

TEMA 14. COMPUȘII FENOLICI

14.1. Particularitățile metabolismului secundar la plante

14.2. Compușii fenolici

14.3. Funcțiile compușilor fenolici

14.1. PARTICULARITĂȚILE METABOLISMULUI SECUNDAR LA PLANTE

Plantele, spre deosebire de microorganisme și animale, se caracterizează printr-o diversitate extrem de mare de procese metabolice, în rezultatul cărora se formează substanțe cu o structură chimică foarte variată. Substanțele organice care nu sunt implicate într-un mod direct asupra creșterii, dezvoltării și reproducerii plantelor au primit denumirea de *metaboliți secundari*. O gamă largă de metaboliți secundari sunt substanțe biologic active (SBA), care au un mecanism diferit de acțiune asupra microorganismelor, animalelor și omului. Această proprietate stă la baza utilizării metaboliților secundari în medicină și farmaceutică.

Metaboliții de origine vegetală pot fi niște modele naturale pentru sinteza unor compuși chimici utili omului. Un exemplu în acest sens îl reprezintă *acidul salicilic*, izolat din scoarța de salcie (*Salix L.*) și a altor specii de plante. Pe baza acidului salicilic a fost creat medicamentul *aspirina (acid acetilsalicilic)*. Substanțele active din plantele medicinale au o structură foarte complexă și cu toate că s-au înregistrat succese notabile în sinteza compușilor organici, în prezent din plante se obțin mai mult de 1/3 din preparatele medicinale.

Substanțele biologic active prezente în plantele medicinale și care exercită un efect terapeutic asupra organismului animal și uman sunt, de regulă, produse secundare ale metabolismului. Reacțiile și compușii chimici ai metabolismului primar au un caracter general pentru toate organismele vii. În același timp, există un număr mare de căi metabolice, care duc la formarea unor compuși chimici specifici doar unor specii de plante. Cu cât mai multe reacții chimice sunt necesare pentru formarea unui metabolit secundar, cu atât mai limitată este răspândirea acestuia.

Metabolismul secundar este o particularitate a celulelor diferențiate și a țesuturilor vegetale. El este caracteristic doar unor organe specializate și doar în anumite faze de dezvoltare ale plantelor. Metaboliții secundari posedă o specificitate taxonomică, cu alte cuvinte fiecare metabolit se formează în cadrul unui taxon specific (*familie, gen, specie*). Trebuie de remarcat existența unei legături dintre metabolismul primar și cel secundar: de regulă, precursorii metaboliților secundari se formează în cadrul metabolismului primar (fig. 14.1).

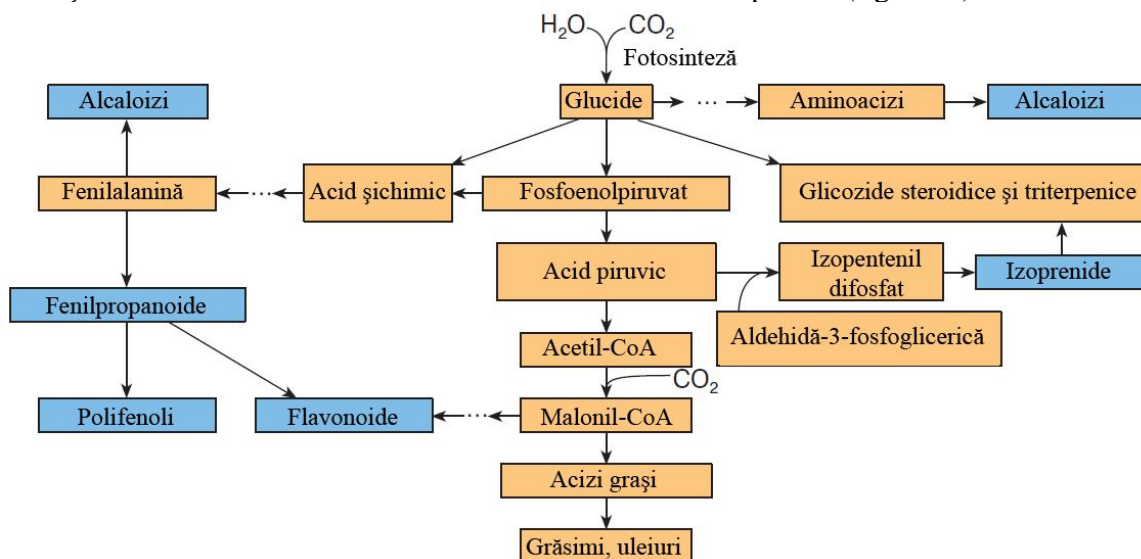


Fig. 14.1. Schema generală de biosinteză a claselor principale de metaboliți secundari din produse ale metabolismului primar (* – denumirile claselor de metaboliți secundari sunt marcate cu culoare albastră)

Metaboliții secundari au următoarele particularități generale:

- posedă o masă moleculară mică (cu excepția poliizoprenidelor – *cauciuc, gutapercă*);
- nu sunt prezenți în fiecare organism (unii metaboliți sunt larg răspândiți, spre exemplu *fenilpropanidele* se întâlnesc aproape în toate plantele);
- sunt, de regulă, substanțe biologic active (SBA);
- se sintetizează din metaboliți primari.

