Z toho vyplýva, že cieľový systém disponuje určitými vlastnosťami a schopnosťou reagovať na prítomnosť danej látky, teda liečiva.

Molekula liečiva môže na cieľovú štruktúru pôsobiť rôznym spôsobom, buď ako aktivátor (agonista), alebo ako inhibítor (antagonista). Práve táto interakcia určuje výsledný biologický účinok.

Dôsledkom pôsobenia liečiva môžu byť zmeny rýchlosti biochemických reakcií, ktoré sa následne prejavia na funkciách organizmu. Ide napr. o ovplyvnenie svalových kontrakcií, transportu vody a iónov v obličkových tubuloch, sekrécie žliaz (napr. hlienu, žalúdočnej kyseliny, či inzulínu) alebo prenosu nervových vzruchov.

Zvýšenie funkčnej aktivity organizmu sa označuje ako stimulácia, zatiaľ čo jej zníženie sa nazýva inhibícia. Ak dôjde k zvýšeniu aktivity nad fyziologickú úroveň, hovoríme o excitácii (napr. kofeín vo vyšších dávkach stimuluje centrálnu nervovú sústavu a môže vyvolať kŕče). Naopak výrazné zníženie funkcie pod fyziologickú úroveň sa označuje ako paralýza.

3.1 Mechanizmus účinku liečiv

Mechanizmus účinku liečiv na organizmus, spolu so štúdiom ich fyziologických, biochemických a bunkových účinkov, patrí do základnej oblasti farmakológie – farmakodynamiky. Väčšina liečiv pôsobí tak, že ovplyvňuje jednu alebo viac cieľových štruktúr v organizme, pričom výsledkom tejto interakcie je požadovaný terapeutický efekt. V ideálnom prípade by liečivo pôsobilo len na konkrétny patologický proces, avšak v praxi takéto selektívne liečivá neexistujú. Preto majú takmer všetky liečivá okrem hlavného účinku aj vedľajšie účinky, ktoré môžu byť v niektorých prípadoch využiteľné v terapii, no často sú aj nežiaduce.

Základom účinku väčšiny liekov sú špecifické väzbové interakcie s molekulárnymi cieľmi v organizme, pričom najčastejšie ide o proteíny. Menej často sú cieľom aj nebielkovinové štruktúry, napr. nukleové kyseliny, na ktoré sa viažu niektoré cytostatiká. Molekulárny cieľ liečiva predstavuje štruktúru zapojenú do metabolických alebo signálnych procesov, ktorej ovplyvnenie vedie k zmene priebehu ochorenia alebo k zlepšeniu patologického stavu.

Účinné látky spôsobujú zmeny na viacerých úrovniach organizmu – od molekulárnej, cez bunkovú a tkanivovú až po orgánovú úroveň. Typickým znakom špecifických mechanizmov účinku je skutočnosť, že terapeutický efekt sa dosahuje už pri relatívne nízkych koncentráciách liečiva, ktoré sa efektívne viažu na svoj cieľ.

Molekulárne ciele liečiv možno rozdeliť do viacerých skupín:

- receptory (membránové aj vnútrobunkové),
- iónové kanály,
- enzýmy,
- transportné proteíny,
- ďalšie proteíny (napr. cytokíny či koagulačné faktory),
- neproteínové štruktúry (napr. nukleové kyseliny).

Receptorovo sprostredkované účinky liečiv, známe ako receptorová teória, sú základom vysvetlenia mechanizmu účinku mnohých látok. Podľa nej sa liečivo viaže na špecifický receptor, čím vyvoláva biologickú odpoveď organizmu. Receptory sú proteínové štruktúry nachádzajúce sa na povrchu alebo vo vnútri buniek a reagujú na rôzne signálne molekuly, ako sú neurotransmitery, hormóny, či iné chemické látky.

Látka (ligand) sa viaže na receptor a spúšťa bunkovú odpoveď. Táto interakcia môže viesť buď k aktivácii, alebo k blokácii receptora. Agonista napodobňuje prirodzený ligand a aktivuje receptor, zatiaľ čo antagonist bráni jeho aktivácii a tlmí fyziologickú odpoveď.

Podrobnejšia klasifikácia účinku liekov je uvedená na **Schéme 2**:

- *agonista* spôsobuje konformačnú zmenu v mieste pôsobenia, ktorá napodobňuje fyziologický ligand. Miera jeho účinku závisí od afinity k receptoru (sily väzby) a od vnútornej aktivity (schopnosti vyvolať reakciu).
- *čiastočný agonista* má schopnosť aktivovať receptor, ale jeho účinok je menej výrazný než u plného agonistu. Súčasne môže pôsobiť aj antagonisticky tým, že blokuje naviazanie silnejších agonistov.
- *antagonista* sa viaže na miesto pôsobenia, ale nespôsobuje konformačnú zmenu. Jeho úlohou je blokovat' účinky iných agonistov (nulová účinnosť). *Kompetitívny antagonist* predstavuje vytlačenie možnosti liganda alebo agonistu viazať sa na miesto pôsobenia. Medzi typy antagonizmu zaraďujeme aj *reverzibilný kompetitívny antagonizmus*, ktorý je závislý od afinity antagonistu k receptoru. Ak je koncentrácia agonistu vyššia, môže dôjsť k vytlačeniu antagonistu a k obnoveniu aktivity agonistu. Medzi antagonizmy zaraďujeme aj *ireverzibilný kompetitívny antagonizmus*, pri ktorom sa antagonist pevne viaže na receptor a nemôže byť odstránený (nedochádza k disociácii) ani zvýšením koncentrácie agonistu. To vedie k trvalému blokovaníu receptora.

- *inverzný agonista* receptor nielen blokuje (vyvoláva negatívnu reakciu), ale vyvoláva opačný účinok než bežný antagonist.
- *alosterický modulátor* nepriamo ovplyvňuje účinok benzodiazepínov, ktoré sú typickým príkladom. Neviažu sa na miesto účinku, ale môžu spôsobiť zvýšenie (pozitívny alosterický agonista) alebo zníženie (negatívny alosterický antagonist) účinku ligandu alebo agonistu. Tieto negatívne alosterické modulátory môžu byť tiež označované ako nekompetitívne antagonisty.

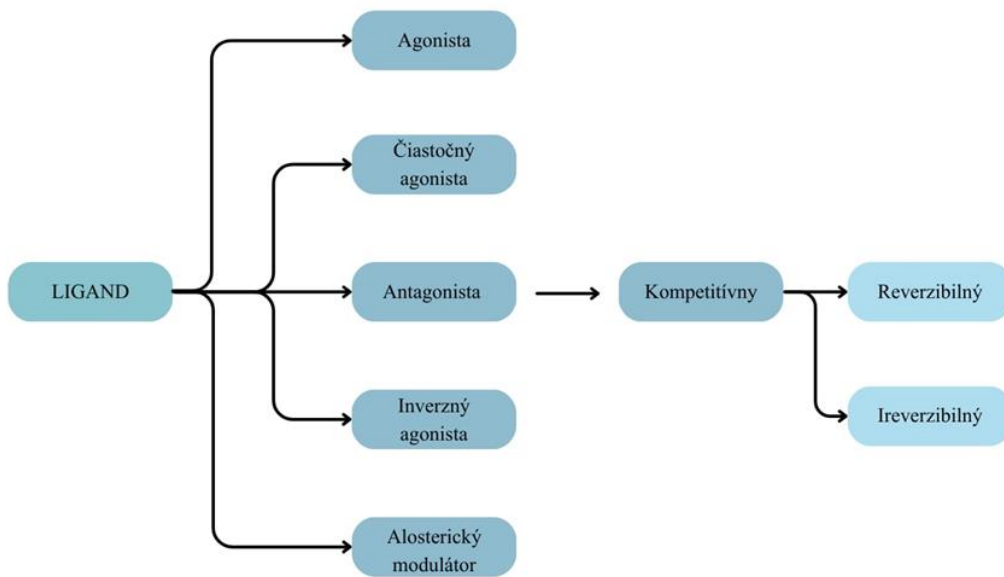


Schéma 2. Klasifikácia účinku liekov

Omnoho menšia časť liečiv, ktoré sú využívané na liečebné účely, pôsobí na organizmus nešpecifickými mechanizmami, ktorých podstatou sú fyzikálno-chemické vlastnosti daného liečiva.

V **Tabuľke 4** uvádzame rozdelenie liečiv na základe ich fyzikálno-chemických vlastností, ktorými nešpecificky ovplyvňujú organizmus.

Tabuľka 4. Príklady liečiv s nešpecifickým mechanizmom účinku (Zdroje: Švihovec a kol., 2018; Kertys, 2021)

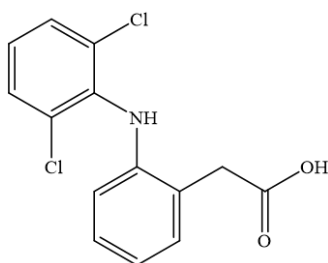
Druh liečiva	Opis a mechanizmus liečiva	Príklad liečiva
Adsorbenciá	Látky s veľkým povrchom, viažu na seba (adsorbujú) liečivá a toxíny. Sú využívané pri črevných infekciách alebo liekových intoxikáciách.	aktívne uhlie, cholestyramín, diosmektit
Adstringenciá	Látky pôsobiace na povrchu slizníc a pokožky zvieravo (vytvárajú kryciu vrstvu – urýchlenie hojenia drobných rán).	repík lekársky, dubová kôra, dusičnan strieborný
Chelátotvorné látky	Látky viažuce molekuly ťažkých kovov za tvorby hydrofilných komplexov (chelátov). Výsledkom je eliminácia ťažkých kovov na biologické štruktúry.	dimerkaprol, deferoxamín, penicilamín
Látky ovplyvňujúce acidobázickú rovnováhu	Látky znižujúce aciditu žalúdka = antacidá, látky acidifikujúce moč a látky na úpravu systémovej poruchy acidobázickej rovnováhy.	hydrotalcit, chlorid amónny, hydrogenuhličitan sodný
Látky s oxido-redukčnými vlastnosťami	Látky zapojené v redukčných reakciách, napr. niektoré antiseptiká, expektoranciá a metyltiónium-chlorid pri liečbe methemoglobinémie.	peroxid vodíka, N-acetylcysteín, metylénová modrá
Látky vyžarujúce žiarenie	Rádionuklidy využívajúce sa na liečbu onkologických ochorení alebo na diagnostické účely.	^{131}I , ^{90}Y , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{123}I
Osmoticky pôsobiace látky	Látky, ktoré nie sú schopné prechádzať cez cytoplazmatickú membránu a účinkujú na mieste podania, napr. osmotické laxatíva alebo diuretiká.	manitol, laktulóza, sorbitol
Surfaktanty	Látky znižujúce povrchové napätie na rozhraní fáz dvoch prostredí = tenzidy. Napr. niektoré antiseptiká alebo lokálne pôsobiace antibiotiká.	benzalkónium-chlorid, tyrotrycín, polymyxíny

Na základe uvedených poznatkov o mechanizmoch účinku liečiv možno tieto princípy ilustrovať na konkrétnom zástupcovi skupiny nesteroidných protizápalových liekov. Typickým a často používaným liečivom s dobre preskúmaným mechanizmom účinku je diklofenak.

Ide o látku, ktorej účinok je založený na inhibícii enzýmov cyklooxygenázy, čím dochádza k zníženiu tvorby prozápalových mediátorov. V dôsledku tohto pôsobenia sa prejavuje jeho protizápalový, analgetický a antipyretický účinok. V nasledujúcej podkapitole bude preto bližšie opísaná jeho základná charakteristika a mechanizmus účinku.

3.2 Diklofenak ako modelové liečivo

Diklofenak bol syntetizovaný v roku 1973 a patrí medzi deriváty kyseliny fenyloctovej (kyselina 2-(2,6-dichlóranilino)fenyloctová) – **Obrázok 5**.



Obrázok 5. Štruktúra liečiva diklofenak

Na trhu sa vyskytuje vo viacerých liekových formách. Najčastejšie ide o dve enterálne soli – diklofenak sodný a diklofenak draselný. Diklofenak draselný je formulovaný tak, aby sa rýchlejšie uvoľňoval a vstrebával v žalúdku, zatiaľ čo diklofenak sodný sa zvyčajne dodáva vo forme tabliet s enterickým obalom, ktoré odolávajú kyslému prostrediu žalúdka a rozpúšťajú sa až v tenkom čreve, konkrétne v dvanástniku.

Okrem perorálnych foriem je diklofenak dostupný aj v lokálnej aplikácii, napr. vo forme gélov (Voltaren® Gel) alebo transdermálnych náplastí (Flector® Patch). Používa sa tiež v parenterálnej forme na intravenóznou alebo intramuskulárnu aplikáciu (napr. Voltarol® ampulky).

Sodná soľ diklofenaku bola prvýkrát uvedená na trh v Japonsku v roku 1974 a následne sa rozšírila do viacerých krajín sveta, kde sa stal jedným z najpoužívanejších nesteroidných protizápalových liekov.

Diklofenak je liečivo schválené FDA, ktoré sa využíva na liečbu akútnej aj chronickej bolesti spojenej so zápalovými ochoreniami, predovšetkým v oblasti pohybového aparátu. Patrí sem najmä osteoartróza, reumatoidná artritída a ankylozujúca spondylitída. Pri lokálnom podaní sa môže použiť aj na liečbu aktinickej keratózy. Okrem toho je schválený aj na oftalmologické použitie, napr. po operácii šedého zákalu, pri bolestiach oka alebo fotofóbií.

Ide o nesteroidné antiflogistikum (NSAID), ktoré zmiernuje príznaky bolesti a zápalu, avšak neovplyvňuje samotnú progresiu chronického poškodenia kĺbov pri ochoreniach, ako sú osteoartróza, či reumatoidná artritída.

Prvýkrát bol v USA schválený v roku 1988 a v súčasnosti patrí medzi často predpisované liečivá, pričom sa ročne vystaví niekoľko miliónov receptov. Dostupný je v rôznych generických aj originálnych prípravkoch, samostatne alebo v kombinácii s inými látkami, napr. s analgetikami alebo gastroprotektívnymi látkami, ako je misoprostol. Celosvetovo tak patrí medzi najpoužívanejšie NSAID.

Rovnako ako ostatné lieky tejto skupiny má analgetický, antipyretický a protizápalový účinok. Jeho mechanizmus účinku spočíva v inhibícii cyklooxygenáz (COX-1 a COX-2), čím sa znižuje tvorba prostaglandínov, prostacyklínov a tromboxánov, ktoré zohrávajú kľúčovú úlohu v zápalovej a bolestivej odpovedi organizmu. Využíva sa aj pri liečbe dysmenorey, kde znižuje tvorbu prostaglandínov prostredníctvom blokády COX enzýmov.

3.2.1 Mechanizmus účinku diklofenaku

Diklofenak pôsobí predovšetkým inhibíciou syntézy prostaglandínov sprostredkovanou cyklooxygenázou.

Mechanizmus účinku diklofenaku je znázornený na **Schéme 3**:

1. *Uvoľňovanie kyseliny arachidónovej* – bolesť, horúčka alebo zápal aktivuje fosfolipázu A₂, čím sa uvoľňuje kyselina arachidónová z fosfolipidov bunkovej membrány.
2. *Enzýmy cyklooxygenázy (COX)* – kyselina arachidónová sa prostredníctvom enzýmov cyklooxygenázy (COX-1 a COX-2) premieňa na prostaglandín H₂.
3. *Inhibícia enzýmov COX* – diklofenak reverzibilne inhibuje COX-1, ale aj COX-2, pričom v terapeutických dávkach vykazuje relatívne vyššiu funkčnú selektivitu voči COX-2.

4. *Znížená syntéza prostaglandínov* – inhibícia enzýmov COX znižuje tvorbu prozápalových prostaglandínov (PGE₂, PGI₂).
5. *Protizápalový účinok* – znížená hladina prostaglandínov vedie k zníženiu vazodilatácie, kapilárnej permeability a senzibilizácie zápalových mediátorov.
6. *Analgetický účinok* – nižšia hladina prostaglandínov znižuje senzibilizáciu periférnych a centrálnych nociceptorov.
7. *Antipyretický účinok* – inhibícia syntézy prostaglandínov v hypotalame znižuje prah horúčky.
8. *Ďalšie účinky* – diklofenak tiež inhibuje migráciu leukocytov a znižuje tvorbu voľných radikálov, čo prispieva k jeho silnej protizápalovej účinnosti.

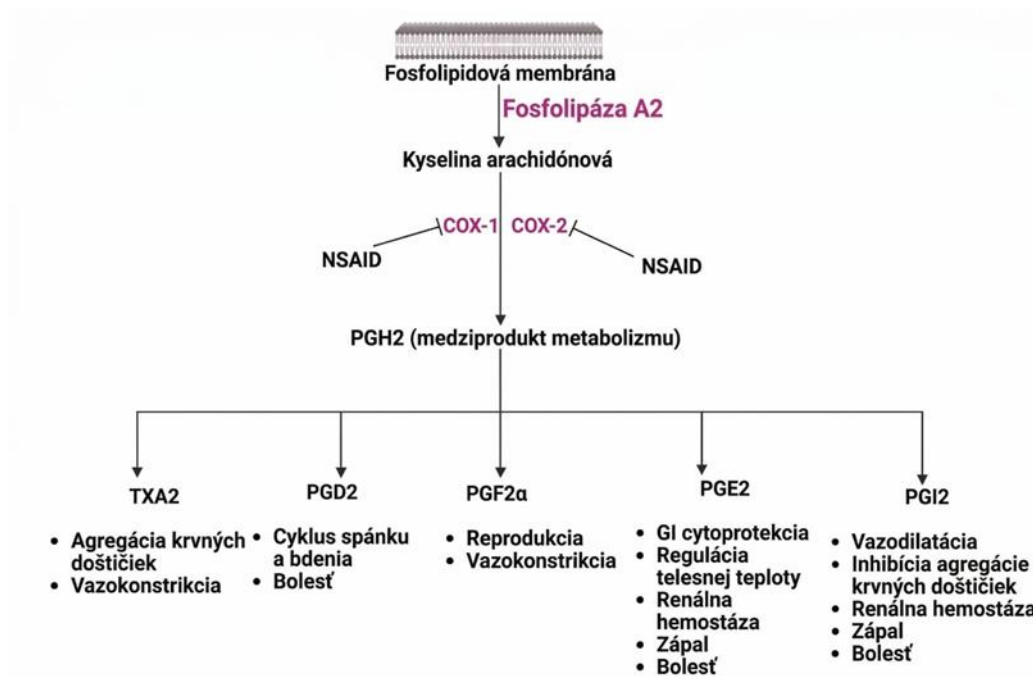


Schéma 3. Mechanizmus účinku diklofenaku (*Zdroje: Ricciotti a FitzGerald, 2011, cit. podľa Sohail et. al., 2023*)

4 Rastlinné liečivá ako zdroj účinných látok

4.1 Význam rastlín v liečbe

Okrem synteticky pripravovaných liečiv zohrávajú v terapii významnú úlohu aj liečivá prírodného pôvodu, predovšetkým rastlinné liečivá. Predstavujú významný zdroj biologicky aktívnych látok, ktoré môžu rôznymi mechanizmami ovplyvňovať fyziologické procesy v organizme. Ide najčastejšie o komplexné zmesi sekundárnych metabolitov rastlín, medzi ktoré patria alkaloidy, flavonoidy, glykozidy, triesloviny, či silice. Tieto látky vykazujú viaceré farmakologické účinky, napr. protizápalové, analgetické, antioxidačné alebo antimikrobiálne pôsobenie.

Rastlinné liečivá majú dlhú históriu využívania v tradičnej medicíne a zároveň si svoje miesto zachovávajú aj v modernej farmakoterapii. Ich význam spočíva najmä v možnosti využitia pri prevencii ochorení aj ako podporná alebo hlavná liečebná zložka pri rôznych patologických stavoch. Výhodou rastlinných prípravkov je často ich komplexné pôsobenie na organizmus, ktoré je výsledkom synergického účinku viacerých účinných látok.

4.2 Bioaktívne látky rastlinného pôvodu

V rastlinách sa prirodzene nachádza široké spektrum prírodných látok. Ide o zlúčeniny, ktoré vznikajú v prírode a ich chemická štruktúra nebola vôbec alebo len minimálne ovplyvnená činnosťou človeka. Tieto látky môžu pochádzať nielen z rastlín, ale aj z húb, živočíchov, či mikroorganizmov. Vďaka rozmanitému chemickému zloženiu majú významné uplatnenie v rôznych vedných odboroch.

Prírodné látky plnia v organizmoch viacero funkcií. V rastlinách sa zvyčajne rozdeľujú do dvoch základných skupín – primárne a sekundárne metabolity – **Schéma 4**.

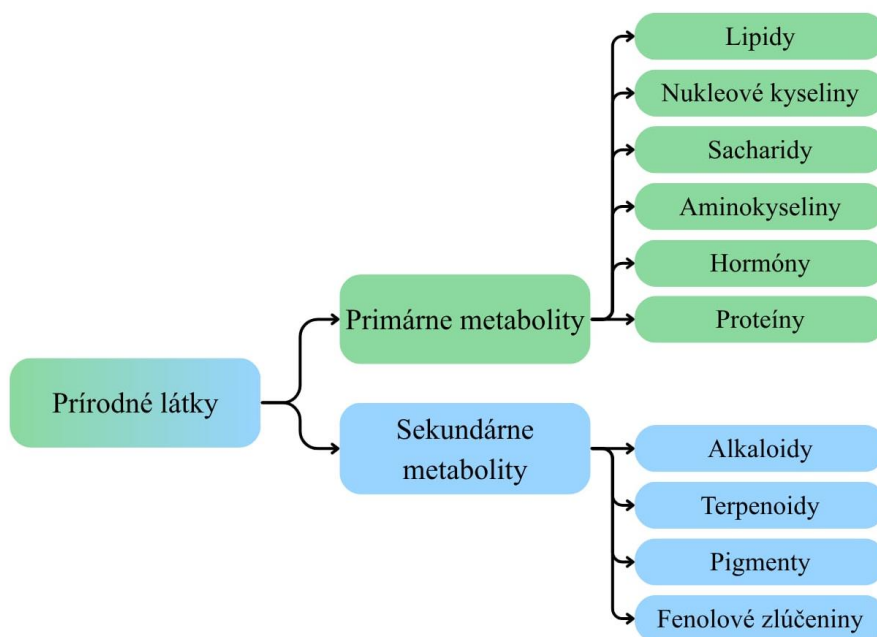


Schéma 4. Rozdelenie prírodných látok v rastlinách

Primárne metabolity predstavujú skupinu látok, ktoré sú nevyhnutné pre základné životné procesy rastliny, ako sú rast, vývoj a reprodukcia. Patria sem napr. hormóny, sacharidy, lipidy, aminokyseliny, nukleové kyseliny a proteíny.

Naopak, sekundárne metabolity sa priamo nepodieľajú na základných životných procesoch, a preto nie sú nevyhnutné pre samotné prežitie rastliny. Napriek tomu majú významné funkcie, napr. podieľajú sa na prispôbovaní stresovým podmienkam, obrane proti patogénom, prilákaní opel'ovačov či komunikácii s inými organizmami. Tieto látky sa často nachádzajú v špecifických orgánoch alebo pletivách a ich účinky môžu byť typické len pre konkrétny druh rastliny.

4.2.1 Primárne metabolity

Primárne metabolity tvoria skupinu organických zlúčenín v rastlinách, ktoré sa priamo podieľajú na základných biologických a funkčných procesoch. Zohrávajú kľúčovú úlohu pri raste, tvorbe energie, rozmnožovaní a zabezpečení základných bunkových funkcií, ako sú stavba buniek, energetický metabolizmus, či uchovávanie a prenos genetickej informácie. Zároveň slúžia ako východiskové látky pre syntézu sekundárnych metabolitov, a preto sú nevyhnutné pre život rastliny.

Medzi najvýznamnejšie primárne metabolity patria:

- sacharidy,
- aminokyseliny, proteíny,
- lipidy,
- nukleové kyseliny.

Do tejto skupiny možno zaradiť aj ďalšie zlúčeniny, ktoré zohrávajú špecifické úlohy v metabolizme a celkovej fyziológii rastlín, napr.:

- organické kyseliny,
- hormóny,
- vitamíny.

Sacharidy

Sacharidy (z gréckeho slova „*sacharon*“, v preklade cukor) sú organické zlúčeniny, ktoré zodpovedajú polyhydroxyaldehydom alebo polyhydroxyketómom. Tvoria významnú časť globálnej biomasy a sú nevyhnutnou súčasťou všetkých živých buniek. Ich hlavným zdrojom sú rastliny, ktoré ich vytvárajú fotosyntézou z anorganických látok.

V organizmoch plnia viaceré dôležité funkcie. Predstavujú hlavný zdroj energie a zásobné látky (škrob u rastlín, glykogén u živočíchov). Niektoré sacharidy (ribóza a deoxyribóza) sú súčasťou nukleových kyselín DNA a RNA. Podieľajú sa aj na tvorbe ATP, koenzýmov a bunkových štruktúr, ako sú bunkové steny (celulóza, chitín). Dôležité sú aj pri bunkovej komunikácii vo forme glykolipidov a glykoproteínov.

Podľa funkčnej skupiny sa delia na:

- aldózy (obsahujú aldehydovú skupinu),
- ketózy (obsahujú ketónovú skupinu).

Podľa zložitosti sa sacharidy delia na:

- monosacharidy (jednoduché cukry),
- oligosacharidy (2 – 10 jednotiek),
- polysacharidy (viac ako 10 jednotiek).

Monosacharidy sú dobre rozpustné vo vode a často majú sladkú chuť. V prírode sa vyskytujú najmä v D-forme a môžu tvoriť cyklické štruktúry. Najdôležitejšie monosacharidy sú glukóza, fruktóza, ribóza a deoxyribóza.

Oligosacharidy a polysacharidy majú významné biologické funkcie, vrátane energetických, štruktúrnych a regulačných.

Polysacharidy môžu byť:

- homopolysacharidy (napr. škrob, glykogén, celulóza),
- heteropolysacharidy (zložené z rôznych monosacharidov, často viazané na bielkoviny alebo lipidy).

Polysacharidy majú dôležitý význam v rastlinách, živočíchoch aj mikroorganizmoch a nachádzajú uplatnenie aj v medicíne a biotechnológiách.

Aminokyseliny a proteíny

Aminokyseliny sú prírodné organické kyseliny, ktoré patria medzi deriváty karboxylových kyselín. Obsahujú karboxylovú skupinu (-COOH) a aminoskupinu (-NH₂) viazanú najčastejšie na α -uhlík. Môžu obsahovať aj ďalšie funkčné skupiny, napr. hydroxylovú alebo tiolovú.

Aminokyseliny sú kryštalické látky s polárnym charakterom, preto sa dobre rozpúšťajú vo vode, ale zle rozpustné v nepolárnych rozpúšťadlách. Väčšina z nich je chirálna a existuje vo forme L- a D-izomérov (okrem glycínu).

Aminokyseliny sú základnými stavebnými jednotkami bielkovín. Vzájomne sa spájajú peptidovou väzbou a vytvárajú peptidy a proteíny. V prírode existujú stovky aminokyselín, no len 20 proteinogénnych tvorí bielkoviny. Niektoré aminokyseliny sú esenciálne, čo znamená, že si ich organizmus nedokáže syntetizovať a musí ich prijímať potravou.

Okrem proteinogénnych aminokyselín existujú aj biologicky významné nebielkovinové aminokyseliny, napr. GABA (neurotransmitter), homocysteín (spájaný so srdcovými ochoreniami) alebo tyroxín (hormón štítnej žľazy).

Lipidy

Lipidy sú estery vyšších karboxylových kyselín a alkoholov. Ide o rôznorodú skupinu látok, ktoré sa dobre rozpúšťajú v organických rozpúšťadlách, ale vo vode sú nerozpustné alebo len slabo rozpustné. Majú nízku teplotu topenia.

V organizmoch plnia viacero dôležitých funkcií. Sú súčasťou bunkových membrán, slúžia ako zásobná forma energie a chránia telo pred stratou tepla aj mechanickým poškodením. Podieľajú sa aj na izolácii nervových vlákien. Zároveň umožňujú rozpúšťanie inak vo vode nerozpustných látok, ako sú niektoré vitamíny, hormóny, či liečivá.

Mastné kyseliny sú karboxylové kyseliny s dlhým uhlíkovým reťazcom, ktoré tvoria základ lipidov. Voľne sa v prírode vyskytujú zriedkavo, častejšie sú viazané v esteroch. Existujú nasýtené a nenasýtené mastné kyseliny, pričom väčšina z nich je nenasýtená – **Tabuľka 5**. S rastúcim počtom dvojitých väzieb klesá ich teplota topenia. Niektoré baktérie produkujú mastné kyseliny s cyklickými štruktúrami.

Tabuľka 5. Prehľad vybraných mastných kyselín (*Zdroj: Pančík, 2016*)

Nasýtené mastné kyseliny		
Počet atómov C : = väzby	Názov kyselina	Vzorec
12:0	laurová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$
14:0	myristová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$
16:0	palmitová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
18:0	stearová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
20:0	arachidová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$
22:0	behenová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$
24:0	lignocerová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$
Nenasýtené mastné kyseliny		
Počet atómov C : = väzby	Názov kyselina	Vzorec
16:1	palmitoolejová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
18:1	olejová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
18:2	linolová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$
18:3	linolénová	$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$
20:4	arachidonová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
24:1	nervonová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{13}\text{COOH}$

Nukleové kyseliny

Nukleové kyseliny sú biologické makromolekuly, ktoré nesú a prenášajú genetickú informáciu v bunkách. Tvoria ich nukleotidy, ktoré sú základnými stavebnými jednotkami. Každý nukleotid sa skladá z dusíkatej bázy, pentózy (ribóza alebo deoxyribóza) a fosfátovej skupiny. Podľa typu cukru sa nukleové kyseliny delia na DNA (deoxyribonukleová kyselina) a RNA (ribonukleová kyselina). Dusíkaté bázy sa delia na purínové (adenín, guanín) a pyrimidínové (cytozín, tymín v DNA a uracil v RNA).

DNA je nositeľom genetickej informácie a jej štruktúra je tvorená dvojitou špirálou. RNA sa podieľa na prenose a realizácii genetickej informácie pri syntéze bielkovín. Nukleové kyseliny sú nevyhnutné pre uchovanie, prenos a realizáciu genetickej informácie v živých organizmoch.

Organické kyseliny

Organické kyseliny sú organické zlúčeniny, ktoré obsahujú jednu alebo viac karboxylových skupín (-COOH). Vyznačujú sa kyslými vlastnosťami, pretože vo vodnom roztoku uvoľňujú protón (H^+).

Patria sem najmä karboxylové kyseliny, ktoré sa vyskytujú v prírode vo voľnej forme alebo ako súčasť zložitejších látok. Mnohé organické kyseliny majú dôležitý biologický význam a sú súčasťou metabolických procesov v bunkách.

Podľa počtu karboxylových skupín sa delia na monokarboxylové (napr. kyselina octová) a viackarboxylové kyseliny (napr. kyselina citrónová). Niektoré organické kyseliny sa využívajú aj v potravinárstve, farmácii a priemysle.

Hormóny

Hormóny sú biologicky aktívne látky, ktoré slúžia na prenos signálov v organizme a regulujú činnosť buniek, tkanív a orgánov. Vylučujú sa endokrinnými žľazami priamo do krvi, prostredníctvom ktorej sa dostávajú k cieľovým bunkám.

Pôsobia vo veľmi nízkych koncentráciách, no majú silný regulačný účinok. Riadia dôležité procesy v organizme, ako je rast, metabolizmus, rozmnožovanie, či reakcia na stres. Podľa chemickej povahy sa delia na hormóny bielkovinové (peptidové), steroidné a deriváty aminokyselín. Ich účinok je špecifický, pretože pôsobia iba na bunky, ktoré majú príslušné receptory.

Vitamíny

Vitamíny sú esenciálne organické látky, ktoré organizmus potrebuje v malých množstvách na správne fungovanie metabolizmu. Väčšinu z nich si ľudské telo nedokáže syntetizovať, a preto musia byť prijímané potravou.

Plnia najmä regulačnú funkciu. Pôsobia ako súčasť enzýmov alebo sa podieľajú na ich aktivácii. Ovplyvňujú rast, imunitu, zrak, nervovú činnosť a ďalšie životne dôležité procesy.

Podľa rozpustnosti sa delia na:

- v tukoch rozpustné vitamíny (A, D, E, K),
- vo vode rozpustné vitamíny (vitamíny skupiny B a vitamín C).

Ich nedostatok spôsobuje hypovitaminózu až avitaminózu. Ich nadbytok najmä pri vitamínoch rozpustných v tukoch môže byť toxický.

4.2.2 Sekundárne metabolity

Sekundárne metabolity rastlín predstavujú organické zlúčeniny, ktoré sa uplatňujú najmä v obranných mechanizmoch a pri zvyšovaní odolnosti rastlín voči nepriaznivým podmienkam.

Podľa chemickej štruktúry a prítomných funkčných skupín ich možno rozdeliť do viacerých skupín:

- alkaloidy,
- flavonoidy,
- polyfenoly,
- terpenoidy,
- rastlinné pigmenty (napr. chlorofyly, karotenoidy).

Alkaloidy

Alkaloidy tvoria rozsiahlu skupinu prírodných dusíkatých organických zlúčenín, ktoré sa vyznačujú zásaditou povahou a výraznou biologickou aktivitou. Ich názov je odvodený od arabského slova „*al-qali*“, označujúceho zásadu.

Doteraz bolo identifikovaných viac ako 20 000 alkaloidov v rastlinách, hubách a mikroorganizmoch. Spoločným znakom týchto látok je schopnosť interagovať s biologickými receptormi v organizmoch živočíchov a človeka, čo podmieňuje ich významné farmakologické aj toxikologické účinky. Niektoré alkaloidy zároveň pôsobia ako antioxidanty, keďže dokážu zachytávať voľné radikály alebo ovplyvňovať oxidačné reakcie.

Alkaloidy sa využívajú v liečiteľstve už tisíce rokov. Ich klasifikácia môže byť založená na rôznych kritériách, najčastejšie však vychádza z chemickej štruktúry, konkrétne z typu uhlíkovo-dusíkovej kostry. Typicky obsahujú heterocyklický kruh s jedným alebo viacerými atómami dusíka, pričom okrem uhlíka, vodíka a dusíka môžu obsahovať aj ďalšie prvky, ako napr. kyslík, či síru. Na základe štruktúry sa rozdeľujú na organické amíny, diterpenoidy, pyridíny, izochinolíny, indoly, pyrolidíny, steroidné alkaloidy, imidazoly a puríny.

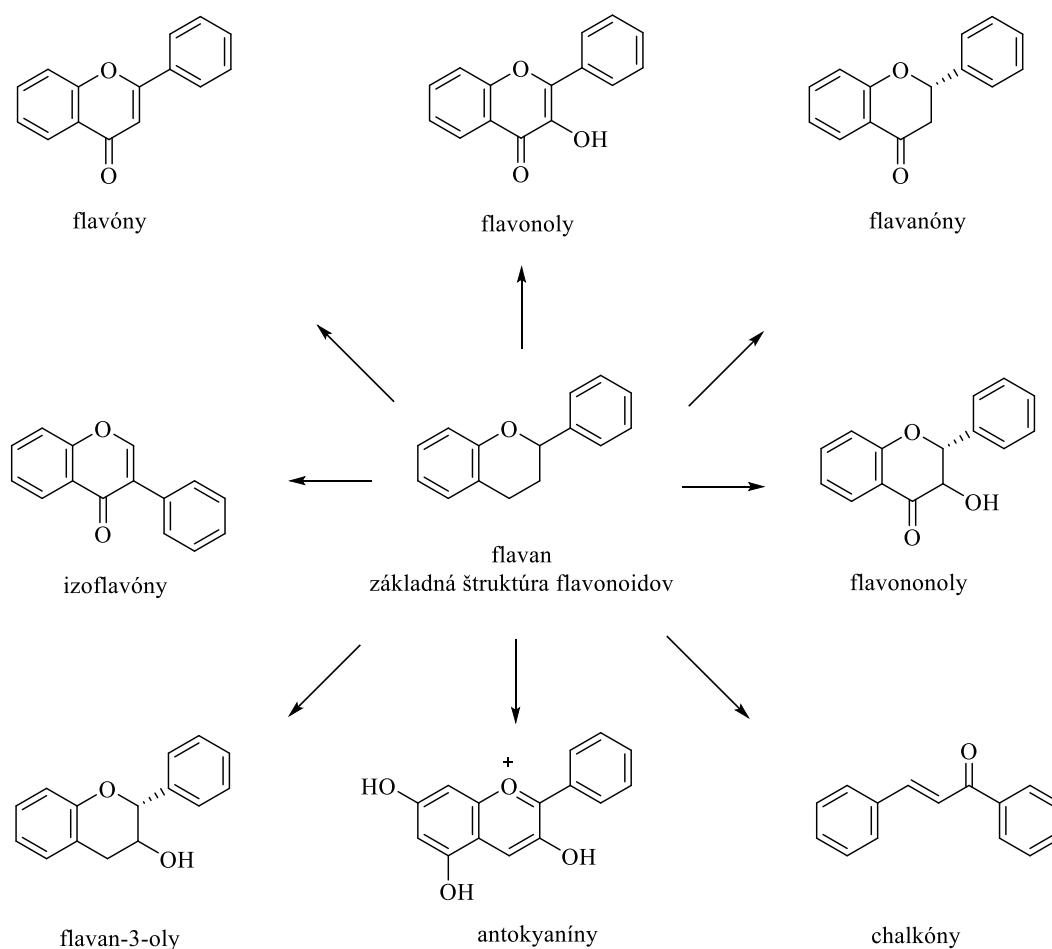
V rastlinách sa alkaloidy nachádzajú v rôznych častiach: v listoch, plodoch, kôre, semenách, koreňoch, podzemkoch aj stonkách. Vo všeobecnosti ide o látky s toxickými vlastnosťami, ktoré však v malých množstvách môžu mať priaznivé fyziologické účinky.

Flavonoidy

Medzi najvýznamnejšie a najviac zastúpené sekundárne metabolity patria flavonoidy. Ide o polyfenolové zlúčeniny rastlinného pôvodu. Ich chemická štruktúra je založená na flavónovom skelete C₆–C₃–C₆, ktorý pozostáva z dvoch aromatických kruhov prepojených trojuhlíkatým mostíkom. Doposiaľ bolo izolovaných a identifikovaných viac ako 10 000 flavonoidov (**Obrázok 6**).

Flavonoidy možno rozdeliť do viacerých podskupín:

- flavóny,
- flavonoly,
- flavanóny,
- flavan-3-oly (katechíny),
- izoflavóny,
- antokyány.



Obrázok 6. Štruktúra flavonoidov

Polyfenoly

Polyfenoly predstavujú veľmi rozmanitú skupinu sekundárnych metabolitov rastlinného pôvodu, ktoré sa prirodzene vyskytujú v prírode. Ich chemická štruktúra je tvorená jedným alebo viacerými aromatickými kruhmi, na ktoré sú naviazané hydroxylové skupiny, čím vznikajú tzv. fenolové jednotky. V rastlinách sa často nachádzajú v konjugovanej forme, pričom cukrové zvyšky sa zvyčajne viažu na hydroxylové skupiny, čo zvyšuje ich rozpustnosť a biologickú dostupnosť. V niektorých prípadoch môže byť cukor priamo naviazaný na aromatické jadro.

Doteraz bolo v rastlinách identifikovaných viac ako 8 000 rôznych polyfenolových zlúčenín. Keďže ide o jednu z najrozšírenejších skupín fytochemikálií, delia sa na štyri základné podskupiny podľa usporiadania aromatických kruhov a typu väzieb:

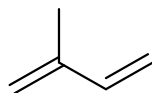
- flavonoidy,
- fenolové kyseliny,
- stilbény,
- lignany.

Terpenoidy

Terpenoidy, nazývané aj terpény, predstavujú jednu z najrozsiahlejších skupín prírodných sekundárnych metabolitov, ktoré sa vyskytujú v rastlinách, hubách aj mikroorganizmoch. V minulosti sa pojem terpén používal pre cyklické uhľovodíky s molekulovým vzorcom $C_{10}H_{16}$, ktoré boli izolované z éterických olejov rastlín.

V rastlinách majú terpenoidy viacero funkcií. Podieľajú sa na tvorbe vône, chránia rastliny pred herbivormi, môžu fungovať ako pigmenty a zároveň sa uplatňujú ako rastlinné regulačné látky. Charakteristická je pre ne mimoriadna štruktúrna rozmanitosť.

Základnou stavebnou jednotkou terpenoidov je izoprénová jednotka (2-metylbuta-1,3-dién, C_5H_8) – **Obrázok 7**.



Obrázok 7. Štruktúra izoprénu

Izoprénová jednotka sa v terpenoidoch usporadúva do lineárnych aj cyklických štruktúr v súlade s izoprénovým pravidlom, ktoré hovorí, že terpenoidy sú tvorené jednou alebo viacerými izoprénovými jednotkami. Každá takáto jednotka sa skladá z „hlavy“ a „chvosta“.

Jednotky sa môžu navzájom spájať viacerými spôsobmi, pričom rozlišujeme tri základné typy väzieb: hlava–hlava, chvost–chvost a najčastejšie chvost–hlava. Práve posledný spôsob je považovaný za najbežnejší a najtypickejší pre tvorbu terpenoidných štruktúr. Ich klasifikácia podľa počtu izoprénových jednotiek je uvedená v **Tabuľke 6**.

Tabuľka 6. Klasifikácia terpenoidov (*Zdroj: Khanam et al., 2025*)

Typ terpénu	Počet izoprénových jednotiek	Počet uhlíkov a vodíkov	Príklad
hemiterpén	1	C ₅ H ₈	izoprén
monoterpény	2	C ₁₀ H ₁₆	limonén
seskviterpény	3	C ₁₅ H ₂₄	humulén
diterpény	4	C ₂₀ H ₃₂	kaurén
sesterpény	5	C ₂₅ H ₄₀	geranyl-farnesén
triterpény	6	C ₃₀ H ₄₈	squalén
tetraterpény	8	C ₄₀ H ₆₄	β -karotén, lykopén
polyterpény	> 8	(C ₅ H ₈) _n	kaučuk, gutaperča

Rastlinné pigmenty

Rastlinné pigmenty zohrávajú kľúčovú úlohu v živote rastlín, pretože sa podieľajú nielen na ich sfarbení, ale aj na chuti, vôni a biologickej hodnote. Okrem estetickej funkcie majú aj významný fyziologický a ochranný význam. Mnohé z nich pôsobia ako antioxidanty, čím pomáhajú neutralizovať voľné radikály a chránia bunky rastliny pred poškodením.

Dôležitou funkciou pigmentov je aj ochrana rastliny pred nepriaznivými podmienkami prostredia, ako je silné slnečné žiarenie, sucho, nízke teploty, či napadnutie škodcami a patogénmi. Niektoré pigmenty dokážu absorbovať nadbytočné svetlo a zabrániť tak poškodeniu fotosyntetického aparátu, iné zas odpudzujú herbivory alebo lákajú opeľovače svojimi výraznými farbami.

Medzi najznámejšie rastlinné pigmenty patria chlorofyly (chlorofyl *a* a chlorofyl *b*), ktoré sú nevyhnutné pre proces fotosyntézy, pri ktorom rastliny premieňajú svetelnú energiu na chemickú. Karotenoidy sú zodpovedné za žlté, oranžové až červené sfarbenie a zároveň chránia bunky pred oxidačným stresom. Antokyány dávajú rastlinám červené, fialové a modré odtiene a ich tvorba sa často zvyšuje pri stresových podmienkach, čím prispievajú k ochrane rastliny.

Celkovo možno povedať, že rastlinné pigmenty sú nevyhnutné nielen pre prežitie rastlín, ale majú význam aj pre človeka, keďže ovplyvňujú kvalitu potravín a prispievajú k zdraviu vďaka svojim antioxidantným vlastnostiam.

4.3 Vybrané liečivé rastliny a ich účinky

4.3.1 Kurkuma a jej účinné látky

Kurkuma (z angl. „*turmeric*“) je trváca bylina dorastajúca do výšky približne 1 m, ktorá patrí do čeľade d'umbierovitých. Charakteristické sú pre ňu hľuznaté podzemky s dĺžkou približne 2,5 až 7,5 cm, ktoré sa tradične využívajú ako korenie, prírodné farbivo na textil a taktiež v medicíne ako aromaticky pôsobiaca látka. Pôvodom pochádza z južnej Indie a Indonézie, pričom v súčasnosti sa pestuje v tropických oblastiach Ázie, najmä v Indii, ktorá je jej najväčším producentom.

Podzemok kurkumy má výraznú korenistú arómu, mierne horkú a hrejivú chuť a zároveň sa vyznačuje silnou schopnosťou sfarbovať do žlto-oranžového odtieňa. Práve táto vlastnosť je spôsobená obsahom kurkumínoidov, ktoré patria medzi hlavné biologicky aktívne zlúčeniny rastliny (**Obrázok 8**).



Obrázok 8. Kurkuma pravá (Zdroje: Herbar Albumy, 2011; Herbal Reality, 2020)

Medzi najvýznamnejšie účinné látky kurkumy patria polyfenolové zlúčeniny označované ako kurkumínoidy, najmä kurkumín, demetokurkumín a bisdemetokurkumín. Tieto látky sú zodpovedné za väčšinu jej biologických účinkov. Kurkumín je považovaný za hlavnú aktívnu zložku, ktorá vykazuje výrazné protizápalové, antioxidačné, antimikrobiálne a potenciálne aj antikarcinogénne účinky.

Mechanizmus účinku kurkumínu je spojený najmä s ovplyvnením viacerých signálnych dráh v organizme. Pôsobí inhibične na enzýmy zapojené do zápalovej odpovede, ako sú cyklooxygenáza a lipoxigenáza, čím dochádza k zníženej tvorbe prozápalových mediátorov.

Zároveň ovplyvňuje expresiu transkripčných faktorov, ktoré regulujú zápalové procesy a oxidatívny stres v bunkách.

Vďaka týmto vlastnostiam je kurkuma tradične využívaná pri podpore liečby zápalových ochorení, ochorení pohybového aparátu, porúch trávenia a ako doplnok pri rôznych chronických ochoreniach. V súčasnosti je predmetom intenzívneho výskumu, ktorý potvrdzuje jej významný terapeutický potenciál v modernej fytoterapii.

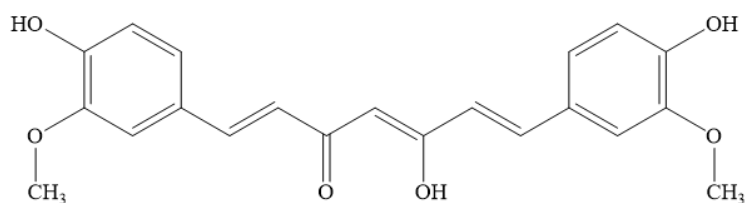
4.3.1.1 Kurkumín a jeho biologické účinky

Sýto žlté sfarbenie kurkumy je spôsobené najmä prítomnosťou polyfenolových pigmentov rozpustných v tukoch, ktoré sa označujú ako kurkuminoidy. Hlavnou biologicky aktívnou zložkou je kurkumín, ktorý je považovaný za kľúčovú látku zodpovednú za väčšinu účinkov kurkumy. Okrem neho sa v rastline nachádzajú aj ďalšie príbuzné zlúčeniny, a to demetoxykurkumín a bisdemetoxykurkumín. Ich zastúpenie v surovej droge sa líši, pričom kurkumín tvorí približne 60 – 80 %, demetoxykurkumín 15 – 30 % a bisdemetoxykurkumín 2 – 6 % celkového obsahu kurkuminoidov.

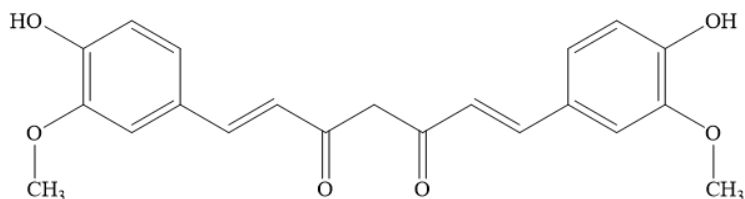
Okrem kulinárskeho využitia ako korenia a prírodného farbiva má kurkuma dlhú históriu využívania v tradičnej medicíne, najmä v oblasti indickej ajurvédy. V posledných desaťročiach sa vedecký záujem o túto rastlinu výrazne zvýšil, najmä v súvislosti s preukázanými biologickými účinkami kurkumínu, medzi ktoré patria protizápalové a potenciálne aj protinádorové vlastnosti, čo otvára jeho využitie v prevencii a podpore liečby viacerých ochorení.

Podzemky kurkumy sa tradične používajú pri rôznych zdravotných ťažkostiach, najmä ako podporný prostriedok pri poruchách trávenia, na „očistu krvi“ a pri ochoreniach pečene a žľazových ciest. V ľudovom liečiteľstve sa využíva aj pri artritíde, svalových bolestiach, respiračných ochoreniach, kašli, bronchitíde, astme, ako aj pri kožných problémoch a infekciách. V kombinácii s teplým mliekom sa často používa ako podporný prostriedok pri prechladnutí. Rôzne formy extraktov z podzemkov sa aplikujú aj na kožné a očné infekcie.

Z farmakologického hľadiska vykazuje kurkuma široké spektrum biologických účinkov. Kurkumín (**Obrázok 9**) je spájaný s antioxidantným, protizápalovým, antibakteriálnym, antifungálnym, antivírusovým, antidiabetickým a hepatoprotektívnym pôsobením. Okrem toho boli popísané aj jeho kardioprotektívne, imunomodulačné a potenciálne protinádorové vlastnosti. Vďaka tomuto širokému spektru účinkov patrí kurkuma medzi významné rastlinné zdroje biologicky aktívnych látok využívaných vo fytoterapii.



Enol forma



Keto forma

Obrázok 9. Štruktúra kurkumínu

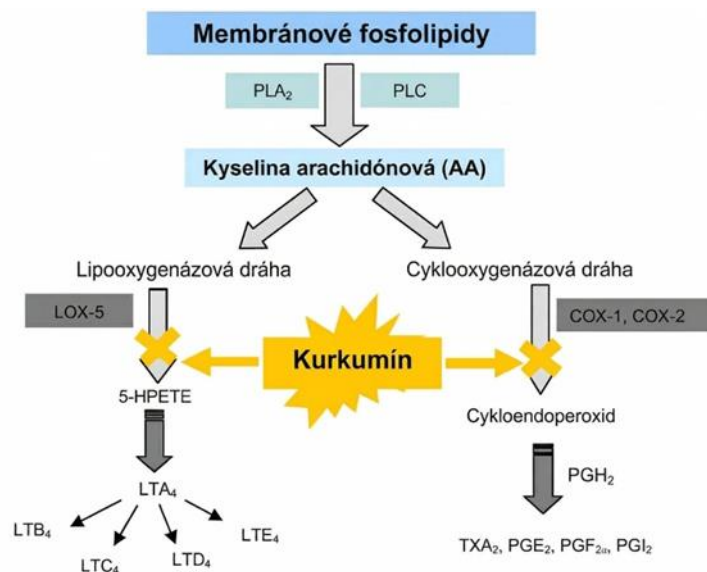
Kurkumín je prírodná zlúčenina, ktorá vykazuje obrovský potenciál pri liečbe rôznych chronických ochorení. Jeho kľúčový terapeutický význam spočíva v schopnosti efektívne ovplyvňovať bunkové signálne dráhy a potláčať oxidačný stres. Jedným z jeho hlavných mechanizmov je vplyv na metabolizmus kyseliny arachidónovej, ktorý priamo reguluje vznik zápalu.