Principala grupă de metaboliților secundari constituie *compușii fenolici*.

14.2. COMPUȘII FENOLICI

Compușii fenolici sunt substanțe organice vegetale care conțin în moleculă un nucleu aromatic (*benzenic*), la care sunt atașate, de atomii de carbon, una sau mai multe grupe hidroxilice. Cei mai simpli reprezentanți ai acestei clase *fenolul* – C_6H_5OH (fig. 14.2 A), *hidrochinona* și *pirocatehina* – $C_6H_6O_2$, *pirogalolul* – $C_6H_6O_3$ și *floroglucina* – $C_6H_8OH_3 + 2H_2O$ (fig. 14.2 B) se deosebesc între ei prin numărul grupărilor hidroxilice.

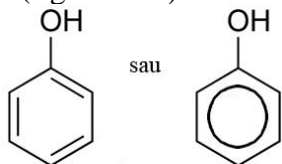


Fig. 14.2. A. Structura fenolului

Fenolul C_6H_5OH este o substanță incoloră, cristalină. În prezența oxigenului, fenolul se oxidează și capătă o culoare roz, este solubil în apă, iar la temperatura mai mare de $66\text{ }^\circ\text{C}$ se amestecă cu apa. Este toxic, produce arsuri ale pielii, este un antiseptic. Fenolul reprezintă capătul lanțului lateral al aminoacidului tirozina, și intră în componența moleculelor

proteice.

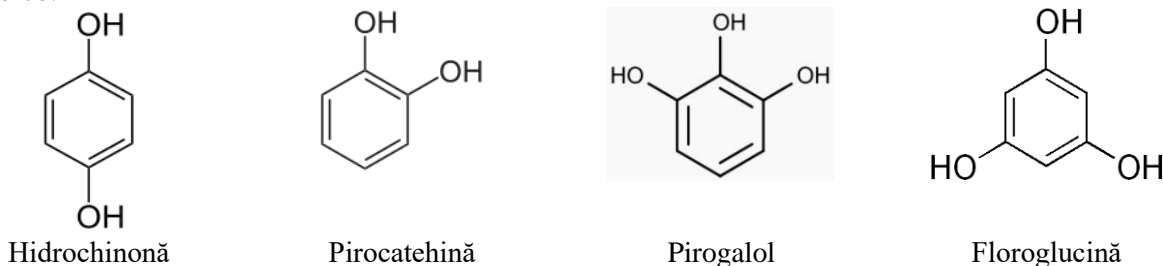


Fig. 14.2. B. Structura fenolilor simpli cu 2 și 3 grupări hidroxilice

Fenolii reprezintă substanțe polare (*dipoli*). Inelul benzenic este componentul dipolului cu sarcină negativă, iar gruparea $-OH$ posedă sarcină pozitivă. Fenolii sunt substanțe slab acide.

Fenolul și derivații lui se întâlnesc rar în stare liberă. Astfel, fenolul se conține în conurile și acele de pin, pirocatehina – în coaja de ceapă, fructele de grapefrut, floroglucina – în conurile secvoii. În condiții naturale, compușii fenolici se formează în urma oxidării și transformării chimice a substanțelor organice și reprezintă produse intermediare ale metabolismului celular.

Substanțele fenolice se clasifică în două clase mari:

- substanțe fenolice *monomere*;
- substanțe fenolice *polimere*.

Substanțele fenolice monomere

Substanțele fenolice monomere, în funcție de scheletul carbonic (numărul inelelor benzenice și numărul atomilor de carbon în scheletul carbonic) se clasifică în 3 clase principale:

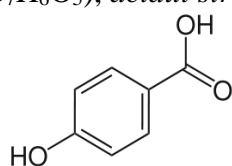
- 1) *compuși C_6-C_1* ;
- 2) *compuși C_6-C_3* ;
- 3) *compuși $C_6-C_3-C_6$* .