Metabolizmus kyseliny arachidónovej pozostáva z dvoch dobre známych dráh: cyklooxygenázovej (COX) a lipooxygenázovej (LOX) dráhy. Cyklooxygenáza je kľúčový enzým zapojený do dráhy COX, ktorý premieňa kyselinu arachidónovú na prostaglandíny a tromboxány. Existujú dva izozýmy COX, a to COX-1 a COX-2. COX-1 je konštitutívna izoforma exprimovaná vo väčšine tkanív. Inhibícia vedie k nežiaducim účinkom, ako sú žalúdočné vredy alebo zhoršenie prietoku krvi obličkami. Naopak, COX-2 je indukovateľná v miestach zápalu pomocou cytokínov a intracelulárnych signálov. Môže byť tiež indukovaná v rôznych normálnych tkanivách hormónmi ovulácie a tehotenstva, rastovými faktormi, onkogénmi a nádorovými promotormi. COX-2 je konštitutívne exprimovaná iba v tkanive mozgu a miechy. Nadmerná expresia COX-2 sa spája s karcinogéznou mnohých nádorov, ako napr. v hrubom čreve, konečníku, prsníku, hlave a krku, pľúcach, pankrease, žalúdku a prostate.

Ukázalo sa, že kurkumín je schopný inhibovať indukciu génovej expresie COX-2 v epiteliálnych bunkách ústnej dutiny a hrubého čreva. Jedným z predpokladaných mechanizmov tzv. downregulácie COX-2 je inhibícia aktivity signalizačného komplexu I κ K, ktorý je zodpovedný za fosforyláciu I κ B a následne za aktiváciu transkripčného faktora NF- κ B.

Mechanizmus účinku je znázornený na **Schéme 5**:

1. *Aktivácia zápalu a NF- κ B*: V bunkách postihnutých zápalom alebo nádorovým procesom dochádza k aktivácii signalizačného komplexu I κ K. Tento komplex následne zabezpečuje fosforyláciu inhibičného proteínu I κ B, čo vedie k jeho degradácii a uvoľneniu transkripčného faktora NF- κ B.
2. *Vstup do jadra a expresia génov*: Aktivovaný NF- κ B následne prechádza do jadra bunky, kde spúšťa expresiu prozápalových génov, ako sú COX-2 (cyklooxygenáza-2).
3. *Produkcia zápalových látok*: Enzým COX-2 následne v dráhe kyseliny arachidónovej katalyzuje premenu kyseliny na prozápalové prostaglandíny (napr. PGE₂, ktoré udržiavajú zápal a podporujú prežívanie, či delenie nádorových buniek).
4. *Intervencia kurkumínu*: Kurkumín vstupuje do tohto procesu tým, že inhibuje aktivitu komplexu I κ K. Tým znemožní fosforyláciu proteínu I κ B, čím "zamkne" NF- κ B v neaktívnom stave v cytoplazme bunky.
5. *Zastavenie zápalovej reťazovej reakcie*: V dôsledku blokovania NF- κ B nedochádza k expresii génu pre COX-2. Zníženie hladiny proteínu COX-2 vedie k poklesu produkcie PGE₂.
6. *Výsledný efekt*: Potlačením týchto dráh kurkumín narúša komunikáciu medzi malígnymi bunkami a ich okolím, znižuje zápalovú odpoveď a u nádorových buniek, ktoré sú na týchto dráhach závislé, úspešne vyvoláva apoptózu (programovanú bunkovú smrť).



COX: Cyklooxygenáza; HPETE: Hydroperoxyeikozatetraenoát; LOX: Lipoxygenáza; LT: Leukotrién; PL: Fosfolipáza; PG: Prostaglandín; TX: tromboxán.

Schéma 5. Mechanizmus účinku kurkumínu (*Zdroj: Basnet a Skalko-Basnet, 2011*)

4.3.2 Vrbá ako prírodný zdroj analgetík

Zástupcovia čeľade vrbovité (*Salicaceae*) zahŕňajú dreviny vo forme stromov a krov, ktoré sú rozšírené takmer po celom svete, od tropických oblastí až po chladné polárne regióny. Vďaka tejto adaptabilite zohrávajú významnú úlohu v rôznych ekosystémoch, kde poskytujú potravu a útočisko pre mnohé druhy živočíchov a zároveň tvoria dôležitú súčasť lesných spoločenstiev.

Z farmakologického hľadiska je táto čeľaď významná najmä vďaka produkcii sekundárnych rastlinných metabolitov. Ide o biologicky aktívne zlúčeniny, ktoré vznikajú z produktov primárneho metabolizmu rastlín a podieľajú sa na obranných mechanizmoch rastlín. V prípade vrby ide najmä o salicylové zlúčeniny, ktoré majú zásadný význam pre farmáciu.

Najdôležitejšou látkou tejto skupiny je salicín, ktorý sa nachádza predovšetkým v kôre vrby. V organizme sa metabolicky premieňa na kyselinu salicylovú, ktorá vykazuje analgetické, antipyretické a protizápalové účinky. Práve táto skutočnosť je základom historického aj moderného využitia vrby ako prírodného zdroja liečiv s účinkom proti bolesti a zápalu. Z chemického hľadiska sú salicylové deriváty považované za predchodcov kyseliny acetylsalicylovej (aspirínu), jedného z najrozšírejších liekov súčasnosti.

Z ekonomického a ekologického hľadiska majú niektoré druhy vrb a príbuzných drevín aj ďalšie využitie, napríklad ako zdroj drevnej hmoty, celulózy alebo biomasy. Rod *Salix* zahŕňa množstvo druhov, ktoré sa líšia veľkosťou aj ekologickými nárokmi, pričom spoločným znakom je schopnosť rásť vo vlhkých stanovištiach.

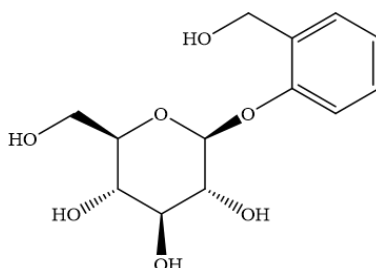
Vrba biela (*Salix alba*) sa prirodzene vyskytuje v Európe, Ázii a severnej Afrike. Ide o rýchlorastúci strom dosahujúci výšku až približne 30 metrov, ktorý preferuje vlhké pôdy v blízkosti vodných tokov. Charakteristické sú pre ňu úzke kopijovité listy a hlboko rozbrázdnená kôra sivej až hnedosivej farby. Práve kôra je hlavným zdrojom biologicky aktívnych salicylových zlúčenín.

Vďaka obsahu týchto látok predstavuje vrba prirodzený zdroj analgeticky a protizápalovo pôsobiacich zlúčenín, ktoré boli historicky využívané v tradičnej medicíne a stali sa základom pre vývoj moderných nesteroidných antiflogistík.

4.3.2.1 Salicín a jeho účinok v organizme

Salicín, ktorý patrí medzi deriváty kyseliny salicylovej a predstavuje hlavnú biologicky aktívnu zložku v kôre vrby, bol izolovaný už v roku 1828. Viaceré výskumy poukazujú na to, že rastlinné prípravky z vrbovej kôry sú pacientmi často lepšie tolerované v porovnaní so syntetickými derivátmi kyseliny salicylovej. Z tohto dôvodu sa vrbová kôra (najmä zo *Salix alba*) stala prirodzenou alternatívou k aspirínu v rámci tradičnej aj doplnkovej liečby.

Vrba biela predstavuje jeden z najvýznamnejších prírodných zdrojov salicínu, ktorý je chemicky označovaný ako alkoholický β -glukozid (**Obrázok 10**). Po perorálnom podaní sa táto látka pomerne dobre vstrebáva v gastrointestinálnom trakte, kde podlieha enzymatickej hydrolýze na D-glukózu a salicylový alkohol (saligenín). Ten je následne v pečeni oxidovaný na kyselinu salicylovú, ktorá je zodpovedná za výsledný terapeutický účinok.



Obrázok 10. Štruktúra salicínu

Na rozdiel od priameho podania kyseliny acetylsalicylovej prebieha tento proces postupne, čo môže znižovať riziko podráždenia žalúdočnej sliznice a prispievať k lepšej gastrointestinálnej tolerancii rastlinných prípravkov.

Extrakt z vrbovej kôry sa využíva v tradičnej medicíne už tisíce rokov, predovšetkým pre svoje antipyretické, analgetické a protizápalové účinky. Historické záznamy naznačujú, že vrba biela bola známa už v starovekej Mezopotámii približne pred 6000 rokmi. Hippokrates odporúčal jej použitie pacientom trpiacim horúčkou, bolesťou a zápalovými stavmi, pričom sa v tom období často používala forma žuvania kôry.

V súčasnosti sa prípravky z vrbovej kôry využívajú najmä pri rôznych typoch bolesti, ako sú reumatické bolesti, bolesti chrbta, zubov či menštruačné kŕče. Uplatňujú sa aj pri zmiernení horúčky, bolesti hrdla, hlavy a pri príznakoch chrípky.

Za tieto účinky je zodpovedný najmä salicín, ktorý pôsobí ako prirodzený neselektívny inhibítor enzýmov cyklooxygenázy COX-1 a COX-2. Tým dochádza k zníženiu tvorby prostaglandínov, ktoré sa podieľajú na vzniku bolesti, horúčky a zápalu.

Vďaka svojim antipyretickým a analgetickým vlastnostiam sa môže salicín využívať na liečbu horúčky a ochorení, ako je napr. artritída. Salicín je prekursorom aspirínu, a preto má v ľudskom tele analogický účinok.

Mechanizmus účinku je znázornený na **Schéme 6**:

1. *Požitie a hydrolýza* – po konzumácii vrbovej kôry dochádza v čreve k hydrolýze salicínu (aktívny *O*-glykozid) pomocou enzýmu β -glukozidáza na saligenín.
2. *Absorpcia a oxidácia* – saligenín sa následne absorbuje do krvného obehu a v pečeni sa oxiduje.
3. *Vznik aktívnej látky* – výsledkom pečenej oxidácie je kyselina salicylová, ktorá je terapeuticky aktívnou zlúčeninou.
4. *Inhibícia enzýmov* – kyselina salicylová inhibuje enzýmy cyklooxygenázu 1 (COX-1) a cyklooxygenázu 2 (COX-2), čo vedie k zmierneniu bolesti a zápalu (podobne ako syntetické NSAID).

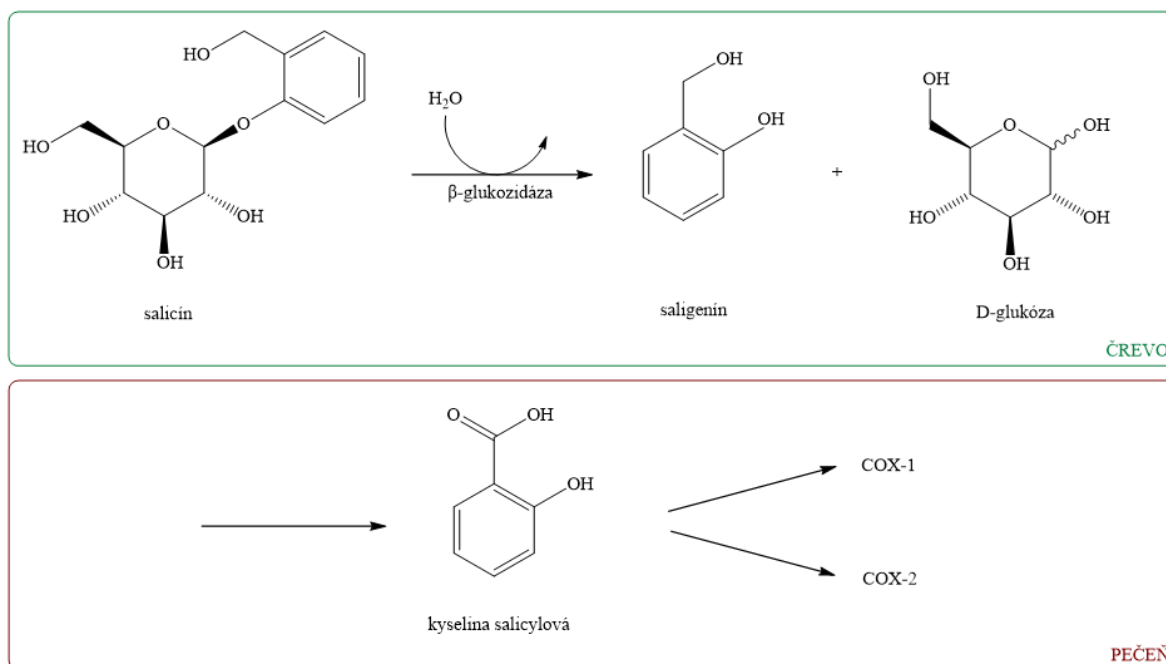


Schéma 6. Mechanizmus účinku salicílnu a jeho metabolická premena

V dôsledku potreby metabolickej premeny nastupuje účinok vrby bielej pomalšie v porovnaní s kyselinou acetylsalicylovou (aspirínom), avšak jej terapeutický efekt je spravidla dlhodobejší.

Na celkovom farmakologickom pôsobení *Salix alba* sa pravdepodobne nepodieľa iba samotný salicín, ale aj ďalšie prítomné bioaktívne zložky. Medzi ne patria najmä triesloviny (taníny), flavonoidy a estery salicínu, ktoré môžu synergicky prispievať k výslednému protizápalovému a analgetickému účinku rastliny.

4.3.3 Mäta a jej využitie v liečbe

Mäta pieporná patrí do čeľade hluchavkovitých (*Lamiaceae*), ktorá zahŕňa rozsiahlu skupinu aromatických rastlín typických prítomnosťou esenciálnych olejov. Ide o kozmopolitnú čeľaď, ktorá je významná z farmakologického aj ekonomického hľadiska, keďže jej zástupcovia sa využívajú v kozmetike, potravinárstve, parfumerii aj v tradičnej a modernej medicíne – **Obrázok 11**.



Obrázok 11. Mäta pieporná (*Zdroj: Volák a kol., 1987*)

Rastliny tejto čeľade sa vyskytujú najmä v oblastiach s teplejším a suchším podnebím, často na lúkach, v krovinách alebo svetlých lesoch. Najväčšia druhová rozmanitosť je sústredená v oblasti Stredomoria, no rozšírené sú aj v Ázii, Austrálii a Južnej Amerike. Z botanického hľadiska ide najčastejšie o byliny alebo kry so štvorhrannou stonkou a protistojne usporiadanými listami. Charakteristickým znakom sú žliazkaté trichómy, v ktorých sa tvoria aromatické a biologicky aktívne látky. Kvety bývajú drobné a usporiadané do typických súkvetí nazývaných papraslen, pričom plodom sú najčastejšie tvrdky alebo nažky. Viaceré druhy tejto čeľade vykazujú významné antimikrobiálne, protizápalové a analgetické účinky, vďaka čomu majú dôležité postavenie vo fytoterapii.

Mäta pieporná (*Mentha piperita*) je aromatická trváca bylina, ktorá vznikla krížením mäty vodnej (*Mentha aquatica*) a mäty klasnatej (*Mentha spicata*). Je charakteristická rýchlym rastom a intenzívnym rozširovaním prostredníctvom podzemkov, zatiaľ čo tvorba semien je zriedkavá. Rastlina má štvorhranné stonky a kopijovité, protistojne usporiadané listy. Kvety sú drobné, ružovofialové a tvoria predĺžené klasovité súkvetia na bočných výhonkoch.

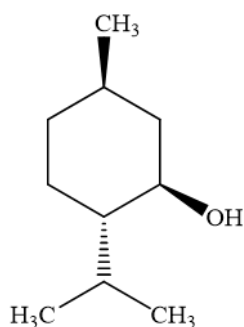
Mäta pieporná sa využíva v rôznych oblastiach, najmä vo farmácii, kozmetike, parfumérii a potravinárstve. Je známa svojou výraznou arómou a chladivým účinkom. V kuchyni sa využívajú čerstvé aj sušené listy na dochutenie jedál, nápojov, dezertov či čajov. Esenciálne oleje z mäty sa zároveň široko používajú aj v dentálnej hygiene, napr. v zubných pastách a žuvačkách, kde zabezpečujú osviežujúci účinok.

4.3.3.1 Mentol a jeho účinky

Z hľadiska účinných látok je pre mäta piepornú najvýznamnejšia silice, v ktorej je hlavnou zložkou mentol, zastúpený až do približne 50 %. Dopĺňajú ju tiež triesloviny a organické kyseliny. Táto kombinácia bioaktívnych látok je zodpovedná za široké spektrum jej terapeutických účinkov.

Mentol má výrazný spazmolytický účinok, vďaka ktorému sa využíva pri kŕčovitých stavoch tráviaceho traktu, najmä žalúdka a čriev, ako aj pri ťažkostiach močových ciest. Podporuje trávenie, zmierňuje nadúvanie a stimuluje tvorbu žlče. V oblasti dýchacích ciest napomáha uvoľňovaniu hlienov a používa sa pri inhaláciách pri respiračných ochoreniach. Na koži a slizniciach vyvoláva chladivý pocit, čím znižuje vnímanie bolesti a zároveň vykazuje mierne dezinfekčné účinky. Vďaka týmto vlastnostiam sa často používa v masťových prípravkoch pri reumatických bolestiach a tiež pri bolestiach hlavy.

Mentol, známy aj ako mäťový gáfor, je prirodzene sa vyskytujúci cyklický terpénový alkohol, ktorý dodáva rastlinám rodu *Mentha* ich charakteristickú vôňu a chuť. Ako kryštalickú látku bol prvýkrát izolovaný v 18. storočí. Obsahuje tri asymetrické uhlíkové atómy, pričom v prírode sa najčastejšie vyskytuje jeho (-)-forma, ktorá je biologicky najaktívnejšia a zodpovedá za typické účinky mäty – **Obrázok 12**.



Obrázok 12. Štruktúra (-)-mentolu

Najznámejšou vlastnosťou mentolu je jeho schopnosť vyvolávať intenzívne chladivé a analgetické pocity, ktoré sa využívajú v produktoch, ako sú chladivé gély na svaly pre športovcov a pastilky proti kašľu.

Schopnosť vyvolávať pocit chladu a úľavy od bolesti sa dosahuje aktiváciou kationových kanálov *transient receptor potential* (TRP), predovšetkým TRP melastatínu 8 (TRPM8), ktorý predstavuje (vápnikový) Ca^{2+} kanál. Iný TRP kanál, TRP vaniloid 1 (TRPV1),

hrá kľúčovú úlohu pri detekcii škodlivého tepla. Ďalší TRP kanál – TRPA1 (TRP ankyrin 1) deteguje extrémny chlad ($< 8\text{ }^{\circ}\text{C}$) a dráždivé látky.

Mechanizmus účinku je znázornený na **Schéme 7**:

1. Aktivácia TRPM8: Pri nízkych koncentráciách aktivuje mentol kanály TRPM8 exprimované na aferentných neurónoch trojklanného nervu (*nervus trigeminus*), blúdivého nervu (*nervus vagus*) a miechových nervov.
2. Generovanie vnemu chladu: Aktivácia TRPM8 vyvolá prítok Ca^{2+} do neurónu (depolarizácia membrány), čo generuje elektrický signál. Tento signál je následne prenášaný cez vyššie spomínané nervy do centrálného nervového systému a interpretovaný ako vnem chladu (podobne ako pri teplotách pod 15°C).
3. Inhibícia TRPV1: Pri vyšších koncentráciách mentol priamo inhibuje kanál TRPV1 (aktivovaný teplotami nad $43\text{ }^{\circ}\text{C}$) na týchto aferentných vláknach neurónov. Za bežných podmienok sprostredkúva TRPV1 pálivú bolesť a zápalové reakcie, ale vďaka jeho zablokovaniu (inhibícii) sa znižuje prítok Ca^{2+} (prenos signálov o pálivej bolesti alebo teple je prerušený) a prináša úľavu od bolesti – analgetický účinok.
4. Aktivácia TRPA1: Pri veľmi vysokých koncentráciách mentol aktivuje kanál TRPA1 na citlivých nervových zakončeníach. To vyvoláva zvýšenú nocicepciu (vnímanie bolesti) a podráždenie – opačný efekt.
5. Modifikácia citlivosti: Koaktivácia TRPA1 cez aktiváciu TRPV1 kanály môže viesť k zvýšenej precitlivenosti na chlad.
6. Integrácia signálov: Vzhľadom na koexpresiu TRPM8, TRPV1 a TRPA1 v tých istých aferentných neurónoch, dochádza k vzájomnej interakcii signálov, čo umožňuje telu rozlišovať medzi rôznymi podnetmi (chlad, teplo) a vysvetľuje netradičné sensorické javy, ako je napr. paradoxná pálivá bolesť vyvolaná chladom.

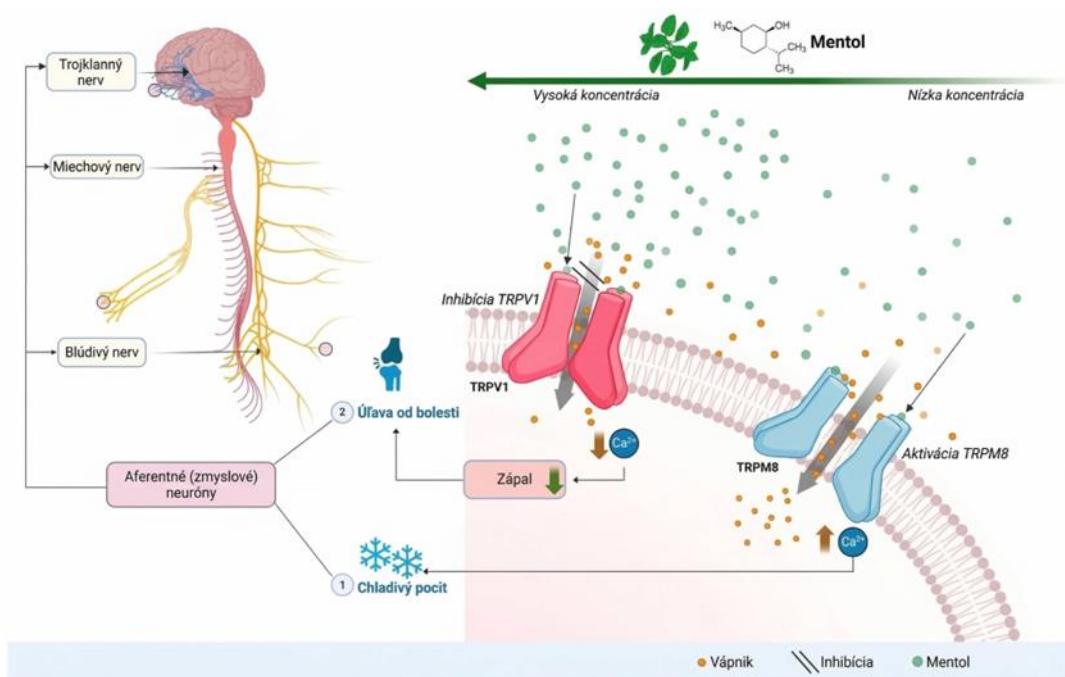


Schéma 7. Mechanizmus účinku mentolu (Zdroj: Bernard et al., 2025)

5 Porovnanie syntetických a rastlinných liečiv

Syntetické a rastlinné liečivá predstavujú dve základné skupiny terapeuticky využívaných látok, ktoré sa líšia najmä pôvodom, zložením, spôsobom účinku a charakterom pôsobenia na organizmus. Napriek rozdielom majú spoločný cieľ, ktorým je ovplyvnenie fyziologických procesov tak, aby sa dosiahol požadovaný liečebný efekt alebo zmiernenie symptómov ochorenia.

Rastlinné liečivá pochádzajú z prírodných zdrojov a ide najčastejšie o komplexné zmesi viacerých biologicky aktívnych látok. Tieto zmesi môžu obsahovať alkaloidy, flavonoidy, glykozidy, silice, triesloviny a ďalšie sekundárne metabolity. Ich účinok je preto často výsledkom synergického pôsobenia viacerých zložiek naraz. Výhodou rastlinných liečiv je ich prirodzený pôvod a dlhodobá tradícia používania, čo často vedie k ich lepšej tolerancii organizmom. Na druhej strane však ich nevýhodou môže byť nižšia štandardizácia účinných látok, čo znamená, že obsah aktívnych zložiek sa môže líšiť v závislosti od podmienok pestovania, zberu či spracovania.

Syntetické liečivá sú naopak pripravované chemickou cestou v laboratórnych podmienkach alebo vo farmaceutickom priemysle. Ich veľkou výhodou je presne definované chemické zloženie, vysoká čistota a možnosť presného dávkovania. Vďaka tomu je ich účinok lepšie predvídateľný a reprodukovateľný. Syntetické liečivá sú často navrhované tak, aby cielene pôsobili na konkrétne molekulárne štruktúry v organizme, napríklad receptory, enzýmy alebo iónové kanály, čo umožňuje vysokú špecificitu účinku.

Z hľadiska mechanizmu účinku môžu mať rastlinné liečivá často širšie spektrum pôsobenia, pretože obsahujú viacero aktívnych látok, ktoré môžu ovplyvňovať rôzne biologické dráhy súčasne. Syntetické liečivá bývajú naopak selektívnejšie a cielenejšie, čo umožňuje presnejšiu kontrolu terapeutického efektu, ale zároveň môže viesť k výskytu špecifických vedľajších účinkov.

Ďalším rozdielom je rýchlosť nástupu účinku. Syntetické liečivá majú vo všeobecnosti rýchlejší a predvídateľnejší nástup účinku, pretože ich farmakokinetické vlastnosti sú presne známe a kontrolované. Rastlinné liečivá môžu pôsobiť pomalšie, keďže ich účinok je často závislý od postupného uvoľňovania viacerých účinných látok a ich metabolickej premeny v organizme.