Tabelul 14.1. Principalele grupe de substanțe fenolice monomere

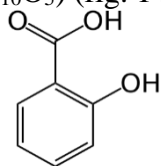
Nr. atomilor de carbon	Scheletul carbonic	Nr. inelelor benzenice	Clasa
7	C ₆ -C ₁	1	Acizi fenolici, aldehide fenolice
9	C ₆ -C ₃	1	Acizi hidroxicinamici, cumarine
15	C ₆ -C ₃ -C ₆	2	Flavonoide

1. Clasa compuşilor C₆-C₁ include *acizi fenolici (oxibenzoici)* și *aldehide fenolice*.

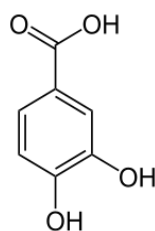
1.1. *Acizii fenolici* includ *acidul 4-hidroxibenzoic* (C₇H₆O₃), *acidul salicilic* (C₆H₄(OH)COOH), *acidul protocatehic* (C₇H₆O₄), *acidul vanilic* (C₈H₈O₄), *acidul galic* (C₇H₆O₅), *acidul sirenic* (C₉H₁₀O₅) (fig. 14.3) etc.



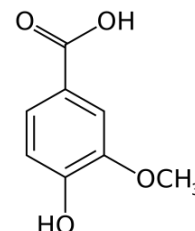
Acidul 4-hidroxibenzoic



Acidul salicilic



Acidul protocatehic



Acidul vanilic

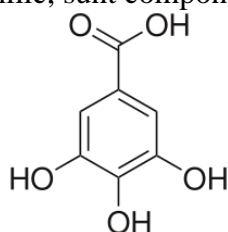
Fig. 14.3 A. Acizi fenolici monohidrobenzoici

Fig. 14.3 B. Acizi fenolici dihidrobenzoici

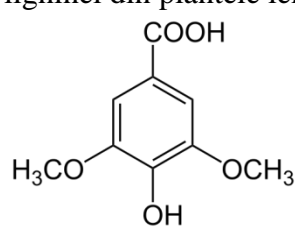
Acizii oxibenzoici sunt răspândiți pe larg în plante și de regulă, sunt prezenți în formă legată și se eliberează prin hidroliză. *Acidul 4-hidroxibenzoic* se conține în nucile de cocos (*Cocos nucifera*), fructele de acai (*Euterpe oleracea*), a fost identificat în vin, vanilie.

Acidul salicilic (SA) este un fitohormon fenolic care are un rol în creștere, dezvoltare, fotosinteză, transpirație, absorbția și transportul ionilor la plante. *Acidul protocatehic* (PCA) extras din hibiscus (*Hibiscus sabdariffa*) este o substanță cu efect antioxidant și antiinflamator. *Acidul vanilic* este un compus utilizat în industria alimentară în calitate de aromatizator. Cel mai înalt conținut de acid vanilic a fost identificat în rădăcinile de *Angelica sinensis*, plantă ierboasă originară din China, folosită în medicina tradițională chineză.

Acidul sirenic se găsește în fructele de acai, iar în formă de eter, împreună cu acidul vanilic, sunt componente ale ligninei din plantele lemnoase.



Acidul galic



Acidul sirenic

Fig. 14.3 C. Acizi fenolici trihidrobenzoici

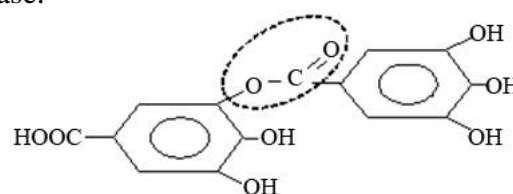


Fig. 14.4. Structura acidului metadigalic

Acidul galic a fost izolat din scoarța stejarului, frunzele de ceai, *oțetar mirositor* sau *sumac* (*Rhus aromatica*). Se găsește în plante în stare liberă și sub formă de *dimer* – *acid metadigalic* (fig. 14.4). Legătura esterică formată din grupa hidroxilică a unui acid fenolic și grupa carboxilică a altui acid fenolic poartă denumirea de *legătură depsidică*. Compușii cu legătura depsidică se numesc *depside*, componente ale taninurilor hidrolizabile.

1.2. Aldehidele fenolice cuprind *vanilina* (C₈H₈O₃), *aldehida protocatehică* (C₇H₆O₃), *aldehida salicilică* (C₇H₆O₂) (fig. 14.5) etc.