Z hľadiska bezpečnosti majú obe skupiny svoje výhody aj riziká. Rastlinné liečivá sú často považované za „prírodnejšie“ a bezpečnejšie, avšak aj ony môžu spôsobovať nežiaduce účinky, najmä pri nesprávnom dávkovaní alebo pri interakciách s inými liekmi. Syntetické

liečivá môžu mať presne definovaný profil nežiaducich účinkov, ktoré sú však dôkladne skúmané v klinických štúdiách a uvedené v príbalových informáciách.

V modernej medicíne sa tieto dve skupiny liečiv nevnímajú ako protiklady, ale skôr ako dopĺňajúce sa prístupy. Mnohé syntetické liečivá majú svoj pôvod v prírodných látkach, ktoré boli následne chemicky upravené s cieľom zvýšiť ich účinnosť, stabilitu alebo znížiť toxicitu. Prírodné látky zároveň zostávajú významným zdrojom nových farmakologicky aktívnych zlúčenín, ktoré môžu slúžiť ako základ pre vývoj nových liečiv.

Dôležitým aspektom je aj ich využitie v klinickej praxi. Syntetické liečivá dominujú najmä v akútnych stavoch, kde je potrebný rýchly a presný zásah, napríklad pri infekciách, bolesti alebo kardiovaskulárnych ochoreniach. Rastlinné liečivá sa častejšie využívajú pri miernejších ťažkostiach, v podpornej terapii alebo ako doplnok k hlavnej liečbe.

Celkovo možno konštatovať, že rastlinné aj syntetické liečivá majú v modernej farmakoterapii svoje nezastupiteľné miesto. Ich správne využitie závisí od charakteru ochorenia, požadovaného terapeutického efektu a individuálnych potrieb pacienta. Najefektívnejší prístup často predstavuje ich kombinácia, ktorá umožňuje využiť výhody oboch skupín liečiv a minimalizovať ich nevýhody.

6 Otázky a úlohy k tematickým celkom

6.1 Tematický celok: Súčasný poznatky o liečivách

6.1.1 Téma: História liečiv

1. Označte správnu odpoveď.

- Syntéza močoviny (1828) Friedrichom Wöhlerom bola zlomová, pretože odštartovala rozvoj:
 - a. anorganickej chémie
 - b. organickej chémie
 - c. mikrobiológie
 - d. genetiky

- Objav prvého antibiotika, penicilínu (1928), sa pripisuje:
 - a. Brotzuovi
 - b. Sertürnerovi
 - c. Alexandrovi Flemingovi
 - d. Paulovi Ehrlichovi

- Ktorá rastlina sa podľa archeologických nálezov využívala už v paleolite (80 000 p. n. l.)?
 - a. mydlíca lekárka (*Saponaria officinalis*)
 - b. mak siaty (*Papaver somniferum*)
 - c. praslička (*Equisetum*)
 - d. ginko (*Ginkgo*)

- Ktorá vedná disciplína sa zaoberá štúdiom toxických účinkov látok na organizmus?
 - a. iatrochémia
 - b. fytotherapia
 - c. toxikológia
 - d. farmakognózia

- V ktorom storočí sa rozvíjala iatrochémia, ktorá podporila využívanie anorganických látok v liečbe?
 - a. v 16. storočí
 - b. v 17. storočí
 - c. v 19. storočí
 - d. v 20. storočí

- Arsfenamín, jedno z prvých syntetických liečiv, je derivátom:
 - a. zlata
 - b. močoviny
 - c. arzénu
 - d. penicilínu

2. Posúďte pravdivosť uvedených výrokov.

VÝROK	MOŽNOSŤ	
	PRAVDA	NEPRAVDA
Najstaršie zachované písomné záznamy o liečbe pochádzajú z Mezopotámie (cca 1600 p. n. l.).		
Morfín bol prvýkrát izolovaný z ópia v roku 1828 Friedrichom Wöhlerom.		
Penicilín bol objavený Alexandrom Flemingom v roku 1928.		
Fytoterapia (bylinná liečba) začala prekvitať až po objave penicilínu v 20. storočí.		
Archeologické nálezy dokazujú využívanie liečivých rastlín už v strednom paleolite.		
Kokaín izoloval z listov koky Niemann v roku 1860.		

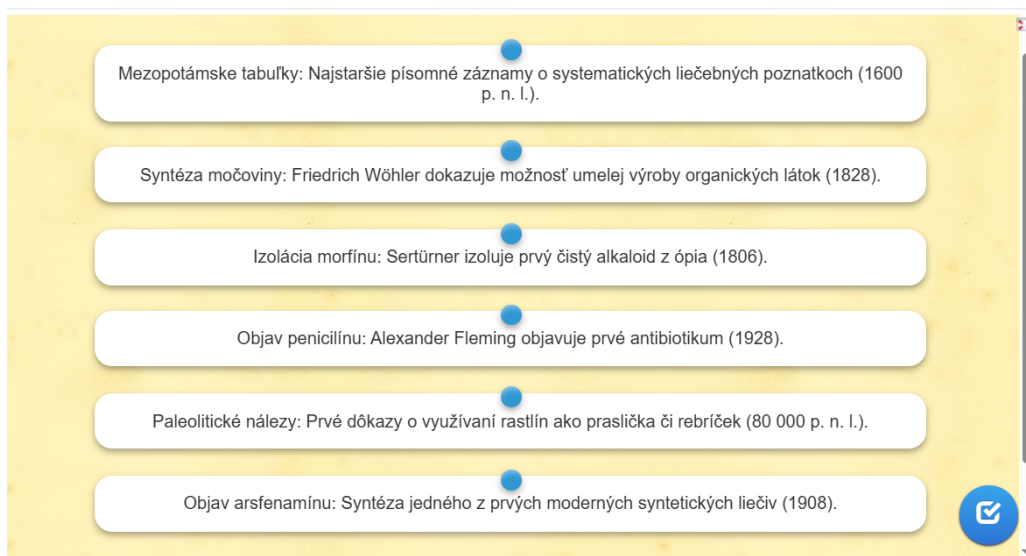
3. Usporiadajte udalosti / objavy chronologicky (1 = najstaršia, 6 = najnovšia).

<https://learningapps.org/display?v=pz8nn4vd526>

Táto úloha bola vytvorená pomocou aplikácie LearningApps. Po naskenovaní QR kódu študenti vyplnia hru online.



Ukážka úlohy:



The screenshot shows a digital activity interface with a yellow background. It contains six white rounded rectangular boxes, each with a blue dot above it, representing events to be ordered. The events are:

- Mezopotámske tabulky: Najstaršie písomné záznamy o systematických liečebných poznatkoch (1600 p. n. l.).
- Syntéza močoviny: Friedrich Wöhler dokazuje možnosť umelej výroby organických látok (1828).
- Izolácia morfinu: Sertürner izoluje prvý čistý alkaloid z ópia (1806).
- Objav penicilínu: Alexander Fleming objavuje prvé antibiotikum (1928).
- Paleolitické nálezy: Prvé dôkazy o využívaní rastlín ako praslička či rebríček (80 000 p. n. l.).
- Objav arsfenamínu: Syntéza jedného z prvých moderných syntetických liečiv (1908).

A blue checkmark icon is visible in the bottom right corner of the interface.

6.1.2 Téma: Názvoslovie liečiv

1. *Odpovedzte na nasledujúce otázky.*

- Vymenujte 5 typov názvov, ktoré radíme medzi synonymá liečiva:

- Aká medzinárodná organizácia schvaľuje názvy INN?

- Ktorý typ názvu sa v medicíne používa zriedkavo kvôli svojej zložitosti?

- Podľa čoho získali triviálny názov kyselina salicylová alebo chinín?

- Aké dve látky nemajú udelené INN?

- V akom jazyku sa uvádzajú liekopisné názvy (napr. Ibuprofenum)?

- Čo vyjadruje sufix „-áza“ (napr. v slove lipáza)?

- Aký je približný pomer počtu liekov voči počtu liečiv?

2. V tabuľke sú poprehadzované písmená. Usporiadajte ich tak, aby vzniknuté slovo dávalo zmysel.

SLOVÁ S POPREHADZOVANÝMI PÍSMENAMI	SPRÁVNE RIEŠENIE	NÁPOVEDA
YCKÝGENER		Názov určený autorom / objaviteľom
SPIKONÝLIE		Latinský názov uvedený v liekopise
AMOLPARETAC		Liečivo známe aj ako acetaminofén
KUMIRENEG		Liek po uplynutí patentovej ochrany
XIFERP		Predpona v názve INN, napr. cef-
BOCODNÝH		Iný názov pre patentovaný názov lieku
LITKPATORÁ		Slovo, z ktorého je odvodená prvá časť -mab
PATIKÁHOMEO		Látky, ktorým sa neudeľuje INN

3. Označte správnu odpoveď.

- Ktorý typ názvov prevláda v súčasnej dobe u liečiv?
 - a. prírodné liečivá
 - b. syntetické liečivá
 - c. homeopatické liečivá
 - d. liečivá rastlinného pôvodu

- Čo je podľa zákona liečivo?
 - a. technologicky upravená tableta
 - b. nositeľ biologického účinku
 - c. čistá pomocná látka
 - d. akýkoľvek rastlinný extrakt

- Ako sa nazývajú všetky názvy, ktoré patria konkrétnemu liečivu?
 - a. homonymá
 - b. antonymá
 - c. synonymá
 - d. morfémy

- Ktorý názov identifikuje chemický charakter čistej látky, ale v medicíne sa používa zriedkavo?
 - a. triviálny názov
 - b. chemický názov
 - c. liekopisný názov
 - d. obchodný názov

- Príkladom chemicky nejednotného liečiva je:
 - a. chloroform
 - b. paracetamol
 - c. kôra chinínovníka
 - d. kyselina acetylsalicylová

- Podľa čoho dostala názov „kyselina barbiturová“?
 - a. podľa objaviteľa menom Barbitur
 - b. podľa sviatku sv. Barbory a urey (močoviny)
 - c. podľa miesta objavu (mesto Barbora)
 - d. podľa latinského názvu rastliny *Barbitura*

- Aká je úloha pomocných látok?
 - a. liečiť chorobu
 - b. nahradiť liečivo
 - c. uľahčiť výrobu a stabilitu
 - d. určiť chemický názov

- Čím je chránený názov originálneho lieku, aby ho iné firmy nemohli používať?
 - a. sufixom -statín
 - b. latinským názvom
 - c. patentom (označenie ako obchodný / výrobný názov)
 - d. liekopisným predpisom

- Čo znamenajú symboly ® alebo TM pri názve lieku?
 - a. liek je prírodného pôvodu
 - b. liek je pod registrovanou obchodnou značkou
 - c. liek je určený len pre nemocnice
 - d. liek je generický

- Ktoré liečivo má chemický názov *N*-(4-hydroxyfenyl)acetamid?
 - a. kyselina salicylová
 - b. kyselina barbiturová
 - c. paracetamol
 - d. ibuprofén

- Ktorý typ názvu je zväčša spojený s okolnosťami objavu, prípravy alebo vlastnosťou látky?
 - a. chemický názov
 - b. triviálny názov
 - c. generický názov
 - d. liekopisný názov

- Kyselina acetylsalicylová je liečivo:
 - a. nejednotné
 - b. chemicky jednotné
 - c. pomocné
 - d. homeopatické

6.1.3 Téma: Klasifikácia liečiv

1. Posúďte pravdivosť výrokov.

VÝROK	MOŽNOSŤ	
	PRAVDA	NEPRAVDA
ATC klasifikácia bola prvýkrát publikovaná v roku 1976.		
ATC kód je deväťmiestny a pozostáva len z číslíc.		
V prvej úrovni ATC klasifikácie existuje celkovo 14 hlavných skupín.		
Každé liečivo môže mať pridelený maximálne jeden ATC kód.		
Piata úroveň ATC kódu je tvorená veľkým tlačeným písmenom.		

2. *Doplňte chýbajúce výrazy do nasledujúcich tvrdení.*

<https://learningapps.org/display?v=pmngty6m526>

Táto úloha bola vytvorená pomocou aplikácie LearningApps. Po naskenovaní QR kódu študenti vyplnia hru online.



Ukážka úlohy:

Klasifikácia liečiv má význam edukačný, komunikačný a slúži na spotreby.
Celý názov ATC systému je anatomicko-terapeuticko klasifikácia.
ATC kód je (typ znaku) a pozostáva z piatich úrovní.
Prvá úroveň sa označuje tlačeným písmenom.
Druhá úroveň kódu vyjadruje hlavnú skupinu.
Liečivá viazané na predpis sú jedným zo spôsobov klasifikácie.
Kyselina je príkladom liečiva s viacerými ATC kódmi.
Ak kód končí dvojicou číslíc 01, ide o úroveň kódu.

3. *Napište vzorec liečiva, ktoré môže mať viacero ATC kódov a patrí medzi antipyretiká, antiflogistiká a analgetiká.*

6.2 Tematický celok: Základy farmakológie

6.2.1 Téma: Mechanizmus účinku liečiv

1. Označte všetky správne odpovede. Správna môže byť jedna alebo viac možností.

- Ktorými oblasťami sa zaoberá farmakológia?
 - a. osudom účinných látok v organizme
 - b. mechanizmami pôsobenia liečiv
 - c. štúdiom minerálov v zemskej kôre
 - d. nežiaducimi účinkami liečiv

- S ktorými disciplínami farmakológia úzko spolupracuje?
 - a. toxikológia
 - b. veterinárna farmakológia
 - c. geológia
 - d. fyzika

- Čo platí o farmakokinetickej a farmakodynamickej fáze?
 - a. po aplikácii liečiva prebieha najprv farmakodynamická fáza
 - b. farmakokinetika skúma to, čo robí organizmus s liečivom
 - c. farmakodynamika skúma to, čo robí liečivo s organizmom
 - d. farmakodynamická fáza prebieha po farmakokinetickej fáze

- Čo sú to receptory z hľadiska farmakológie?
 - a. špecifické cieľové štruktúry, na ktoré sa viažu molekuly liečiva
 - b. proteínové štruktúry na povrchu alebo vo vnútri buniek
 - c. anorganické ióny voľne plávajúce v krvi
 - d. makromolekuly nachádzajúce sa vo vnútri buniek

- Čo charakterizuje agonistu?
 - a. napodobňuje prirodzený (fyziologický) ligand
 - b. aktivuje receptor a vyvoláva bunkovú odpoveď
 - c. bráni aktivácii receptora a tlmí odpoveď
 - d. spôsobuje konformačnú zmenu v mieste pôsobenia

- Ktoré faktory určujú mieru účinku agonistu?
 - a. afinita k receptoru (sila väzby)
 - b. vnútorná aktivita (schopnosť vyvolať reakciu)
 - c. farba tablety
 - d. len fyzikálno-chemické vlastnosti bez väzby na proteín

- Čo charakterizuje antagonistu?
 - a. blokuje aktiváciu receptora
 - b. inhibuje fyziologickú reakciu
 - c. má vysokú vnútornú aktivitu
 - d. viaže sa na miesto pôsobenia, ale nespôsobuje konformačnú zmenu

- Aké typy antagonizmu poznáme?
 - a. kompetitívny antagonizmus
 - b. reverzibilný kompetitívny antagonizmus
 - c. ireverzibilný kompetitívny antagonizmus
 - d. absolútny agonizmus

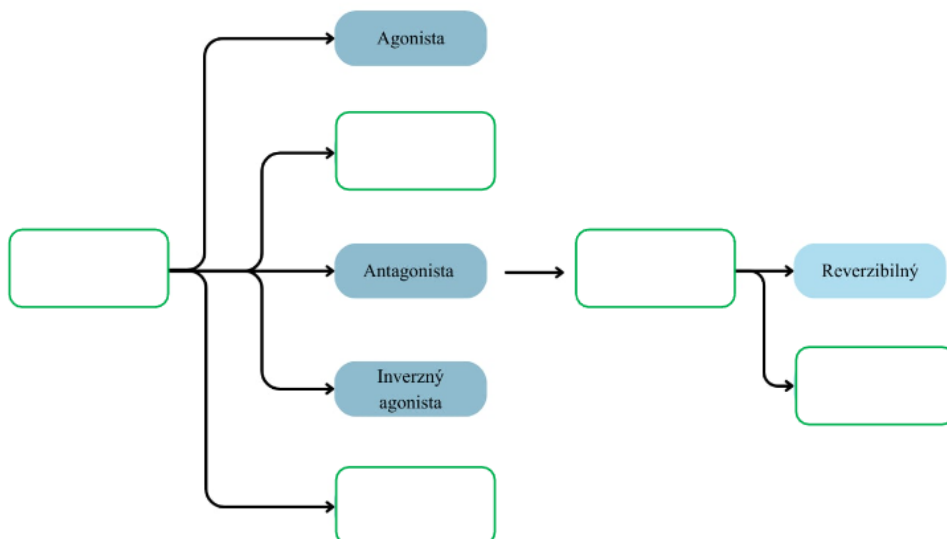
- Čo je typické pre ireverzibilný kompetitívny antagonizmus?
 - a. antagonista sa pevne viaže na receptor
 - b. nedochádza k disociácii antagonistu z receptora
 - c. zvýšenie koncentrácie agonistu môže tento blok zrušiť
 - d. vedie k trvalému blokovaníu receptora

- Čo platí o nešpecifických mechanizmoch účinku?
 - a. ich podstatou sú fyzikálno-chemické vlastnosti liečiva
 - b. vyžadujú si väzbu na špecifický receptorový proteín
 - c. pôsobí takto menšia časť liečiv využívaných v praxi
 - d. patria sem napríklad adsorbenciá a antacidá

2. Prepojte pojmy z oboch stĺpcov tak, aby vznikli správne dvojice.

- | | |
|---------------------|---|
| (A) Farmakokinetika | (1) Čo robí liečivo s organizmom |
| (B) Farmakoterapia | (2) Čo robí organizmus s liečivom |
| (C) Paralýza | (3) Zvýšenie funkcie nad fyziologickú hodnotu |
| (D) Farmakodynamika | (4) Využitie liečiva v liečbe chorých |
| (E) Agonista | (5) Blokátor receptora |
| (F) Excitácia | (6) Zníženie funkcie pod fyziologickú hodnotu |
| (G) Aktívne uhlie | (7) Antacidum |
| (H) Dimerkaprol | (8) Osmotické laxatívum |
| (I) Antagonista | (9) Aktivátor receptora |
| (J) Laktulóza | (10) Adsorbens |
| (K) Hydrotalcit | (11) Chelátotvorná látka |

3. Doplňte pojmovú mapu tak, aby jednotlivé pojmy na seba logicky nadväzovali a vytvárali tak zmysluplný celok.



6.2.2 Téma: Diklofenak ako modelové liečivo

1. Označte správnu odpoveď.

- V ktorom roku bol diklofenak prvýkrát syntetizovaný?
 - a. 1974
 - b. 1973
 - c. 1988
 - d. 2015

- Ktorý chemický názov prislúcha diklofenaku?
 - a. kyselina acetylsalicylová
 - b. kyselina 2-(2,6-dichlóranilino)fenyloctová
 - c. *N*-(4-hydroxyfenyl)acetamid
 - d. kyselina barbiturová

- Aký je rozdiel medzi sodnou a draselnou soľou diklofenaku?
 - a. sodná soľ sa vstrebáva v žalúdku, draselná v dvanástniku
 - b. draselná soľ sa uvoľňuje v žalúdku, sodná odoláva žalúdočnému pH a uvoľňuje sa v dvanástniku
 - c. sodná soľ je len na vonkajšie použitie (gél), draselná len na infúzie
 - d. medzi ich vstrebávaním nie je žiadny rozdiel

- Na liečbu ktorého ochorenia sa diklofenak používa pri lokálnom (kožnom) podaní?
 - a. šedý zákal
 - b. aktinická keratóza
 - c. dysmenorea
 - d. fotofóbia

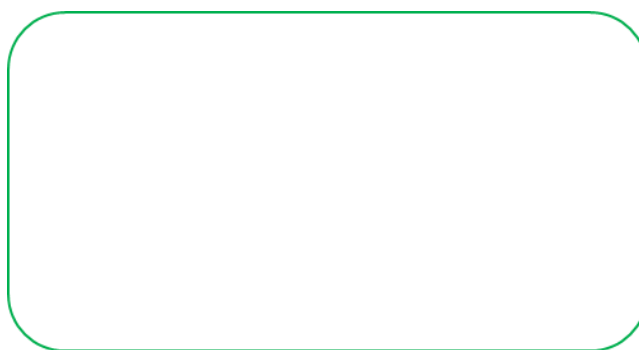
- Do ktorej farmakologickej skupiny patrí diklofenak?
 - a. kortikosteroidy
 - b. opioidné analgetiká
 - c. NSAID (nesteroidné protizápalové lieky)
 - d. antacidá

- Aký je mechanizmus účinku diklofenaku na bunkovej úrovni?
 - a. aktivácia fosfolipázy A2
 - b. inhibícia cyklooxygenáz (COX-1 a COX-2)
 - c. zvýšenie produkcie prostaglandínov
 - d. blokovanie receptorov pre kofeín

- Čo sa stane v organizme v dôsledku inhibície enzýmov COX diklofenakom?
 - a. zvýši sa kapilárna permeabilita
 - b. zníži sa tvorba prozápalových prostaglandínov a tromboxánov
 - c. dôjde k masívnej vazodilatácii
 - d. aktivujú sa periférne nociceptory

- Ako sa prejavuje antipyretický účinok diklofenaku?
 - a. znížením prahu horúčky inhibíciou syntézy prostaglandínov v hypotalame
 - b. zvýšením tvorby voľných radikálov
 - c. mechanickým ochladením pokožky
 - d. inhibíciou migrácie leukocytov v mieste zápalu

2. Napíšte štruktúrny vzorec diklofenaku (kyselina 2-(2,6-dichlóranilino)fenyloctová).



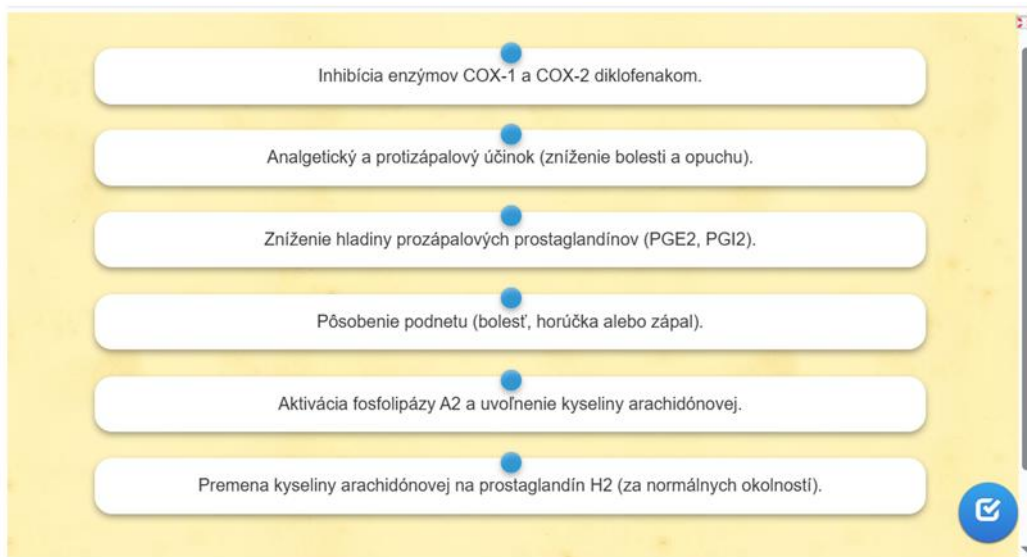
3. Usporiadajte nasledujúce deje, tak ako prebiehajú v organizme.

<https://learningapps.org/display?v=pgymtrxnk26>

Táto úloha bola vytvorená pomocou aplikácie LearningApps. Po naskenovaní QR kódu študenti vyplnia hru online.



Ukážka úlohy:



The screenshot shows a vertical sequence of six white rounded rectangular boxes on a yellow background, connected by a vertical line of blue dots. The text in the boxes, from top to bottom, is:

- Inhibícia enzýmov COX-1 a COX-2 diklofenakom.
- Analgetický a protizápalový účinok (zníženie bolesti a opuchu).
- Zníženie hladiny prozápalových prostaglandínov (PGE2, PGI2).
- Pôsobenie podnetu (bolesť, horúčka alebo zápal).
- Aktivácia fosfolipázy A2 a uvoľnenie kyseliny arachidónovej.
- Premena kyseliny arachidónovej na prostaglandín H2 (za normálnych okolností).

A blue checkmark icon is visible in the bottom right corner of the screenshot.

6.3 Tematický celok: Rastlinné liečivá ako zdroj účinných látok

6.3.1 Téma: Bioaktívne látky rastlinného pôvodu – primárne metabolity

1. Doplňte chýbajúce výrazy do nasledujúcich tvrdení.

- Primárne metabolity sú nevyhnutné pre _____, vývoj a _____ rastliny.
- Sacharidy vznikajú v rastlinách procesom nazývaným _____.

- U rastlín slúži ako zásobná látka _____, zatiaľ čo u živočíchov je to _____.
- Základnou stavebnou jednotkou bielkovín sú _____, ktoré sa spájajú _____ väzbou.
- Lipidy sú chemicky _____ vyšších karboxylových kyselín a alkoholov.
- Nukleové kyseliny DNA a RNA sa skladajú z _____.
- Vitamíny rozpustné v _____ sú A, D, E a K.
- Ak má organizmus kritický nedostatok vitamínov, tento stav označujeme ako _____.

2. Označte správnu odpoveď.

- Medzi primárne metabolity nepatria:
 - a. sacharidy
 - b. proteíny
 - c. alkaloidy
 - d. lipidy
- Ktorý sacharid je súčasťou štruktúry DNA?
 - a. glukóza
 - b. deoxyribóza
 - c. fruktóza
 - d. škrob
- Aldózy sú sacharidy, ktoré obsahujú skupinu:
 - a. aldehydovú
 - b. ketónovú
 - c. hydroxylovú
 - d. karboxylovú
- Esenciálne aminokyseliny sú také, ktoré:
 - a. si telo vytvorí samo
 - b. musí organizmus prijímať potravou
 - c. rastlina nepotrebuje
 - d. sa nenachádzajú v bielkovinách

- Lipidy sú vo vode spravidla:
 - a. dobre rozpustné
 - b. nerozpustné
 - c. rozpustné len pri vysokom pH
 - d. tvoria pravé roztoky

- Hormóny pôsobia špecificky len na bunky, ktoré majú príslušné:
 - a. enzýmy
 - b. receptory
 - c. pigmenty
 - d. vitamíny

3. Prirad'te správnu dvojicu. Pozor, nie všetky definície (pravý stĺpec) sú využité!

Sacharidy	Stavebné jednotky bielkovín s dusíkom. Zelené pigmenty nutné pre fotosyntézu. Zdroj energie a stavebný materiál stien (celulóza).
Lipidy	Dvojjávitnicová špirála nesúca genofond. Pozor na toxicitu A, D, E, K.
Aminokyseliny	Zásobáreň energie a tepelná izolácia (estery). Látky s výrazným účinkom (napr. kofeín).
Nukleové kyseliny	Obranné látky z izoprénových jednotiek. Molekuly uchovávajúce genetickú informáciu.

6.3.2 Téma: Bioaktívne látky rastlinného pôvodu – sekundárne metabolity

1. Odpovedzte na nasledujúce otázky.

- Vymenujte aspoň 4 hlavné skupiny sekundárnych metabolitov podľa ich chemickej štruktúry:

- Aký je základný skelet (počet uhlíkov) typický pre chemickú štruktúru flavonoidov?

- Podľa čoho delíme polyfenoly do štyroch základných podskupín?

- Uved'te tri typy väzieb, ktorými sa môžu v terpenoidoch spájať izoprénové jednotky:

- Vysvetlite, čo znamená synergický účinok viacerých látok v rastlinných prípravkoch:

- Ktoré rastlinné pigmenty sú zodpovedné za žlté až červené sfarbenie a ochranu pred oxidačným stresom?

2. Označte správnu odpoveď.

- Sekundárne metabolity sú pre rastlinu typické tým, že:
 - a. sú nevyhnutné pre rast a dýchanie
 - b. nie sú nevyhnutné pre prežitie, ale slúžia na obranu
 - c. sa nachádzajú v každej bunke v rovnakom množstve
 - d. sú to výhradne primárne zdroje energie
- Názov „alkaloid“ je odvodený od arabského slova označujúceho:
 - a. kyselinu
 - b. zásadu
 - c. cukor
 - d. tuk
- Ktorá látka dáva rastlinám červené, fialové a modré odtiene?
 - a. chlorofyl
 - b. karotenoidy
 - c. antokyány
 - d. pteríny

- Základná stavebná jednotka terpenoidov sa nazýva::
 - a. glukóza
 - b. izoprénová jednotka
 - c. fenolové jadro
 - d. glycín

- Príkladom tetraterpénu (8 izoprénových jednotiek) je:
 - a. β -karotén
 - b. limonén
 - c. kaučuk
 - d. izoprén

- Alkaloidy obsahujú v molekule heterocyklický kruh s atómom:
 - a. horčíka
 - b. dusíka
 - c. fosforu
 - d. vápnika

3. *Napište štruktúrny vzorec izoprénu (2-metylbuta-1,3-dién).*

6.3.3 Téma: Vybrané liečivé rastliny a ich účinky – Kurkuma pravá

1. *Doplňte chýbajúce výrazy do nasledujúcich tvrdení.*

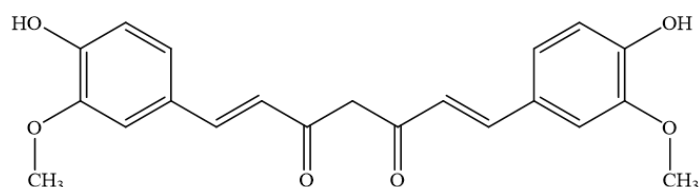
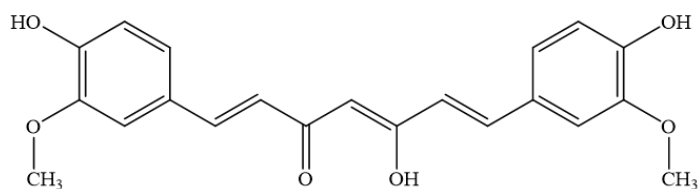
- Kurkuma pravá patrí do čeľade _____ a jej liečivou časťou sú podzemky.
- Hlavnou a najaktívnejšou zložkou kurkumy je polyfenol _____.

- Kurkumín je spolu s demetoxykurkumínom a bisdemetoxykurkumínom súčasťou skupiny látok nazývaných _____.
- Jasne žltá farba kurkumy pochádza z pigmentov, ktoré sú rozpustné v _____.
- Kurkumín vykazuje silné _____ pôsobenie vďaka inhibícii širokého spektra zápalových markerov.
- Enzým cyklooxygenáza premieňa _____ arachidónovú na prostaglandíny a tromboxány.
- Kľúčový transkripčný faktor, ktorý kurkumín udržiava v neaktívnom stave v cytoplazme, sa označuje _____.
- Pokles produkcie prostaglandínu _____ vedie k zmierneniu zápalu a obmedzeniu delenia nádorových buniek.

2. Usporiadajte nasledujúce deje mechanizmu účinku kurkumínu (od 1 po 6).

- () Aktivovaný NF- κ B prechádza do jadra a spúšťa expresiu génu pre COX-2.
- () Kurkumín inhibuje aktivitu komplexu I κ K, čím "uzamkne" NF- κ B v cytoplazme.
- () Dochádza k aktivácii signálneho komplexu I κ K v bunke postihnutej zápalom.
- () Zníženie hladiny COX-2 vedie k poklesu produkcie prostaglandínov (PGE₂).
- () Fosforylácia a následná degradácia inhibičného proteínu I κ B.
- () Zastavenie zápalovej reakcie a vyvolanie apoptózy nádorových buniek.

3. Napíšte sumárny vzorec kurkumínu a určte jeho keto a enol formu.



6.3.4 Téma: Vybrané liečivé rastliny a ich účinky – Vřba biela

1. Označte správnu odpoveď.

- Vřba biela patři do čeľade:
 - a. d'umbierovité
 - b. vřbovité
 - c. ruřovité
 - d. astrovité

- Kde sa vřba biela prirodzene nevyskytuje?
 - a. v Európe
 - b. v Ázii
 - c. v Severnej Amerike
 - d. v severnej Afrike

- V ktorom roku bol prvýkrát izolovaný salicín?
 - a. 1973
 - b. 1828
 - c. 1928
 - d. 1888

- Salicín je z hľadiska chemickej štruktúry:
 - a. alkaloid
 - b. alkoholický β -glukozid
 - c. saponín
 - d. steroid

- Salicín sa v tele hydrolyzuje pôsobením emulzie (v čreve) na:
 - a. kyselinu acetylsalicylovú
 - b. D-glukózu a saligenín
 - c. čistý alkohol
 - d. kyselinu arachidónovú

- Kde v tele dochádza k oxidácii saligenínu na kyselinu salicylovú?
 - a. v žalúdku
 - b. v dvanástniku
 - c. v pečeni
 - d. v obličkách

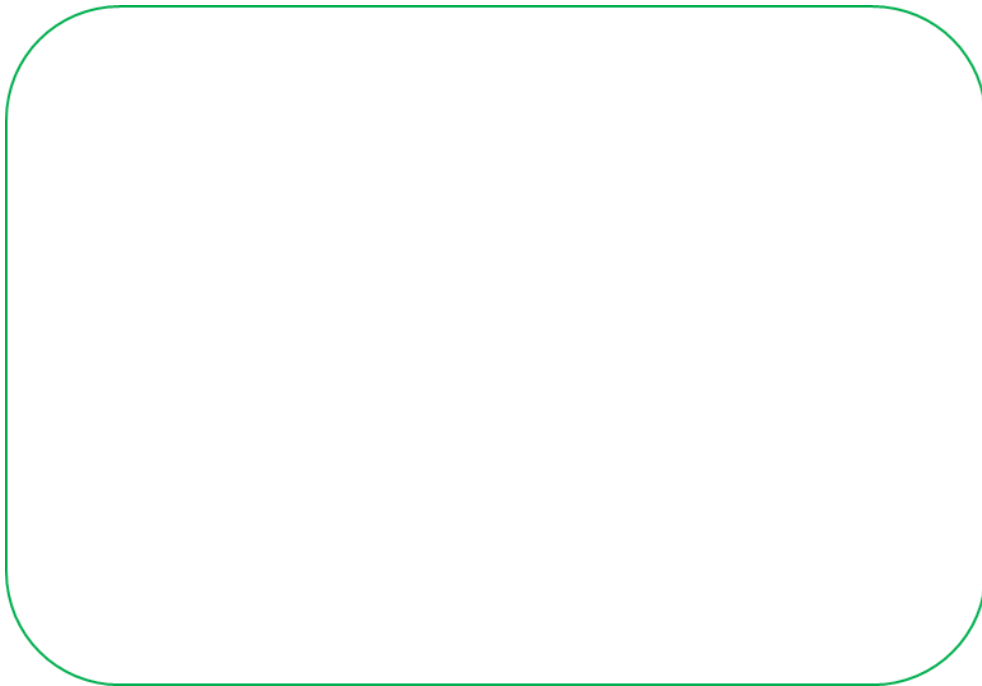
- Hlavnou výhodou salicínu oproti syntetickému aspirínu je, že:
 - a. nepôsobí protizápalovo
 - b. nespôsobuje poškodenie žalúdočnej sliznice
 - c. účinkuje okamžite po požití
 - d. chutí sladko

- Kto v staroveku odporúčal žuť vrbovú kôru pri horúčke a bolesti?
 - a. Avicenna
 - b. Galenos
 - c. Hippokratés
 - d. Paracelsus

- Ktorá látka je konečnou terapeuticky aktívnou zlúčeninou po premene salicínu?
 - a. saligenín
 - b. glukóza
 - c. kyselina salicylová
 - d. kyselina arachidónová

- Ktoré ďalšie zložky sa podľa predpokladov podieľajú na účinku vrby bielej?
 - a. len salicín
 - b. triesloviny, flavonoidy a estery salicínu
 - c. kofeín a kurkumín
 - d. vitamín C a minerálne látky

2. *Znáznornite metabolickú premenu salicínu na kyselinu salicylovú.*



3. Posúďte pravdivosť výrokov.

VÝROK	MOŽNOSŤ	
	PRAVDA	NEPRAVDA
Staršie listy vŕby bielej majú na spodnej strane sivý až modrastý nádych.		
Salicín je chemicky definovaný ako dusíkatý alkaloid.		
Vŕba biela je považovaná za najvýznamnejší prírodný zdroj salicínu.		
Saligenín je iný odborný názov pre kyselinu salicylovú.		
Salicín nespôsobuje poškodenie žalúdka, pretože je to prekurzor.		
Vŕbová kôra pôsobí ako selektívny inhibítor, ktorý blokuje iba COX-2.		
Extrakt z vŕbovej kôry sa v Mezopotámii používal už pred 6000 rokmi.		
K premene saligenínu na kyselinu salicylovú dochádza v obličkách.		

6.3.5 Téma: Vybrané liečivé rastliny a ich účinky – Mäta pieporná

1. Odpovedzte na nasledujúce otázky.

- Aký je botanický pôvod mäty piepornej?

- Ktoré tri skupiny látok tvoria hlavný terapeutický komplex v mäte piepornej?

- V jednoduchosti opíšte bunkový mechanizmus, ktorým mentol vyvoláva pocit chladu (pri nízkej koncentrácii).

- Ako dosahuje mentol svoj analgetický účinok pri vyšších koncentráciách?

- Opíšte vzhľad kvetov a ich usporiadanie na rastline.

2. Doplňte tabuľku tak, aby obsahovala správne a zmysluplné údaje.

KONCENTRÁCIA	CIEĽOVÝ RECEPTOR	VÝSLEDNÝ ÚČINOK
Nízka		Pocit intenzívneho chladu
Vyššia	TRPV1 (inhibícia)	
	TRPA1 (aktivácia)	

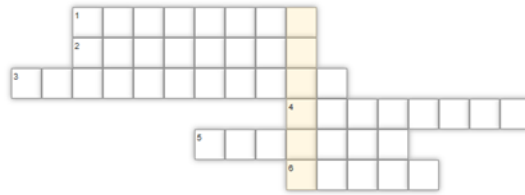
3. Vyriešte tajničku a určte výsledné slovo, ktoré sa v nej ukrýva.

<https://learningapps.org/display?v=pg9begotk26>

Táto úloha bola vytvorená pomocou aplikácie LearningApps. Po naskenovaní QR kódu študenti vyplnia hru online.



Ukážka úlohy:



- 1) Mäta vznikla cieleným _____ dvoch druhov.
- 2) Mäta sa využíva v kozmetike, parfumérstve, farmácii, _____ a potravinárstve.
- 3) Zložky silice, ktoré okrem mentolu a kyselín obsahuje mäta: _____.
- 4) Vďaka spazmolytickému účinku podporuje mäta _____, zmierňuje nadúvanie a stimuluje tvorbu žlče.
- 5) Mentol je prirodzene sa vyskytujúci terpénový _____.
- 6) Mäta sa pridáva do zubých produktov ako aromatická _____.

7 Riešenia otázok a úloh k tematickým celkom

7.1 Tematický celok: Súčasné poznatky o liečivách

7.1.1 Téma: História liečiv

1. Označte správnu odpoveď.

- Syntéza močoviny (1828) Friedrichom Wöhlerom bola zlomová, pretože odštartovala rozvoj:
 - a. anorganickej chémie
 - b. organickej chémie**
 - c. mikrobiológie
 - d. genetiky

- Objav prvého antibiotika, penicilínu (1928), sa pripisuje:
 - a. Brotzuovi
 - b. Sertürnerovi
 - c. Alexandrovi Flemingovi**
 - d. Paulovi Ehrlichovi

- Ktorá rastlina sa podľa archeologických nálezov využívala už v paleolite (80 000 p. n. l.)?
 - a. mydlica lekárka (*Saponaria officinalis*)
 - b. mak siaty (*Papaver somniferum*)
 - c. praslička (*Equisetum*)**
 - d. ginko (*Ginkgo*)

- Ktorá vedná disciplína sa zaoberá štúdiom toxických účinkov látok na organizmus?
 - a. iatrochémia
 - b. fytoterapia
 - c. toxikológia**
 - d. farmakognózia

- V ktorom storočí sa rozvíjala iatrochémia, ktorá podporila využívanie anorganických látok v liečbe?
 - a. v 16. storočí
 - b. v 17. storočí
 - c. v 19. storočí
 - d. v 20. storočí

- Arsfenamín, jedno z prvých syntetických liečiv, je derivátom:
 - a. zlata
 - b. močoviny
 - c. arzénu
 - d. penicilínu

2. Posúďte pravdivosť uvedených výrokov.

VÝROK	MOŽNOSŤ	
	PRAVDA	NEPRAVDA
Najstaršie zachované písomné záznamy o liečbe pochádzajú z Mezopotámie (cca 1600 p. n. l.).		X
Morfín bol prvýkrát izolovaný z ópia v roku 1828 Friedrichom Wöhlerom.		X
Penicilín bol objavený Alexandrom Flemingom v roku 1928.	X	
Fytoterapia (bylinná liečba) začala prekvitať až po objave penicilínu v 20. storočí.		X
Archeologické nálezy dokazujú využívanie liečivých rastlín už v strednom paleolite.	X	
Kokaín izoloval z listov koky Niemann v roku 1860.	X	

3. Usporiadajte udalosti / objavy chronologicky (1 = najstaršia, 6 = najnovšia).

<https://learningapps.org/display?v=pz8nn4vd526>

Táto úloha bola vytvorená pomocou aplikácie LearningApps. Po naskenovaní QR kódu študenti vyplnia hru online.



Ukážka úlohy:

A screenshot of a LearningApps activity interface. It features a vertical timeline with six white rounded rectangular boxes, each containing a historical event in medicine. The events are connected by a vertical line with blue circular markers. The interface has a yellow background and a blue checkmark icon in the bottom right corner.

Mezopotámske tabuľky: Najstaršie písomné záznamy o systematických liečebných poznatkoch (1600 p. n. l.).

Syntéza močoviny: Friedrich Wöhler dokazuje možnosť umelej výroby organických látok (1828).

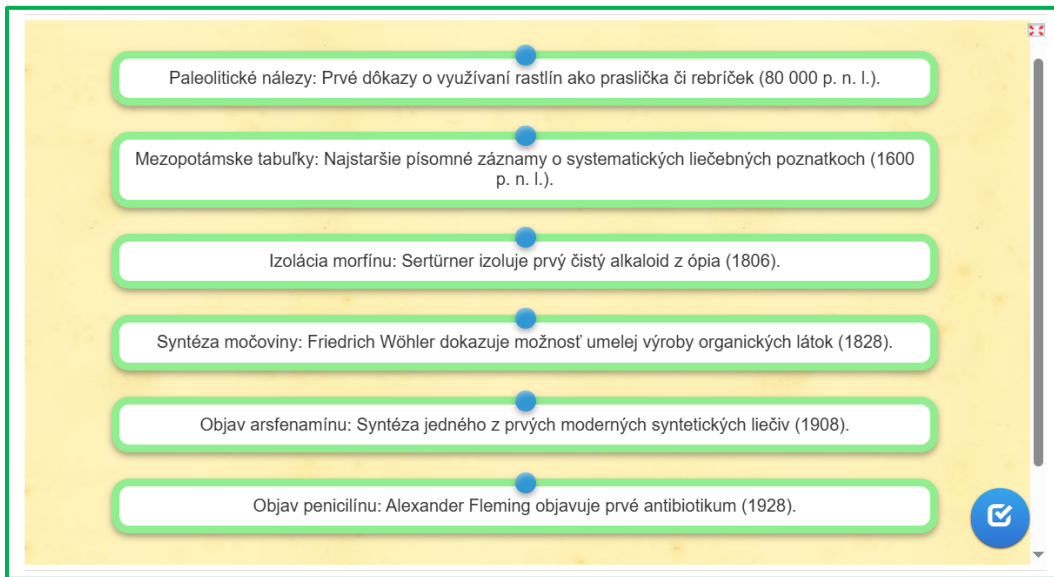
Izolácia morfinu: Sertürner izoluje prvý čistý alkaloid z ópia (1806).

Objav penicilínu: Alexander Fleming objavuje prvé antibiotikum (1928).

Paleolitické nálezy: Prvé dôkazy o využívaní rastlín ako praslička či rebríček (80 000 p. n. l.).

Objav arsfenamínu: Syntéza jedného z prvých moderných syntetických liečiv (1908).

Riešenie úlohy:



7.1.2 Téma: Názvoslovie liečiv

1. Odpovedzte na nasledujúce otázky.

- Vymenujte 5 typov názvov, ktoré radíme medzi synonymá liečiva:
chemický názov, generický názov, triviálny názov, medzinárodný nechránený názov (INN) a liekopisný názov
- Aká medzinárodná organizácia schvaľuje názvy INN?
Svetová zdravotnícka organizácia (WHO)
- Ktorý typ názvu sa v medicíne používa zriedkavo kvôli svojej zložitosti?
chemický názov
- Podľa čoho získali triviálny názov kyselina salicylová alebo chinín?
podľa rastlinného zdroja, z ktorého boli izolované
- Aké dve látky nemajú udelené INN?
rastlinné liečivá a liečivá typu homeopatik
- V akom jazyku sa uvádzajú liekopisné názvy (napr. Ibuprofenum)?
v latinčine
- Čo vyjadruje sufix „-áza“ (napr. v slove lipáza)?
vyjadruje, že sa jedná o enzým
- Aký je približný pomer počtu liekov voči počtu liečiv?
10:1

2. V tabuľke sú poprehadzované písmená. Usporiadajte ich tak, aby vzniknuté slovo dávalo zmysel.

SLOVÁ S POPREHADZOVANÝMI PÍSMENAMI	SPRÁVNE RIEŠENIE	NÁPOVEDA
YCKÝGENER	GENERICKÝ	Názov určený autorom / objaviteľom
SPIKONÝLIE	LIEKOPISNÝ	Latinský názov uvedený v liekopise
AMOLPARETAC	PARACETAMOL	Liečivo známe aj ako acetaminofén
KUMIRENEG	GENERIKUM	Liek po uplynutí patentovej ochrany
XIFERP	PREFIX	Predpona v názve INN, napr. cef-
BOCODNÝH	OBCHODNÝ	Iný názov pre patentovaný názov lieku
LITKPATORÁ	PROTILÁTKA	Slovo, z ktorého je odvodená prvá časť -mab
PATIKÁHOMEO	HOMEOPATIKÁ	Látky, ktorým sa neudeľuje INN

3. Označte správnu odpoveď.

- Ktorý typ názvov prevláda v súčasnej dobe u liečiv?
 - a. prírodné liečivá
 - b. syntetické liečivá**
 - c. homeopatické liečivá
 - d. liečivá rastlinného pôvodu

- Čo je podľa zákona liečivo?
 - a. technologicky upravená tableta
 - b. nositeľ biologického účinku**
 - c. čistá pomocná látka
 - d. akýkoľvek rastlinný extrakt

- Ako sa nazývajú všetky názvy, ktoré patria konkrétnemu liečivu?
 - a. homonymá
 - b. antonymá
 - c. synonymá**
 - d. morfémy

- Ktorý názov identifikuje chemický charakter čistej látky, ale v medicíne sa používa zriedkavo?
 - a. triviálny názov
 - b. chemický názov**
 - c. liekopisný názov
 - d. obchodný názov

- Príkladom chemicky nejednotného liečiva je:
 - a. chloroform
 - b. paracetamol
 - c. kôra chinínovníka**
 - d. kyselina acetylsalicylová

- Podľa čoho dostala názov "kyselina barbiturová"?
 - a. podľa objaviteľa menom Barbitur
 - b. podľa sviatku sv. Barbory a urey (močoviny)**
 - c. podľa miesta objavu (mesto Barbora)
 - d. podľa latinského názvu rastliny *Barbitura*

- Aká je úloha pomocných látok?
 - a. liečiť chorobu
 - b. nahradiť liečivo
 - c. uľahčiť výrobu a stabilitu**
 - d. určiť chemický názov

- Čím je chránený názov originálneho lieku, aby ho iné firmy nemohli používať?
 - a. sufixom -statín
 - b. latinským názvom
 - c. patentom (označenie ako obchodný / výrobný názov)**
 - d. liekopisným predpisom

- Čo znamenajú symboly ® alebo TM pri názve lieku?
 - a. liek je prírodného pôvodu
 - b. liek je pod registrovanou obchodnou značkou**
 - c. liek je určený len pre nemocnice
 - d. liek je generický

- Ktoré liečivo má chemický názov *N*-(4-hydroxyfenyl)acetamid?
 - a. kyselina salicylová
 - b. kyselina barbiturová
 - c. paracetamol**
 - d. ibuprofén

- Ktorý typ názvu je zväčša spojený s okolnosťami objavu, prípravy alebo vlastnosťou látky?
 - a. chemický názov
 - b. triviálny názov**
 - c. generický názov
 - d. liekopisný názov

- Kyselina acetylsalicylová je liečivo:
 - a. nejednotné
 - b. chemicky jednotné**
 - c. pomocné
 - d. homeopatické

7.1.3 Téma: Klasifikácia liečiv

1. Posúďte pravdivosť výrokov.

VÝROK	MOŽNOSŤ	
	PRAVDA	NEPRAVDA
ATC klasifikácia bola prvýkrát publikovaná v roku 1976.	X	
ATC kód je deväťmiestny a pozostáva len z číslíc.		X
V prvej úrovni ATC klasifikácie existuje celkovo 14 hlavných skupín.	X	
Každé liečivo môže mať pridelený maximálne jeden ATC kód.		X
Piata úroveň ATC kódu je tvorená veľkým tlačeným písmenom.		X

2. Doplňte chýbajúce výrazy do nasledujúcich tvrdení.

<https://learningapps.org/display?v=pmngty6m526>

Táto úloha bola vytvorená pomocou aplikácie LearningApps. Po naskenovaní QR kódu študenti vyplnia hru online.



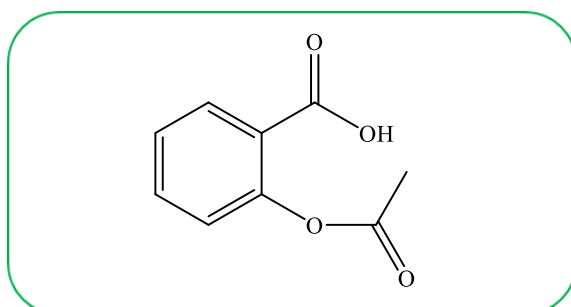
Ukážka úlohy:

Klasifikácia liečiv má význam edukačný, komunikačný a slúži na [] spotreby.
Celý názov ATC systému je anatomicko-terapeuticko [] klasifikácia.
ATC kód je [] (typ znaku) a pozostáva z piatich úrovní.
Prvá úroveň sa označuje [] tlačeným písmenom.
Druhá úroveň kódu vyjadruje hlavnú [] skupinu.
Liečivá viazané na [] predpis sú jedným zo spôsobov klasifikácie.
Kyselina [] je príkladom liečiva s viacerými ATC kódmi.
Ak kód končí dvojicou číslíc 01, ide o [] úroveň kódu.

Riešenie úlohy:

Klasifikácia liečiv má význam edukačný, komunikačný a slúži na [monitorovanie] spotreby.
Celý názov ATC systému je anatomicko-terapeuticko [chemická] klasifikácia.
ATC kód je [alfanumerický] (typ znaku) a pozostáva z piatich úrovní.
Prvá úroveň sa označuje [veľkým] tlačeným písmenom.
Druhá úroveň kódu vyjadruje hlavnú [terapeutickú] skupinu.
Liečivá viazané na [lekársky] predpis sú jedným zo spôsobov klasifikácie.
Kyselina [acetylsalicylová] je príkladom liečiva s viacerými ATC kódmi.
Ak kód končí dvojicou číslíc 01, ide o [piatu] úroveň kódu.

3. Napište vzorec liečiva, ktoré môže mať viacero ATC kódov a patrí medzi antipyretiká, antiflogistiká a analgetiká.



7.2 Tematický celok: Základy farmakológie

7.2.1 Téma: Mechanizmus účinku liečiv

1. Označte všetky správne odpovede. Správna môže byť jedna alebo viac možností.

- Ktorými oblasťami sa zaoberá farmakológia?
 - a. osudom účinných látok v organizme**
 - b. mechanizmami pôsobenia liečiv**
 - c. štúdiom minerálov v zemskej kôre
 - d. nežiaducimi účinkami liečiv**

- S ktorými disciplínami farmakológia úzko spolupracuje?
 - a. toxikológia**
 - b. veterinárna farmakológia**
 - c. geológia
 - d. fyzika

- Čo platí o farmakokinetickej a farmakodynamickej fáze?
 - a. po aplikácii liečiva prebieha najprv farmakodynamická fáza
 - b. farmakokinetika skúma to, čo robí organizmus s liečivom**
 - c. farmakodynamika skúma to, čo robí liečivo s organizmom**
 - d. farmakodynamická fáza prebieha po farmakokinetickej fáze**

- Čo sú to receptory z hľadiska farmakológie?
 - a. špecifické cieľové štruktúry, na ktoré sa viažu molekuly liečiva**
 - b. proteínové štruktúry na povrchu alebo vo vnútri buniek**
 - c. anorganické ióny voľne plávajúce v krvi
 - d. makromolekuly nachádzajúce sa vo vnútri buniek**

- Čo charakterizuje agonistu?
 - a. napodobňuje prirodzený (fyziologický) ligand**
 - b. aktivuje receptor a vyvoláva bunkovú odpoveď**
 - c. bráni aktivácii receptora a tlmí odpoveď
 - d. spôsobuje konformačnú zmenu v mieste pôsobenia**

- Ktoré faktory určujú mieru účinku agonistu?
 - a. afinita k receptoru (sila väzby)**
 - b. vnútorná aktivita (schopnosť vyvolať reakciu)**
 - c. farba tablety
 - d. len fyzikálno-chemické vlastnosti bez väzby na proteín

- Čo charakterizuje antagonistu?
 - a. blokuje aktiváciu receptora**
 - b. inhibuje fyziologickú reakciu**
 - c. má vysokú vnútornú aktivitu
 - d. viaže sa na miesto pôsobenia, ale nespôsobuje konformačnú zmenu**

- Aké typy antagonizmu poznáme?
 - a. kompetitívny antagonizmus**
 - b. reverzibilný kompetitívny antagonizmus**
 - c. ireverzibilný kompetitívny antagonizmus**
 - d. absolútny agonizmus

- Čo je typické pre ireverzibilný kompetitívny antagonizmus?
 - a. antagonista sa pevne viaže na receptor**
 - b. nedochádza k disociácii antagonistu z receptora**
 - c. zvýšenie koncentrácie agonistu môže tento blok zrušiť
 - d. vedie k trvalému blokovaniu receptora**

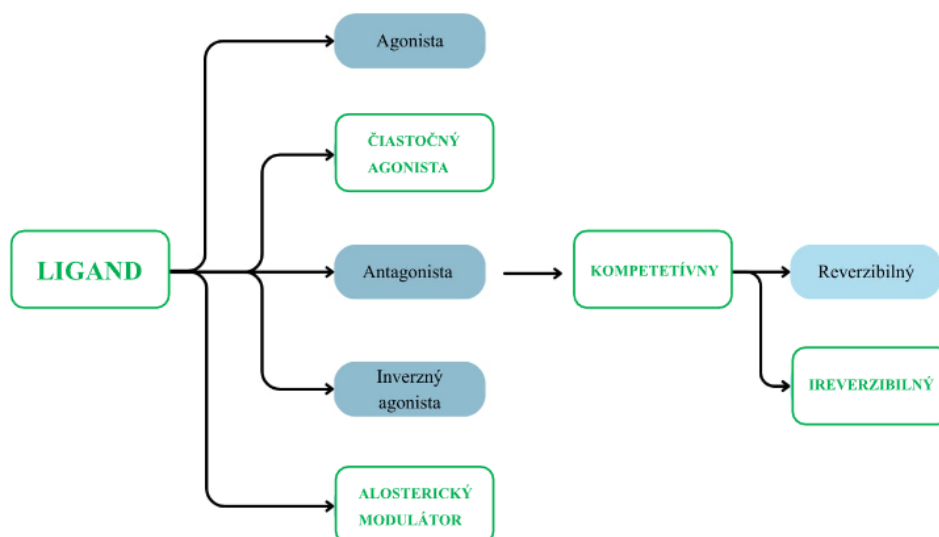
- Čo platí o nešpecifických mechanizmoch účinku?
 - a. ich podstatou sú fyzikálno-chemické vlastnosti liečiva**
 - b. vyžadujú si väzbu na špecifický receptorový proteín
 - c. pôsobí takto menšia časť liečiv využívaných v praxi**
 - d. patria sem napríklad adsorbenciá a antacidá**

2. Prepojte pojmy z oboch stĺpcov tak, aby vznikli správne dvojice.

(A) Farmakokinetika	(1) Čo robí liečivo s organizmom
(B) Farmakoterapia	(2) Čo robí organizmus s liečivom
(C) Paralýza	(3) Zvýšenie funkcie nad fyziologickú hodnotu
(D) Farmakodynamika	(4) Využitie liečiva v liečbe chorých
(E) Agonista	(5) Blokátor receptora
(F) Excitácia	(6) Zníženie funkcie pod fyziologickú hodnotu
(G) Aktívne uhlie	(7) Antacidum
(H) Dimerkaprol	(8) Osmotické laxatívum
(I) Antagonista	(9) Aktivátor receptora
(J) Laktulóza	(10) Adsorbens
(K) Hydrotalcit	(11) Chelátotvorná látka

A - 2	B - 4	C - 6	D - 1	E - 9	F - 3
G - 10	H - 11	I - 5	J - 8	K - 7	

3. Doplňte pojmovú mapu tak, aby jednotlivé pojmy na seba logicky nadväzovali a vytvárali tak zmysluplný celok.



7.2.2 Téma: Diklofenak ako modelové liečivo

1. Označte správnu odpoveď.

- V ktorom roku bol diklofenak prvýkrát syntetizovaný?
 - a. 1974
 - b. 1973**
 - c. 1988
 - d. 2015

- Ktorý chemický názov prislúcha diklofenaku?
 - a. kyselina acetylsalicylová
 - b. kyselina 2-(2,6-dichlóranilino)fenyloctová**
 - c. *N*-(4-hydroxyfenyl)acetamid
 - d. kyselina barbiturová

- Aký je rozdiel medzi sodnou a draselnou soľou diklofenaku?
 - a. sodná soľ sa vstrebáva v žalúdku, draselná v dvanástniku
 - b. draselná soľ sa uvoľňuje v žalúdku, sodná odoláva žalúdočnému pH a uvoľňuje sa v dvanástniku**
 - c. sodná soľ je len na vonkajšie použitie (gél), draselná len na infúzie
 - d. medzi ich vstrebávaním nie je žiadny rozdiel

- Na liečbu ktorého ochorenia sa diklofenak používa pri lokálnom (kožnom) podaní?
 - a. šedý zákal
 - b. aktinická keratóza**
 - c. dysmenorea
 - d. fotofóbia

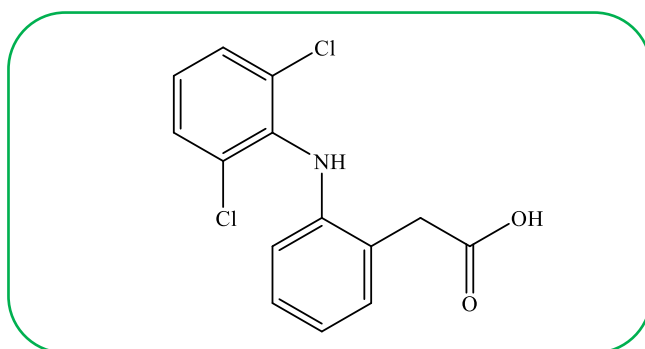
- Do ktorej farmakologickej skupiny patrí diklofenak?
 - a. kortikosteroidy
 - b. opioidné analgetiká
 - c. NSAID (nesteroidné protizápalové lieky)**
 - d. Antacidá

- Aký je mechanizmus účinku diklofenaku na bunkovej úrovni?
 - a. aktivácia fosfolipázy A2
 - b. inhibícia cyklooxygenáz (COX-1 a COX-2)**
 - c. zvýšenie produkcie prostaglandínov
 - d. blokovanie receptorov pre kofeín

- Čo sa stane v organizme v dôsledku inhibície enzýmov COX diklofenakom?
 - a. zvýši sa kapilárna permeabilita
 - b. zníži sa tvorba prozápalových prostaglandínov a tromboxánov**
 - c. dôjde k masívnej vazodilatácii
 - d. aktivujú sa periférne nociceptory

- Ako sa prejavuje antipyretický účinok diklofenaku?
 - a. znížením prahu horúčky inhibíciou syntézy prostaglandínov v hypotalame**
 - b. zvýšením tvorby voľných radikálov
 - c. mechanickým ochladením pokožky
 - d. inhibíciou migrácie leukocytov v mieste zápalu

2. Napište štruktúrny vzorec diklofenaku (kyselina 2-(2,6-dichlóranilino)fenyloctová).



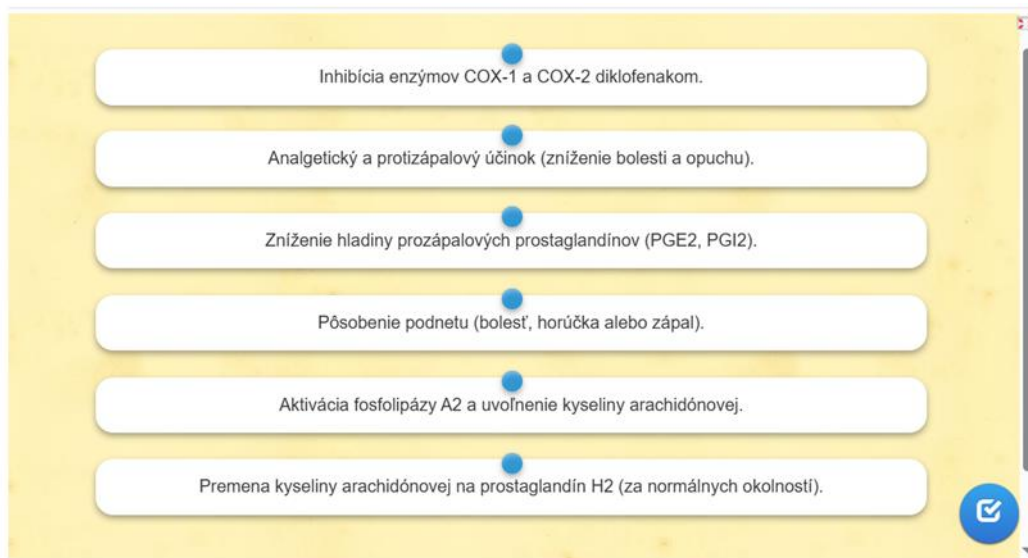
3. Usporiadajte nasledujúce deje, tak ako prebiehajú v organizme.

<https://learningapps.org/display?v=pgymtrxnk26>

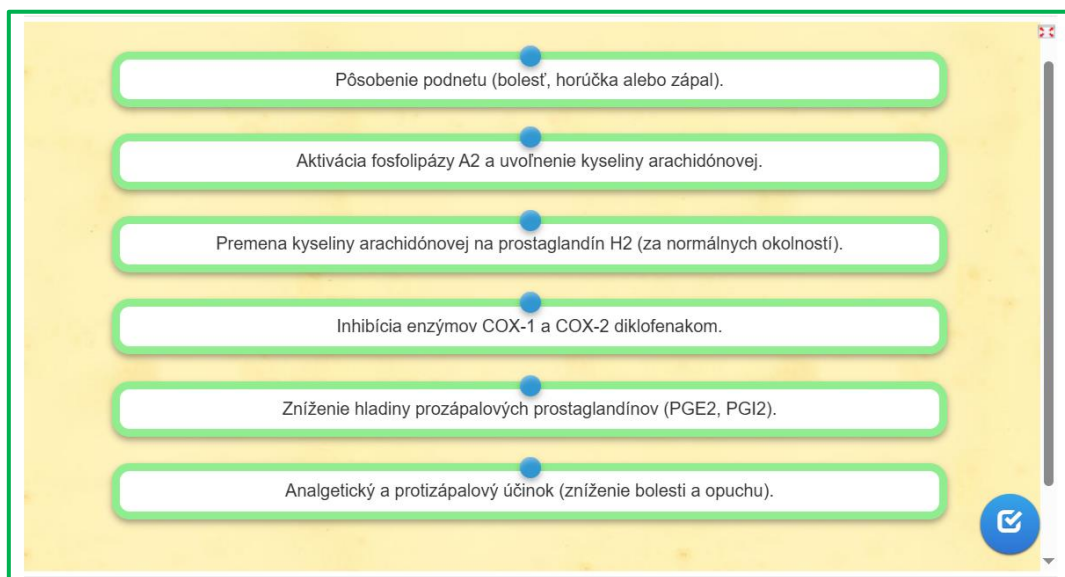
Táto úloha bola vytvorená pomocou aplikácie LearningApps. Po naskenovaní QR kódu študenti vyplnia hru online.



Ukážka úlohy:



Riešenie úlohy:



7.3 Tematický celok: Rastlinné liečivá ako zdroj účinných látok

7.3.1 Téma: Bioaktívne látky rastlinného pôvodu – primárne metabolity

1. Doplňte chýbajúce výrazy do nasledujúcich tvrdení.

- Primárne metabolity sú nevyhnutné pre **rast**, vývoj a **rozmnožovanie** rastliny.
- Sacharidy vznikajú v rastlinách procesom nazývaným **fotosyntéza**.
- U rastlín slúži ako zásobná látka **škrob**, zatiaľ čo u živočíchov je to **glykogén**.
- Základnou stavebnou jednotkou bielkovín sú **aminokyseliny**, ktoré sa spájajú **peptidovou** väzbou.
- Lipidy sú chemicky **estery** vyšších karboxylových kyselín a alkoholov.
- Nukleové kyseliny DNA a RNA sa skladajú z **nukleotidov**.
- Vitamíny rozpustné v **tukoch** sú A, D, E a K.
- Ak má organizmus kritický nedostatok vitamínov, tento stav označujeme ako **avitaminóza**.

2. Označte správnu odpoveď.

- Medzi primárne metabolity nepatria:
 - a. sacharidy
 - b. proteíny
 - c. alkaloidy**
 - d. lipidy

- Ktorý sacharid je súčasťou štruktúry DNA?
 - a. glukóza
 - b. deoxyribóza**
 - c. fruktóza
 - d. škrob

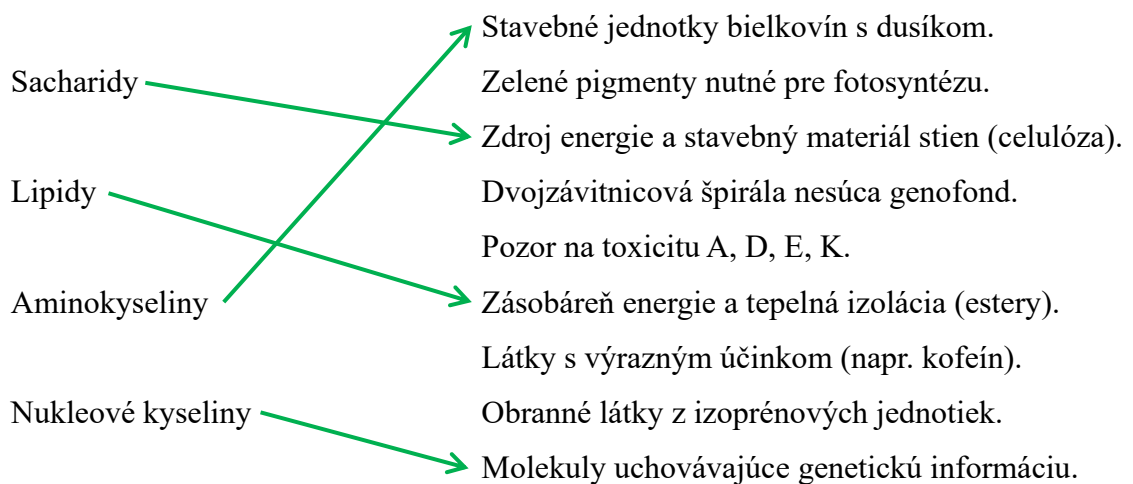
- Aldózy sú sacharidy, ktoré obsahujú skupinu:
 - a. aldehydovú**
 - b. ketónovú
 - c. hydroxylovú
 - d. karboxylovú

- Esenciálne aminokyseliny sú také, ktoré:
 - a. si telo vytvorí samo
 - b. musí organizmus prijímať potravou**
 - c. rastlina nepotrebuje
 - d. sa nenachádzajú v bielkovinách

- Lipidy sú vo vode spravidla:
 - a. dobre rozpustné
 - b. nerozpustné**
 - c. rozpustné len pri vysokom pH
 - d. tvoria pravé roztoky

- Hormóny pôsobia špecificky len na bunky, ktoré majú príslušné:
 - a. enzýmy
 - b. receptory**
 - c. pigmenty
 - d. vitamíny

3. Priradte správnu dvojicu. Pozor, nie všetky definície (pravý stĺpec) sú využité!



7.3.2 Téma: Bioaktívne látky rastlinného pôvodu – sekundárne metabolity

1. Odpovedzte na nasledujúce otázky.

- Vymenujte aspoň 4 hlavné skupiny sekundárnych metabolitov podľa ich chemickej štruktúry:

alkaloidy, terpenoidy, polyfenoly (fenolové látky) a glykozidy

- Aký je základný skelet (počet uhlíkov) typický pre chemickú štruktúru flavonoidov?

základný skelet je C₆-C₃-C₆

- Podľa čoho delíme polyfenoly do štyroch základných podskupín?

delia sa podľa počtu fenolových kruhov a spôsobu, akým sú tieto kruhy navzájom prepojené

- Uvedte tri typy väzieb, ktorými sa môžu v terpenoidoch spájať izoprénové jednotky:

hlava – chvost (najčastejšia), hlava – hlava a chvost – chvost

- Vysvetlite, čo znamená synergický účinok viacerých látok v rastlinných prípravkoch:

Znamená to, že výsledný liečebný účinok zmesi látok (napr. v rastlinnom extrakte) je vyšší než súčet účinkov jednotlivých látok izolovaných samostatne. Látky sa v účinku navzájom podporujú.

- Ktoré rastlinné pigmenty sú zodpovedné za žlté až červené sfarbenie a ochranu pred oxidačným stresom?

karotenoidy (napr. β-karotén, lykopén)

2. Označte správnu odpoveď.

- Sekundárne metabolity sú pre rastlinu typické tým, že:
 - a. sú nevyhnutné pre rast a dýchanie
 - b. nie sú nevyhnutné pre prežitie, ale slúžia na obranu**
 - c. sa nachádzajú v každej bunke v rovnakom množstve
 - d. sú to výhradne primárne zdroje energie

- Názov „alkaloid“ je odvodený od arabského slova označujúceho:
 - a. kyselinu
 - b. zásadu**
 - c. cukor
 - d. tuk

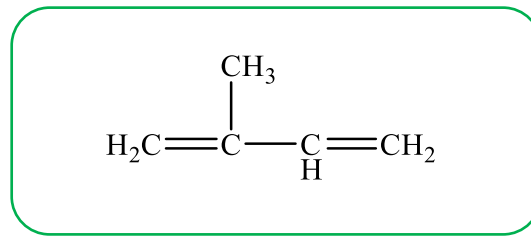
- Ktorá látka dáva rastlinám červené, fialové a modré odtiene?
 - a. chlorofyl
 - b. karotenoidy
 - c. antokyány**
 - d. pteríny

- Základná stavebná jednotka terpenoidov sa nazýva::
 - a. glukóza
 - b. izoprénová jednotka**
 - c. fenolové jadro
 - d. glycín

- Príkladom tetraterpénu (8 izoprénových jednotiek) je:
 - a. β -karotén**
 - b. limonén
 - c. kaučuk
 - d. izoprén

- Alkaloidy obsahujú v molekule heterocyklický kruh s atómom:
 - a. horčíka
 - b. dusíka**
 - c. fosforu
 - d. vápnika

3. Napište štruktúrny vzorec izoprénu (2-metylbuta-1,3-dién).



7.3.3 Téma: Vybrané liečivé rastliny a ich účinky – Kurkuma pravá

1. Doplňte chýbajúce výrazy do nasledujúcich tvrdení.

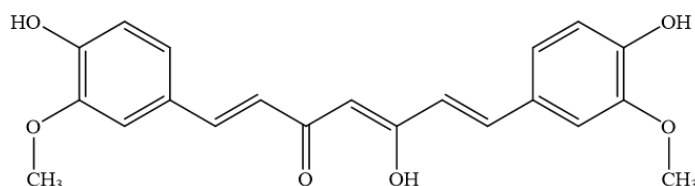
- Kurkuma pravá patrí do čeľade **d'umbierovitých** a jej liečivou časťou sú podzemky.
- Hlavnou a najaktívnejšou zložkou kurkumy je polyfenol **kurkumín**.
- Kurkumín je spolu s demetoxykurkumínom a bisdemetoxykurkumínom súčasťou skupiny látok nazývaných **kurkuminoidy**.
- Jasne žltá farba kurkumy pochádza z pigmentov, ktoré sú rozpustné v **tukoch**.
- Kurkumín vykazuje silné **protizápalové** pôsobenie vďaka inhibícii širokého spektra zápalových markerov.
- Enzým cyklooxygenáza premieňa **kyselinu** arachidónovú na prostaglandíny a tromboxány.
- Kľúčový transkripčný faktor, ktorý kurkumín udržiava v neaktívnom stave v cytoplazme, sa označuje **NF-κB**.
- Pokles produkcie prostaglandínu **PGE2** vedie k zmierneniu zápalu a obmedzeniu delenia nádorových buniek.

2. Usporiadajte nasledujúce deje mechanizmu účinku kurkumínu (od 1 po 6).

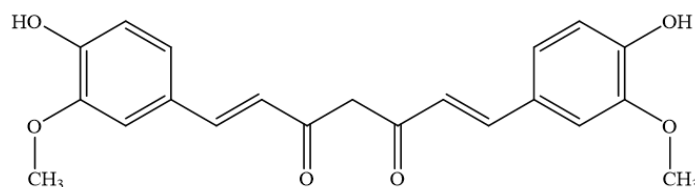
- **(3)** Aktivovaný NF-κB prechádza do jadra a spúšťa expresiu génu pre COX-2.
- **(4)** Kurkumín inhibuje aktivitu komplexu IκK, čím "uzamkne" NF-κB v cytoplazme.
- **(1)** Dochádza k aktivácii signalizačného komplexu IκK v bunke postihnutej zápalom.

- (5) Zníženie hladiny COX-2 vedie k poklesu produkcie prostaglandínov (PGE2).
- (2) Fosforylácia a následná degradácia inhibičného proteínu IκB.
- (6) Zastavenie zápalovej reakcie a vyvolanie apoptózy nádorových buniek.

3. Napíšte sumárny vzorec kurkumínu a určte jeho keto a enol formu.



ENOL



KETO

7.3.4 Téma: Vybrané liečivé rastliny a ich účinky – Vřba biela

1. Označte správnu odpoveď.

- Vřba biela patř do čeľade:
 - d'umbierovité
 - vřbovité**
 - ruřovité
 - astrovité

- Kde sa vrba biela prirodzene nevyskytuje?
 - a. v Európe
 - b. v Ázii
 - c. v Severnej Amerike**
 - d. v severnej Afrike

- V ktorom roku bol prvýkrát izolovaný salicín?
 - a. 1973
 - b. 1828**
 - c. 1928
 - d. 1888

- Salicín je z hľadiska chemickej štruktúry:
 - a. alkaloid
 - b. alkoholický β -glukozid**
 - c. saponín
 - d. steroid

- Salicín sa v tele hydrolyzuje pôsobením emulzie (v čreve) na:
 - a. kyselinu acetylsalicylovú
 - b. D-glukózu a saligenín**
 - c. čistý alkohol
 - d. kyselinu arachidónovú

- Kde v tele dochádza k oxidácii saligenínu na kyselinu salicylovú?
 - a. v žalúdku
 - b. v dvanástniku
 - c. v pečeni**
 - d. v obličkách

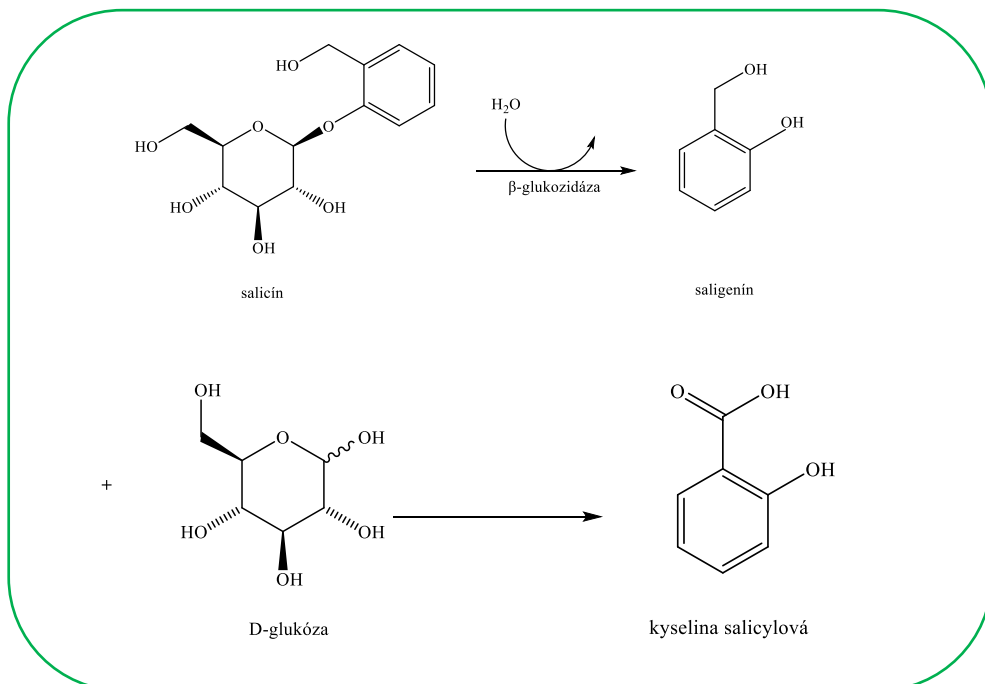
- Hlavnou výhodou salicínu oproti syntetickému aspirínu je, že:
 - a. nepôsobí protizápalovo
 - b. nespôsobuje poškodenie žalúdočnej sliznice**
 - c. účinkuje okamžite po požití
 - d. chutí sladko

- Kto v staroveku odporúchal žuť vrbovú kôru pri horúčke a bolesti?
 - a. Avicenna
 - b. Galenos
 - c. Hippokratés**
 - d. Paracelsus

- Ktorá látka je konečnou terapeuticky aktívnou zlúčeninou po premene salicínu?
 - a. saligenín
 - b. glukóza
 - c. kyselina salicylová**
 - d. kyselina arachidónová

- Ktoré ďalšie zložky sa podľa predpokladov podieľajú na účinku vrby bielej?
 - a. len salicín
 - b. triesloviny, flavonoidy a estery salicínu**
 - c. kofeín a kurkumín
 - d. vitamín C a minerálne látky

2. Znázornite metabolickú premenu salicínu na kyselinu salicylovú.



3. Posúďte pravdivosť výrokov.

VÝROK	MOŽNOSŤ	
	PRAVDA	NEPRAVDA
Staršie listy vŕby bielej majú na spodnej strane sivý až modrastý nádych.	X	
Salicín je chemicky definovaný ako dusíkatý alkaloid.		X
Vŕba biela je považovaná za najvýznamnejší prírodný zdroj salicínu.	X	
Saligenín je iný odborný názov pre kyselinu salicylovú.		X
Salicín nespôsobuje poškodenie žalúdka, pretože je to prekursor.	X	
Vŕbová kôra pôsobí ako selektívny inhibítor, ktorý blokuje iba COX-2.		X
Extrakt z vŕbovej kôry sa v Mezopotámii používal už pred 6000 rokmi.	X	
K premene saligenínu na kyselinu salicylovú dochádza v obličkách.		X

7.3.5 Téma: Vybrané liečivé rastliny a ich účinky – Mäta pieporná

1. Odpovedzte na nasledujúce otázky.

- Aký je botanický pôvod mäty piepornej?
vznikla krížením mäty vodnej a mäty klasnatej
- Ktoré tri skupiny látok tvoria hlavný terapeutický komplex v mäte piepornej?
silice (hlavne mentol), triesloviny a organické kyseliny
- V jednoduchosti opište bunkový mechanizmus, ktorým mentol vyvoláva pocit chladu (pri nízkej koncentrácii).
Mentol aktivuje kanály TRPM8 na neurónoch, čo vyvolá prítok vápenatých iónov (Ca²⁺) do neurónu. Tento elektrický signál je prenesený do mozgu a interpretovaný ako vnem chladu.

- Ako dosahuje mentol svoj analgetický účinok pri vyšších koncentráciách?
Priamo inhibuje (blokuje) kanál TRPV1, čím prerušuje prenos signálov o pálivej bolesti a teple, čo prináša úľavu od bolesti.
- Opíšte vzhľad kvetov a ich usporiadanie na rastline.
kvety sú drobné, ružovofialové a tvoria predĺžené klasovité súkvetia na bočných výhonkoch

2. Doplňte tabuľku tak, aby obsahovala správne a zmysluplné údaje.

KONCENTRÁCIA	CIELOVÝ RECEPTOR	VÝSLEDNÝ ÚČINOK
Nízka	TRPM8 (aktivácia)	Pocit intenzívneho chladu
Vyššia	TRPV1 (inhibícia)	Analgetický účinok
Veľmi vysoká	TRPA1 (aktivácia)	Zvýšené vnímanie bolesti

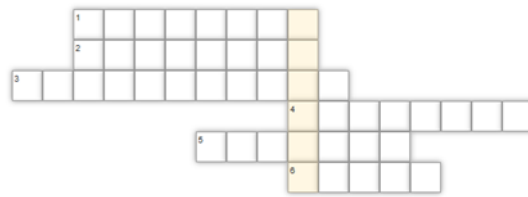
3. Vyriešte tajničku a určte výsledné slovo, ktoré sa v nej ukrýva.

<https://learningapps.org/display?v=pg9begotk26>

Táto úloha bola vytvorená pomocou aplikácie LearningApps. Po naskenovaní QR kódu študenti vyplnia hru online.

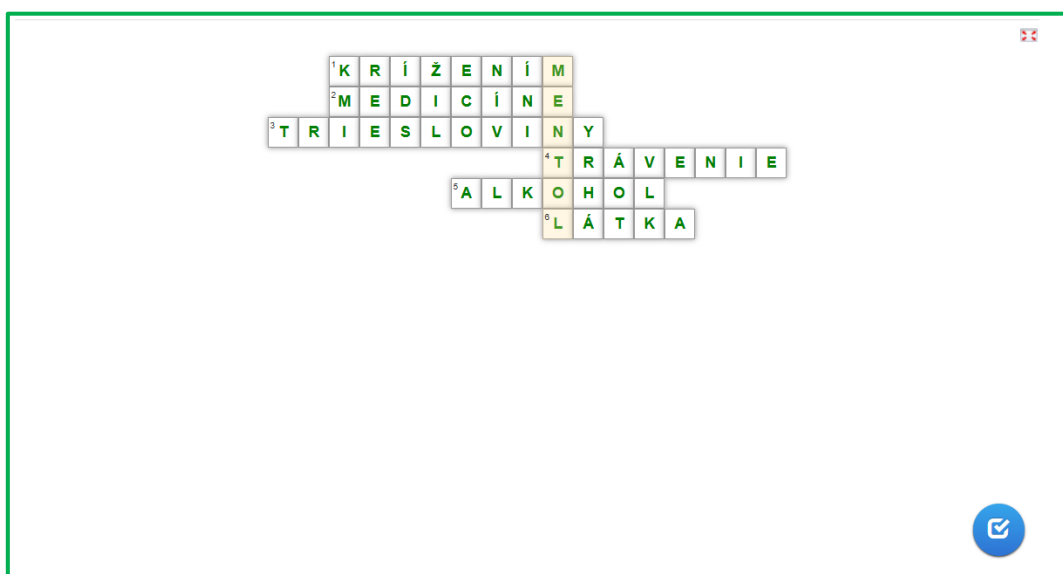


Ukážka úlohy:



- 1) Mäta vznikla cieleným _____ dvoch druhov.
- 2) Mäta sa využíva v kozmetike, parfumérstve, farmácii, _____ a potravinárstve.
- 3) Zložky silice, ktoré okrem mentolu a kyselín obsahuje mäta: _____.
- 4) Vďaka spazmolytickému účinku podporuje mäta _____, zmierňuje nadúvanie a stimuluje tvorbu žlče.
- 5) Mentol je prirodzene sa vyskytujúci terpénový _____.
- 6) Mäta sa pridáva do zubých produktov ako aromatická _____.

Riešenie úlohy:



ZÁVER

Cesta „od rastliny k lieku“ predstavuje zložitý a viacstupňový proces, ktorý spája prírodu, vedu a moderné technológie do jedného uceleného systému objavovania a vývoja liečiv. Biologicky aktívne látky rastlinného pôvodu zohrávajú v tomto procese zásadnú úlohu, pretože tvoria základ mnohých liekov používaných v súčasnej medicíne. Ich význam spočíva nielen v ich terapeutickom potenciáli, ale aj v schopnosti iniciovať vývoj nových syntetických a semisyntetických zlúčenín.

Pochopenie mechanizmov účinku týchto látok umožňuje lepšie porozumieť tomu, ako liečivá ovplyvňujú ľudský organizmus na molekulovej úrovni. Interakcie medzi biologicky aktívnymi látkami a cieľovými štruktúrami, ako sú receptory, enzýmy či nukleové kyseliny, sú základom ich farmakologického účinku. Vďaka týmto poznatkom je možné cielene ovplyvňovať patologické procesy v tele a zároveň minimalizovať nežiaduce účinky.

Výskum prírodných látok sa v súčasnosti opiera o interdisciplinárny prístup, ktorý spája poznatky z chémie, farmakológie, biológie, bioinformatiky a medicíny. Moderné analytické metódy a technologické postupy umožňujú detailnú charakterizáciu štruktúry látok, ich biologickej aktivity a mechanizmov pôsobenia. Zároveň sa rozvíjajú aj nové prístupy, ako je molekulové modelovanie či vysokovýkonné skrínigové metódy, ktoré výrazne urýchľujú proces prípravy liečiv.

Napriek pokroku v syntetickej chémii a biotechnológiách zostáva príroda jedinečným a nenahraditeľným zdrojom bioaktívnych zlúčenín. Mnohé rastliny obsahujú komplexné chemické štruktúry, ktoré je náročné synteticky pripraviť, a práve preto sú stále predmetom intenzívneho výskumu. Zároveň sa ukazuje, že ochrana biodiverzity a ekosystémov má priamy význam aj pre medicínsky výskum, pretože strata rastlinných druhov môže znamenať stratu potenciálnych liečiv. Zachovanie prírodného bohatstva sa tak stáva nevyhnutným predpokladom pre rozvoj farmaceutického výskumu, pričom symbióza medzi modernou vedou a rešpektom k biologickým zdrojom je jedinou cestou k udržateľnému rozvoju modernej medicíny.

Záverom možno konštatovať, že štúdium biologicky aktívnych látok a ich mechanizmov účinku je kľúčové pre rozvoj modernej farmakológie a medicíny. Umožňuje nielen lepšie pochopenie fungovania prírodných liečiv, ale aj efektívnejší návrh nových terapeutických látok s vyššou účinnosťou a bezpečnosťou. Cesta „od rastliny k lieku“ tak zostáva dynamickým a neustále sa rozvíjajúcim procesom, ktorý spája tradíciu prírodného liečiteľstva s najnovšími poznatkami vedy a techniky.

Radi by sme sa touto cestou poďakovali našim recenzentkám, prof. dr hab. inž. Małgorzate Kowalskej a dr Justyne Bojanowicz, prof. URad za ich odborný prístup, návrhy a cenné rady pri tvorbe učebnice. Ich dlhoročné skúsenosti a konštruktívne pripomienky boli pre nás nenahraditeľné a veľmi obohacujúce. Veríme, že vďaka ich odbornému prístupu sa nám podarilo vytvoriť dielo, ktoré bude pre študentov a pedagógov nielen kvalitným zdrojom informácií, ale aj praktickým sprievodcom v ich ďalšom štúdiu.

POUŽITÁ LITERATÚRA

1. ABE, J.; HOSOKAWA, H.; OKAZAWA, M.; KANDACHI, M.; SAWADA, Y. et al., (2005). TRPM8 Protein Localization in Trigeminal Ganglion and Taste Papillae. Online. *Molecular Brain Research*, vol. 136, iss. 1-2, pp. 91 – 98. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.molbrainres.2005.01.013>
2. ABRAHAM, J. J., (1948). Some Account of the History of the Treatment of Syphilis. Online. *British Journal of Venereal Diseases* (now published as *Sexually Transmitted Infections*), vol. 24, iss. 4, pp. 153 – 161. Available from: <https://doi.org/10.1136/sti.24.4.153>
3. AKERELE, O., (1993). Nature's Medicinal Bounty: Don't Throw it Away. Online. *World Health Forum*, vol. 14, iss. 4, pp. 390 – 395. Available from: <https://iris.who.int/items/cced30c4-4137-4868-9716-7d056ceffeff>
4. AKRAM, M.; UDDIN, S.; AHMED, A.; USMANGHANI, K.; HANNAN, A. et al., (2010). Curcuma longa and Curcumin: A Review. Online. *Romanian Journal of Biology Plant Biology*, vol. 55, no. 2, pp. 65 – 70. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Muhammad-Akram/88/publication/284415430_Curcuma_longa_and_Curcumin_A_review_article/links/56e326b108ae65dd4cbac278/Curcuma-longa-and-Curcumin-A-review-article.pdf
5. ALFARO, R. A. and DAVIS, D. D., (2023). Diclofenac. Online. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Bookshelf ID: NBK557879. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557879/>
6. ALTMAN, R.; BOSCH, B.; BRUNE, K.; PATRIGNANI, P. and YOUNG, C., (2015). Advances in NSAID Development: Evolution of Diclofenac Products Using Pharmaceutical Technology. Online. *Drugs*, vol. 75, iss. 8, pp. 859 – 877. Available from: <https://doi.org/10.1007/s40265-015-0392-z>
7. ASSAF, M.; KORKMAZ, A.; KARAMAN, Ş. and KULAK, M., (2022). Effect of Plant Growth Regulators and Salt Stress on Secondary Metabolite Composition in Lamiaceae Species. Online. *South African Journal of Botany*, vol. 144, iss. 1, pp. 480 – 493. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.10.030>

8. BAJRAKTARI, D.; BAUER, B. and ZENELI, L., (2022). Antioxidant Capacity of *Salix alba* (Fam. Salicaceae) and Influence of Heavy Metal Accumulation. Online. *Horticulturae*, vol. 8, iss. 7, pp. 642. Available from: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070642>
9. BASNET, P. and SKALKO-BASNET, N., (2011). Curcumin: An Anti-Inflammatory Molecule from a Curry Spice on the Path to Cancer Treatment. Online. *Molecules*, vol. 16, iss. 6, pp. 4567 – 4598. Available from: <https://doi.org/10.3390/molecules16064567>
10. BAUTISTA, D.; SIEMENS, J.; GLAZER, J.; TSURUDA, P. R.; BASBAUM, A. I. et al., (2007). The Menthol Receptor TRPM8 is the Principal Detector of Environmental Cold. Online. *Nature*, vol. 448, iss. 7150, pp. 204 – 208. Available from: <https://doi.org/10.1038/nature05910>
11. BEHRENDT, H.; GERMANN, T.; GILLEN, C.; HATT, H. and JOSTOCK, R., (2004). Characterization of the Mouse Cold-Menthol Receptor TRPM8 and Vanilloid Receptor Type-1 VR1 Using a Fluorometric Imaging Plate Reader (FLIPR) Assay. Online. *British Journal of Pharmacology*, vol. 141, iss. 4, pp. 737 – 745. Available from: <https://doi.org/10.1038/sj.bjp.0705652>
12. BERNARD, B.; JOSHI, H. and FAN, P., (2025). Menthol in Livestock: Unveiling Its Multifaceted Properties and Future Potential for Sustainable Agriculture. Online. *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 26, iss. 6, pp. 2679. Available from: <https://www.mdpi.com/1422-0067/26/6/2679#B45-ijms-26-02679>
13. BLAKE, M. I., (1983). The Naming of Drugs. *Pharmaceutical Technology*, vol. 7, pp. 44–50.
14. BOECKLER, G. A.; GERSHENZON, J. and UNSICKER, S. B., (2011). Phenolic Glycosides of the Salicaceae and Their Role as Anti-Herbivore Defenses. Online. *Phytochemistry*, vol. 72, iss. 13, pp. 1497 – 1509. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2011.01.038>

15. BONATERRA, G.; KELBER, O.; WEISER, D.; METZ, J.; KINSCHERF, R., (2011). *In vitro* Anti-Proliferative Effects of the Willow Bark Extract STW 33-I. Online. *Arzneimittelforschung*, vol. 60, iss. 6. pp. 330 – 335. Available from: <https://doi.org/10.1055/s-0031-1296296>
16. BRACHER, F. and DORNBECK, F., (2002). Was internationale Freinamen aussagen. *Pharm. Ztg.* 147, no. 45, pp. 16 – 26.
17. CHAINANI-WU, N., (2003). Safety and Anti-Inflammatory Activity of Curcumin: A Component of Tumeric (*Curcuma longa*). Online. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, vol. 9, no. 1, pp. 161 – 168. Available from: <https://doi.org/10.1089/107555303321223035>
18. COOMBES, A. J., (1996). *Stromy*. Martin: Osveta, 320 s. ISBN 80-88824-16-8.
19. CURRIE, G. M., (2018). Pharmacology, Part 1: Introduction to Pharmacology and Pharmacodynamics. Online. *Journal of Nuclear Medicine Technology*, vol. 46, iss. 2, pp. 81 – 86. Available from: <https://doi.org/10.2967/jnmt.117.199588>
20. ČIŽMÁRIKOVÁ, M. a TAKÁČ, P., (2019). *Liekové formy a aplikačné cesty podávania liekov so zameraním na ich význam v humánnej medicíne*. Košice: ŠafárikPress, 184 s. ISBN 978-80-8152-754-8.
21. DAS, S.; SULTANA, K. W. and CHANDRA, I., (2023). *In vitro* Propagation, Phytochemistry and Pharmacology of *Basilicum polystachyon* (L.) Moench (Lamiaceae): A Short Review. Online. *South African Journal of Botany*, vol. 155, iss. 4, pp. 178 – 186. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.02.009>
22. DEVÍNSKY, F., ĎURINDA, J. a LACKO, I., (2001). *Organická chémia pre farmaceutov*. Martin: Osveta, 750 s. ISBN 80-8063-056-9.
23. DREWS, J., (2000). Drug Discovery: A Historical Perspective. Online. *Science*, vol. 287, iss. 5460, pp. 1960 – 1964. Available from: <https://doi.org/10.1126/science.287.5460.1960>
24. ECCLES, R., (1994). Menthol and Related Cooling Compounds. Online. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, vol. 46, iss. 8, pp. 618 – 630. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.2042-7158.1994.tb03871.x>

25. ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA. (2025). *Peppermint*. Online. Date of update 2025-05-22. Available from: <https://www.britannica.com/plant/peppermint>
26. ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA. (2026). *Turmeric*. Online. Date of update 2026-02-27. Available from: <https://www.britannica.com/plant/turmeric>
27. ENGEL, S., (2001). Top 50 Pharma. Fundamentally Sound. *Pharma Business*, vol. 43, pp. 34 – 43.
28. GALEOTTI, N.; MANNELLI, L. DI C.; MAZZANTI, G.; BARTOLINI, A.; GHELARDINI, C., (2002). Menthol: A Natural Analgesic Compound. Online. *Neuroscience Letters*, vol. 322, iss. 3, pp. 145 – 148. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(01\)02527-7](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(01)02527-7)
29. GAN, T. J., (2010). Diclofenac: an Update on Its Mechanism of Action and Safety Profile. Online. *Current Medical Research & Opinion*, vol. 26, iss. 7, pp. 1715 – 1731. Available from: <https://doi.org/10.1185/03007995.2010.486301>
30. HEGER, J., KOLÁŘ, J. a ŠPRINGER, V., (2005). *Názvy liečiv a liekov a ich informačný potenciál*. Martin: Osveta, 289 s. ISBN 80-8063-183-2.
31. HERBAL REALITY, (2024). *Turmeric*. Blog post. Date of update 2020-07-06. Available from: <https://www.herbalreality.com/herb/turmeric/>
32. HERBAR ALBUMY, (2010). *Kurkuma pravá*. Blogový príspevok. Dátum aktualizácie 2011-05-26. Dostupné z: <https://herbar.albumy.biz/kurkuma-prava/>
33. *Index Nominum 2000: International Drug Directory*. (2000). 17th edition. Oxfordshire: Taylor & Francis, 1932 p. ISBN 3-887630-75-0.
34. *International Nonproprietary Names (INN) for Pharmaceutical Substances*. (2000). Geneva: WHO, 50 p. ISBN 0-119862-27-1.
35. ISEBRANDS, J. G. and RICHARDSON, J., (2014). *Poplars and Willows: Trees for Society and the Environment*. Online. Wallingford: CAB International, 656 p. ISBN 978-1-78064-108-9. Available from: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a34b3e72-733a-41ea-9e70-5e57e7f89a89/content>

36. JOSHI, R. K.; SATYAL, P. and SETZER, W. N., (2016). Himalayan Aromatic Medicinal Plants: A Review of their Ethnopharmacology, Volatile Phytochemistry, and Biological Activities. Online. *Medicines*, vol. 3, iss. 1, pp. 6. Available from: <https://doi.org/10.3390/medicines3010006>
37. KERTYS, M., (2021). *Základy všeobecnej farmakológie*. Bratislava: Grada, 172 s. ISBN 978-80-271-1746-8.
38. KHANAM, S.; MISHRA, P.; FARUQUI, T.; ALAM, P.; ALBALAWI, T.; SIDDIQUI, F.; RAFI, Z. and KHAN, S., (2025). Plant-based secondary metabolites as natural remedies: a comprehensive review on terpenes and their therapeutic applications. Online. *Frontiers in Pharmacology*, vol. 16, 1587215. ISSN 1663 – 9812. Available from: <https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1587215> [viewed 2025-09-07].
39. KLESSIG, D. F.; MIAOYING, T.; CHOI, H. W., (2016). Multiple Targets of Salicylic Acid and Its Derivatives in Plants and Animals. Online. *Frontiers in Immunology*, vol. 7, no. 206. Available from: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2016.00206>
40. KOLÁŘ, J. a ŠPRINGER, V., (2003). Názvy léčiv a léčivých přípravků. *Praktický lékař*, roč. 83, č. 3, s. 128–133. ISSN 0032-6739.
41. KORKINA, L. G., (2007). Phenylpropanoids as Naturally Occurring Antioxidants: From Plant Defense to Human Health. Online. *Cellular and Molecular Biology*, vol. 53, no. 1, pp. 15 – 25. Available from: <https://cellmolbiol.org/index.php/CMB/article/view/1102/770>
42. KOTAN, R.; KORDALI, S.; CAKIR, A., (2007). Screening of Antibacterial Activities of Twenty-One Oxygenated Monoterpenes. Online. *Zeitschrift für Naturforschung C*, vol. 62, no. 7-8, pp. 507 – 513. Available from: <https://doi.org/10.1515/znc-2007-7-808>
43. LEV-ARI, S.; MAIMON, Y.; STRIER, L.; KAZANOV, D.; ARBER, N., (2006). Down-regulation of Prostaglandin E2 by Curcumin is Correlated with Inhibition of Cell Growth and Induction of Apoptosis in Human Colon Carcinoma Cell Lines. Online. *Journal of the Society for Integrative Oncology*, vol. 4, iss. 1, pp. 21 – 26. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16737669/>

44. LI, Z.; ZHANG, H.; WANG, Y.; LI, Y.; LI, Q. et al., (2022). The Distinctive Role of Menthol in Pain and Analgesia: Mechanisms, Practices, and Advances. Online. *Frontiers in Molecular Neuroscience*, vol. 15. Available from: <https://doi.org/10.3389/fnmol.2022.1006908>
45. LIU, B.; FAN, L.; BALAKRISHNA, S.; SUI, A.; MORRIS, J. B. et al., (2013). TRPM8 Is the Principal Mediator of Menthol-Induced Analgesia of Acute and Inflammatory Pain. Online. *Pain*, vol. 154, iss. 10, pp. 2169 – 2177. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.pain.2013.06.043>
46. MAHDI, J. G.; MAHDI, A. J.; MAHDI, A. J.; BOWEN, I. D., (2006). The Historical Analysis of Aspirin Discovery, Its Relation to the Willow Tree and Antiproliferative and Anticancer Potential. Online. *Cell Proliferation*, vol. 39, iss. 2, pp. 147 – 155. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2184.2006.00377.x>
47. MARJORIBANKS, J.; PROCTOR, M.; FARQUHAR, C.; DERKS, R. S., (2010). Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drugs for Dysmenorrhoea. Online. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, iss. 1. Available from: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001751.pub2>
48. MARTÍNKOVÁ, J. a kol., (2007). *Farmakologie pro studenty zdravotníckych oborů*. Praha: Grada, 380 s. ISBN 978-80-247-1356-4.
49. MINISTERSTVO ZDRAVOTNÍCTVA SLOVENSKEJ REPUBLIKY. (2025). *Nové lieky v roku 2025: Ministerstvo zdravotníctva pokračuje v rozširovaní dostupnosti modernej liečby*. Online. Dátum aktualizácie 2025-11-24. Dostupné z: <https://www.health.gov.sk/Clanok?lieky202512>
50. MUKHERJEE, P. K., (2019). Bioactive Phytocomponents and Their Analysis. Online. In: Mukherjee, P. K., *Quality Control and Evaluation of Herbal Drugs*. Amsterdam: Elsevier, pp. 237 – 328. ISBN 978-0-12-813398-9. Available from: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813374-3.00007-7>
51. NAGY, M.; GRANČAI, D. a MUČAJI, P., (2012). *Farmakognózia – Biogenéza prírodných látok*. Martin: Osveta, 237 s. ISBN 978-80-8063-368-4.

52. NAHRSTEDT, A.; SCHMIDT, M.; JÄGGI, R.; METZ, J.; KHAYYAL, M. T., (2007). Willow Bark Extract: The Contribution of Polyphenols to the Overall Effect. Online. *Wiener medizinische Wochenschrift*, vol. 157, iss. 13-14, pp. 348 – 351. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10354-007-0437-3>
53. NAZIROĞLU, M.; BLUM, W.; JÓSVAY, K.; ÇIĞ, B.; HENZI, T. et al., (2018). Menthol Evokes Ca²⁺ Signals and Induces Oxidative Stress Independently of the Presence of TRPM8 (Menthol) Receptor in Cancer Cells. Online. *Redox Biology*, vol. 14, pp. 439 – 449. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.redox.2017.10.009>
54. NEALEN, M. L.; GOLD, M. S.; THUT, P. D.; CATERINA, M. J., (2003). TRPM8 mRNA Is Expressed in a Subset of Cold-Responsive Trigeminal Neurons From Rat. Online. *Journal of Neurophysiology*, vol. 90, iss. 1, pp. 515 – 520. Available from: <https://doi.org/10.1152/jn.00843.2002>
55. NEGWER, M. and SCHARNOW, H. G., (2001). *Organic-Chemical Drugs and their Synonyms*. Weinheim: John Wiley & Sons, vol. 1-6, 4698 p. ISBN 3-527302-47-6.
56. NEWMAN, D. J., CRAGG, G. M. and SNADER, K. M., (2000). The Influence of Natural Products upon Drug Discovery. Online. *Natural Product Reports*, vol. 17, iss. 3, pp. 215 – 234. Available from: <https://doi.org/10.1039/A902202C>
57. NGUYEN, T. H. D.; ITOH, S. G.; OKUMURA, H. and TOMINAGA, M., (2021). Structural Basis for Promiscuous Action of Monoterpenes on TRP Channels. Online. *Communications Biology*, vol. 4, no. 293. Available from: <https://doi.org/10.1038/s42003-021-01776-0>
58. OGUTCEN, E.; FERREIRA, P. de L.; WAGNER, N. D.; MARINČEK, P.; LEONG, J. V. et al., (2024). Phylogenetic Insights Into the Salicaceae: The Evolution of Willows and Beyond. Online. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, vol. 199, iss. 4, pp. 108161. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2024.108161>
59. OMOSA, L. K.; MIDIWO, J. O. and KUETE, V., (2017). Curcuma longa. Online. In: KUETE, V., *Medicinal Spices and Vegetables from Africa*. Cambridge: Academic Press, pp. 425 – 435. ISBN 978-0-12-809286-6. Available from: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809286-6.00019-4>

60. PANČÍK, P. (2016). Biopedia.sk: Lipidy. <https://biopedia.sk/biomolekuly/lipidy> [cit. 2026-01-23].
61. PATEL, T.; ISHIUJI, Y. and YOSIPOVITCH, G., (2007). Menthol: A Refreshing Look at This Ancient Compound. Online. *Journal of the American Academy of Dermatology*, vol. 57, iss. 5, pp. 873 – 878. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2007.04.008>
62. PERGOLIZZI, J. V.; TAYLOR, R.; LEQUANG, J. A. and RAFFA, R. B., (2018). The Role and Mechanism of Action of Menthol in Topical Analgesic Products. Online. *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics*, vol. 43, iss. 3, pp. 313 – 319. Available from: <https://doi.org/10.1111/jcpt.12679>
63. PHARMACY FREAK. (2026). *Mechanism of Action of Diclofenac*. Online. Date of update 2026-01-02. Available from: <https://pharmacyfreak.com/mechanism-of-action-of-diclofenac/>
64. PIĄTCZAK, E.; DYBOWSKA, M.; PŁUCIENNIK, E.; KOŚLA, K.; KOLNIAK-OSTEK, J. et al., (2020). Identification and Accumulation of Phenolic Compounds in the Leaves and Bark of *Salix alba* (L.) and Their Biological Potential. Online. *Biomolecules*, vol. 10, iss. 10, pp. 1391. Available from: <https://doi.org/10.3390/biom10101391>
65. PINA, A. S., HUSSAIN, A. and ROQUE, A. C. A., (2010). An Historical Overview of Drug Discovery. Online. In: Roque A. C. A., *Ligand-Macromolecular Interactions in Drug Discovery*. In book series: Methods in Molecular Biology. Totowa: Humana Press, vol. 572, pp. 3 – 12. ISBN 978-1-60761-244-5. Available from: https://doi.org/10.1007/978-1-60761-244-5_1
66. PIRARD, D.; VEREECKEN, P.; MÉLOT, C. and HEENEN, M., (2005). Three Percent Diclofenac in 2.5% Hyaluronan Gel in the Treatment of Actinic Keratoses: A Meta-analysis of the Recent Studies. Online. *Archives of Dermatological Research*, vol. 297, iss. 5, pp. 185 – 189. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00403-005-0601-9>

67. PLUMMER, S.; HOLLOWAY, K.; MANSON, M.; MUNKS, R. J. L.; KAPTEIN, A. et al., (1999). Inhibition of Cyclo-Oxygenase 2 Expression in Colon Cells by the Chemopreventive Agent Curcumin Involves Inhibition of NF-kB Activation via the NIK/IKK Signalling Complex. Online. *Oncogene*, vol. 18, iss. 44, pp. 6010 – 6020. Available from: <https://doi.org/10.1038/sj.onc.1202980>
68. RAJPUT, H. S., (2026). Mechanism of Action of Diclofenac. Online. *Pharmacy freak*. Date of update 2026-01-02. Available from: <https://pharmacyfreak.com/mechanism-of-action-of-diclofenac/>
69. RAMASUBRAMANIA, R. R., (2012). Medicinally Potential Plants of Labiatae (Lamiaceae) Family: An Overview. Online. *Research Journal of Medicinal Plant*, vol. 6, iss. 3, pp. 203 – 213. Available from: https://www.academia.edu/74799518/Medicinally_Potential_Plants_of_Labiatae_Lamiaceae_Family_An_Overview
70. RAVINDRAN, J.; SUBBARAJU, G. V.; RAMANI, M. V.; SUNG, B.; AGGARWAL, B. B., (2010). Bisdemethylcurcumin and Structurally Related Hispolon Analogues of Curcumin Exhibit Enhanced Prooxidant, Anti-Proliferative and Anti-Inflammatory Activities *in vitro*. Online. *Biochemical Pharmacology*, vol. 79, iss. 11, pp. 1658 – 1666. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2010.01.033>
71. RICCIOTTI, E. and FITZGERALD, G. A., (2011). Prostaglandins and Inflammation. Online. *American Heart Association Journals*, vol. 31, no. 5. Available from: <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.110.207449>
72. ROSENBAUM, T.; MORALES-LÁZARO, S. L. and ISLAS, L. D., (2022). TRP Channels: A Journey Towards a Molecular Understanding of Pain. Online. *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 23, pp. 596 – 610. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41583-022-00611-7>
73. SALAŠ, J. a USTOHALOVÁ, E., (1987). *Chémia liečiv*. Martin: Osveta, 384 s. ISBN 70-037-87.

74. SARACILA, M.; PANAITTE, T. D.; PAPUC, C. P. and CRISTE, R. D., (2021). Heat Stress in Broiler Chickens and the Effect of Dietary Polyphenols, with Special Reference to Willow (*Salix* spp.) Bark Supplements A Review. Online. *Antioxidants*, vol. 10, iss. 5, pp. 686. Available from: <https://doi.org/10.3390/antiox10050686>
75. SCHMID, B.; LÜDTKE, R.; SELBMANN, H. K.; KÖTTER, I.; TSCHIRDEWAHN, B. et al., (2001). Efficacy and Tolerability of a Standardized Willow Bark Extract in Patients with Osteoarthritis: Randomized Placebo-controlled, Double Blind Clinical Trial. Online. *Phytotherapy Research*, vol. 15, iss. 4, pp. 344 – 350. Available from: <https://doi.org/10.1002/ptr.981>
76. SCHMIDT, E.; BAIL, S.; BUCHBAUER, G.; STOILOVA, I.; ATANASOVA, T. et al., (2009). Chemical Composition, Olfactory Evaluation and Antioxidant Effects of Essential Oil from *Mentha x piperita*. Online. *Natural Product Communications*, vol. 4, no. 8, pp. 1107 – 1112. Available from: <https://doi.org/10.1177/1934578X0900400819>
77. SCHÖNFELDER, I. a SCHÖNFELDER, P., (2009). *Liečivé rastliny - Ottovo sprievodca prírodou*. Bratislava: Ottovo nakladateľstvo, 496 s. ISBN 978-80-7360-589-6.
78. SHARA, M. and STOHS, S. J., (2015). Efficacy and Safety of White Willow Bark (*Salix alba*) Extracts. Online. *Phytotherapy Research*, vol. 29, iss. 8, pp. 1112 – 1116. Available from: <https://doi.org/10.1002/ptr.5377>
79. SHARMA, R. A., (2002). Translational Medicine: Targetting Cyclo-Oxygenase Isozymes to Prevent Cancer. Online. *QJM: An International Journal of Medicine*, vol. 95, iss. 5, pp. 267 – 273. Available from: <https://doi.org/10.1093/qjmed/95.5.267>
80. SHISHODIA, S.; CHATURVEDI, M. M. and AGGARWAL, B. B., (2007). Role of Curcumin in Cancer Therapy. Online. *Current Problems in Cancer*, vol. 31, iss. 4, pp. 243 – 305. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.currproblcancer.2007.04.001>
81. SHIVATARE, R. S.; PHOPASE, M. L.; NAGORE, D. H.; NIPANIKAR, S. U.; CHITLANGE, S. S., (2015). Development and Validation of HPLC Analytical Protocol for Quantification of Salicin from *Salix alba* L. Online. *Inventi Journals*, vol. 2015, iss. 1. Available from: https://www.researchgate.net/publication/306393716_Development_and_Validation_of_HPLC_Analytical_Protocol_for_Quantification_of_Salicin_from_Salix_alba_L

82. SINGH, R.; SHUSHNI, M. A. M. and BELKHEIR, A., (2011). Antibacterial and Antioxidant Activities of *Mentha piperita* L. Online. *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 8, iss. 3, pp. 322 – 328. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2011.01.019>
83. SKVORTSOV, A. K., (1999). *Willows of Russia and Adjacent Countries: Taxonomical and Geographical Revision*. Online. Joensuu: University of Joensuu, 307 p. ISBN 951-708-766-7. Available from: https://www.botanical-dermatology-database.info/pdfs/%231748_Skvortsov1999.pdf
84. *Slovenský liekopis*, (1997-2004). 1. vydanie. Bratislava, Herba.
85. SOHAIL, R.; MATHEW, M., PATEL, K. K.; SRIJA, A. R.; HAIDER, Z. et al., (2023). Effects of Non-steroidal Anti-inflammatory Drugs (NSAIDs) and Gastroprotective NSAIDs on the Gastrointestinal Tract: A Narrative Review. Online. *Cureus*, vol. 15, iss. 4, no. e37080. Available from: <https://doi.org/10.7759/cureus.37080>
86. StatPearls Publishing. (2025). LiverTox: Clinical and Research Information on Drug-Induced Liver Injury [Internet]. Bethesda (MD): *National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases*. Online. Date of update 2025-05-28. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK548846/>
87. ŠVIHOVEC, J.; BULTAS, J.; ANZENBACHER, P.; CHLÁDEK, J.; PŘÍBORSKÝ, J. a ďalší, (2018). *Farmakologie*. Praha: Grada, 1008 s. ISBN 978-80-247-5558-8.
88. TAKAISHI, M.; UCHIDA, K.; SUZUKI, Y.; MATSUI, H.; SHIMADA, T. et al., (2016). Reciprocal Effects of Capsaicin and Menthol on Thermosensation through Regulated Activities of TRPV1 and TRPM8. Online. *The Journal of Physiological Sciences*, vol. 66, iss. 2, pp. 143 – 155. Available from: <https://doi.org/10.1007/s12576-015-0427-y>
89. TAKETO, M. M., (1998). Cyclooxygenase-2 Inhibitors in Tumorigenesis (Part II), *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*, vol. 90, iss. 21, pp. 1609 – 1620. Available from: <https://doi.org/10.1093/jnci/90.21.1609>
90. TAMPUCCI, S.; CARPI, S.; DIGIACOMO, M.; POLINI, B.; FOGLI, S. et al., (2019). Diclofenac-Derived Hybrids for Treatment of Actinic Keratosis and Squamous Cell Carcinoma. Online. *Molecules*, vol. 24, iss. 9, pp. 1793. Available from: <https://doi.org/10.3390/molecules24091793>

91. THOMAS, G., (2000). *Medicinal Chemistry: An Introduction*. Hoboken: John Wiley & Sons, 568 p. ISBN 0-471489-35-2.
92. TOGNETTI, R.; COCOZZA, C. and MARCHETTI, M., (2013). Shaping the Multifunctional Tree: The Use of Salicaceae in Environmental Restoration. Online. *iForest Biogeosciences and Forestry*, vol. 6, iss. 1, pp. 37 – 47. Available from: <https://doi.org/10.3832/ifor0920-006>
93. TSUJII, M.; KAWANO, S.; TSUJI, S.; SAWAOKA, H.; HORI, M. et al., (1998). Cyclooxygenase Regulates Angiogenesis Induced by Colon Cancer Cells. Online. *Cell*, vol. 93, iss. 5, pp. 705 – 716. Available from: [https://doi.org/10.1016/s0092-8674\(00\)81433-6](https://doi.org/10.1016/s0092-8674(00)81433-6)
94. VOLÁK, J.; STODOLA, J. a SEVERA, F., (1987). *Velká kniha léčivých rostlín*. Bratislava: Příroda, 320 s. ISBN 064-029-87.
95. WICHITNITHAD, W.; JONGAROONNGAMSANG, N.; PUMMANGURA, S. and ROJSITTHISAK, P., (2009). A Simple Isocratic HPLC Method for the Simultaneous Determination of Curcuminoids in Commercial Turmeric Extracts. Online. *Phytochemical Analysis*, vol. 20, iss. 4, pp. 314 – 319. Available from: <https://doi.org/10.1002/pca.1129>
96. WILLIAMS, B. S. and BUVANENDRAN, A., (2011). Nonopioid Analgesics: NSAIDs, COX-2 Inhibitors, and Acetaminophen. Online. In: BENZON, H. T.; RAJA, S. N.; LIU, S. S.; FISHMAN, S. M.; COHEN, S. P. et al., *Essentials of Pain Medicine*. 3rd edition. Philadelphia: Saunders/Elsevier, pp. 130 – 139. ISBN 978-1-4377-2242-0. Available from: <https://doi.org/10.1016/B978-1-4377-2242-0.00026-2>
97. WILLIAMS, K., (2009). The Introduction of 'Chemotherapy' Using Arsphenamine - the First Magic Bullet. Online. *Journal of the Royal Society of Medicine*, vol. 102, iss. 8, pp. 343 – 348. Available from: <https://doi.org/10.1258/jrsm.2009.09k036>
98. WINSLOW, L. C. and KROLL, D. J., (1998). Herbs as Medicines. Online. *Archives of Internal Medicine*, vol. 158, iss. 20, pp. 2192 – 2199. Available from: <https://doi.org/10.1001/archinte.158.20.2192>

99. YEZERSKA, O.; DARMOGRAJ, R.; HUDZ, N. and LEVON, V., (2021). Prospects of the Application of Some Species of the Lamiaceae Family and Some Features of the Development of Their Tinctures. Online. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, vol. 5, iss. 1, pp. 72 – 79. Available from: <https://doi.org/10.15414/ainhlq.2021.0008>
100. YIN, Y.; PARK, C.-G.; ZHANG, F.; FEDOR, J. G.; FENG, S. et al., (2024). Mechanisms of Sensory Adaptation and Inhibition of the Cold and Menthol Receptor TRPM8. Online. *Science Advances*, vol. 10, no. 3. Available from: <https://doi.org/10.1126/sciadv.adp2211>
101. ZAITER, A.; BECKER, L.; PETIT, J.; ZIMMER, D.; KARAM, M.-C. et al., (2016). Antioxidant and Antiacetylcholinesterase Activities of Different Granulometric Classes of *Salix alba* (L.) Bark Powders. Online. *Powder Technology*, vol. 301, pp. 649 – 656. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2016.07.014>
102. Zákon NR SR č. 362/2011 Z.z., o liekoch a zdravotníckych pomôckach a o zmene a doplnení niektorých zákonov Dostupné na: <https://www.slov-lex.sk/ezbierky/pravne-predpisy/SK/ZZ/2011/362/20200101>
103. ZHANG, F.; ALTORKI, N. K.; MESTRE, J. R.; SUBBARAMAIAH, K.; DANNENBERG, A. J., (1999). Curcumin Inhibits Cyclooxygenase-2 Transcription in Bile Acid- and Phorbol Ester-Treated Human Gastrointestinal Epithelial Cells. Online. *Carcinogenesis*, vol. 20, iss. 3, pp. 445 – 451. Available from: <https://doi.org/10.1093/carcin/20.3.445>
104. ZHANG, Z.; WU, X.; ZHANG, L.; MAO, A.; MA, X. et al., (2020). Menthol Relieves Acid Reflux Inflammation by Regulating TRPV1 in Esophageal Epithelial Cells. Online. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, vol. 525, iss. 1, pp. 113 – 120. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2020.02.050>

ZOZNAM PRÍLOH

- Príloha 1** Laboratórny protokol prípravy kyseliny acetylsalicylovej
- Príloha 2** Príklady morfém a INN (Kertys, 2021, s. 15)

Príloha 1 Laboratórny protokol prípravy kyseliny acetylsalicylovej

Príprava kyseliny acetylsalicylovej

Teoretický úvod

Kyselina acetylsalicylová (lat. „*acidum acetylsalicylicum*“) je organická zlúčenina patriaca medzi aromatické karboxylové kyseliny. V skutočnosti predstavuje derivát kyseliny salicylovej. Jej molekula obsahuje acetylovú skupinu viazanú na fenolovú hydroxylovú skupinu, čo významne ovplyvňuje jej chemické aj biologické vlastnosti. V medicíne sa využíva pre svoje analgetické (proti bolesti), antipyretické (znižovanie horúčky) a antiflogistické (protizápalové) účinky. Patrí medzi nesteroidné antiflogistiká (NSAID) a historicky bola jedným z prvých zástupcov tejto skupiny.

Mechanizmus účinku spočíva v inhibícii enzýmov cyklooxygenázy (COX-1 a COX-2), čím sa znižuje tvorba prostaglandínov – látok zodpovedných za vznik bolesti, zápalu a horúčky. Pri dlhodobom užívaní má kyselina acetylsalicylová aj antikoagulačný účinok, pretože inhibuje agregáciu krvných doštičiek. Vďaka tomu sa používa aj v prevencii kardiovaskulárnych ochorení, napríklad infarktu myokardu.

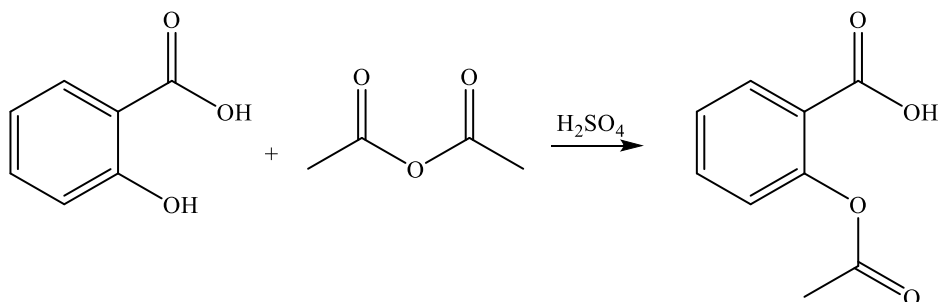
Kyselina acetylsalicylová bola prvýkrát syntetizovaná koncom 19. storočia a dodnes patrí medzi najpoužívanejšie liečivá na svete. Bežne je dostupná pod obchodnými názvami ako Aspirin, Acylpyrin alebo Anopyrin.

Teoretický princíp

Príprava kyseliny acetylsalicylovej prebieha reakciou kyseliny salicylovej s acetanhydridom za prítomnosti kyseliny sírovej ako katalyzátora. Ide o esterifikačnú reakciu, pri ktorej dochádza k acetylácii fenolovej hydroxylovej skupiny kyseliny salicylovej. Kyselina sírová urýchľuje priebeh reakcie tým, že zvyšuje reaktivitu acetanhydridu.

Vedľajším produktom reakcie je kyselina octová. Výsledný produkt, kyselina acetylsalicylová, sa po reakcii izoluje kryštalizáciou, pričom jej čistota sa môže ďalej zvyšovať rekryštalizáciou. Táto syntéza je typickým príkladom nukleofilnej substitúcie.

Reakčná schéma



Použité východiskové látky

kyselina sírová, anhydrid kyseliny octovej, kyselina salicylová, voda

Postup práce

1. Do suchej kadičky pridáme 2,5 ml anhydridu kyseliny octovej.
2. Pridáme opatrne 0,75 ml koncentrovanej H_2SO_4 .
3. Reakčnú zmes premiešame.
4. K reakčnej zmesi pridáme postupne 1,25 g kyseliny salicylovej.
5. Miešame, kým sa kyselina salicylová úplne nerozpustí.
6. Po 10 – 15 min sledujeme stuhnutie reakčnej zmesi.
7. Pridáme 25 ml vody a premiešame.
8. Vzniknutý produkt odsajeme.
9. Kyselinu acetylsalicylovú necháme vysušiť voľne na vzduchu, prípadne použijeme lampu alebo iné zariadenie na sušenie.
10. Stanovíme hmotnosť pripraveného produktu.

* Celý priebeh reakcie si môžeme zdokumentovať použitím fotoaparátu alebo mobilného zariadenia.

Fotodokumentácia

Príprava kyseliny acetylsalicylovej:

Obrázok a): anhydrid kyseliny octovej s kyselinou sírovou;

Obrázok b): pridanie kyseliny salicylovej;

Obrázok c): sledovanie teploty;

Obrázok d): tuhnutie zmesi – pohľad z boku;

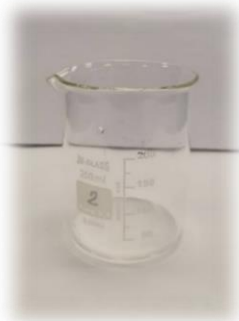
Obrázok e): tuhnutie zmesi – pohľad zhora;

Obrázok f): pridanie vody – pohľad z boku;

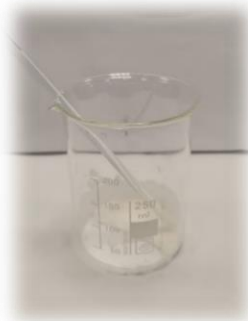
Obrázok g): pridanie vody – pohľad zhora;

Obrázok h): filtrácia produktu cez Büchnerov lievik;

Obrázok i): produkt reakcie – acylpyrín.



a)



b)



c)



d)



e)



f)



g)



h)



i)

Pozorovanie

Po pridaní kyseliny salicylovej k zmesi anhydridu kyseliny octovej a koncentrovanej kyseliny sírovej je možné pozorovať zahriatie reakčnej zmesi. Po niekoľkých minútach (10 – 15 min) teplota klesne na cca 30 °C a obsah banky stuhne. Pripravený produkt má bielu farbu, pričom je tuhého skupenstva.

Experimentálne výsledky

$m_{\text{EXP}} = 1,3 \text{ g (79,8 \%)}$

Záver

Reakciou kyseliny salicylovej s anhydridom kyseliny octovej v prítomnosti koncentrovanej kyseliny sírovej je možné pripraviť kyselinu acetylsalicylovú, známu aj ako liečivo acylpyrín.

Príloha 2 Príklady morfém a INN (Kertys, 2021, s. 15)

Morfémy	Príklady liečiv	Farmakoterapeutická skupina
-afil	sildenafil, tadalafil, vardenafil	inhibítory fosfodiesterázy 5
-azón	betametazón, dexametazón, flutikazón	glukokortikosteroidy
-kaín	artikaín, bupivakaín, lidokaín	lokálne anestetiká
cef-	cefalexín, cefotaxím, cefprozil	cefalosporínové antibiotiká
-cilín	amoxicilín, ampicilín, sultamicilín	penicilínové antibiotiká
-dipín	amlodipín, felodipín, nifedipín	dihydropyridínové blokátory kalciového kanála
-eprazol	ezoneprazol, omeprazol, rabeprazol	inhibítory protónovej pumpy
-floxacín	ciprofloxacín, levofloxacín, norfloxacín	chinolónové antibiotiká
-gest-	dezogestrel, levonorgestrel, progesterón	progesteróny
-gliptín	alogliptín, linagliptín, sitagliptín	inhibítory DPP-4 enzýmu (antidiabetiká)
-glitazón	pioglitazón, rosiglitazón, troglitazón	tiazolidíndióny (antidiabetiká)
-nazol	flukonazol, ketokonazol, vorikonazol	triazolové antimykotiká
-olol	atenolol, betaxolol, metoprolol, timolol	betablokátory
-pril	enalapril, kaptopril, lizinopril, ramipril	ACE inhibítory
-sartan	irbesartan, losartan, valsartan	blokátory receptorov angiotenzínu II
-setrón	granisetrón, ondansetrón, palonosetrón	antagonisty-5-HT ₃ receptora (antiemetiká)
-statín	atorvastatín, rosuvastatín, simvastatín	inhibítory HMG-CoA reductázy

-triptán	eletriptán, rizatriptán, sumatriptán	agonisty 5-HT ₁ receptora (antimigreniká)
-vudín	lamivudín, stavudín, zidovudín	nukleozidové analógy (antivirotiká)
-zepam	bromazepam, diazepam, oxazepam	deriváty benzodiazepínu (anxiolytiká)

Názov: **Od rastliny k lieku: mechanizmus účinku biologicky aktívnych látok**

Vysokoškolská učebnica

Autori: Magdaléna Zimmermannová

Jana Jakubčinová

Melánia Feszterová

Veronika Demovics Silliková

Vydavateľ: Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre

Edícia: Prírodovedec č. 918

Formát: A4

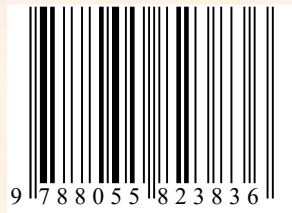
Rok vydania: 2026

Miesto Nitra

vydania:

Počet strán: 125

ISBN 978-80-558-2383-6



9 788055 823836