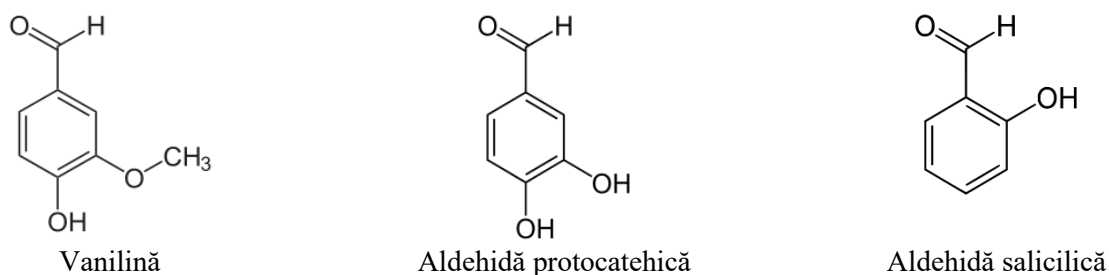


Fig. 14.5. Structura aldehydelor fenolice

Cea mai cunoscută aldehydă fenolică este vanilina extrasă din vanilie (*Vanilla planifolia*), plantă cu miros plăcut din categoria mirodeniilor, originară din Mexic. Este folosită în industria alimentară fiind un ingredient esențial pentru multe rețete de prăjituri, budinci, checuri, ciocolate, băuturi, sosuri, produse de patiserie. Rachiurile de struguri mature au un buchet plăcut, expresiv cu nuanțe de vanilie. În procesul de maturare a rachiurilor de struguri, vanilina se formează în rezultatul oxidării *alcoolului coniferilic* care se conține în lemnul de stejar al butoaielor

Aldehida protocatehică se conține în dopul fabricat din lemnul stejarului de plută (*Quercus suber*) și se eliberează în vin.

Aldehydă salicilică este un component caracteristic al aromei plantei de hrișcă (*Fagopyrum esculentum*). Se folosește în parfumerie.

2. Clasa compușilor C₆-C₃ include acizi hidroxicinamici și cumarine.

2.1. *Acizii hidroxicinamici (cumarici)* sunt o clasă de acizi aromatici sau *fenilpropanoide*, derivați hidroxicilici ai *acidului cinamic*, prezenți în plante atât în stare liberă, cât și în stare legată. Principalii reprezentanți ai aceste clase sunt *acidul cumaric*, *acidul cafeic*, *acidul ferulic*, *acidul sinapic* (fig. 14.6).

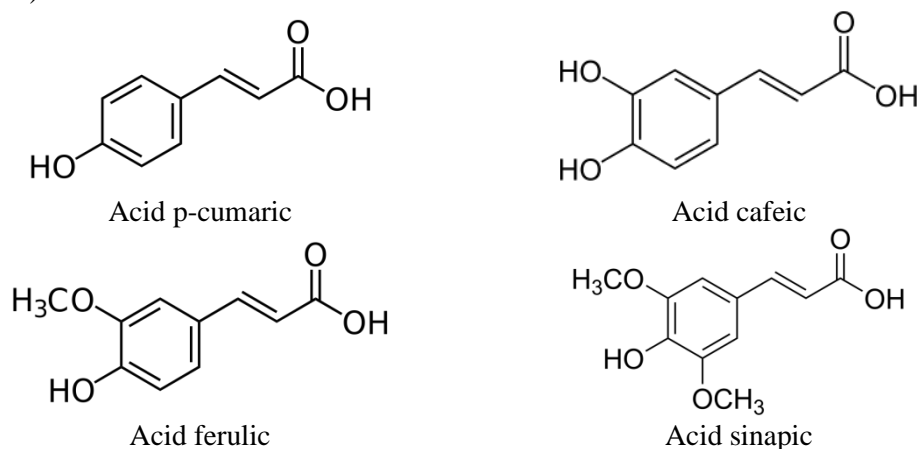


Fig. 14.6. Structura acizilor hidroxicinamici

Acidul p-cumaric (C₉H₈O₃) se găsește în tomate, morcov, usturoi, arahide. A fost identificat în vin, oțet și boabele de orz. Acidul p-cumaric din polen este un constituent al mierii de albine.

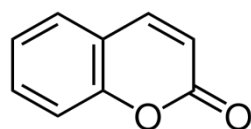
Acidul cafeic (C₉H₈O₄) este o substanță izolată din boabele de cafea și orz, din uleiul de argan produs din semințele fructelor de argan (*Argania spinosa* L.).

Acidul ferulic (C₁₀H₁₀O₄) se conține în semințele de cafea, mere, arahide, portocale, în învelișul boabelor de orez, grâu, ovăz, orz. Acidul ferulic, ca multe alte substanțe fenolice naturale, are proprietăți antibacteriene și antioxidante.

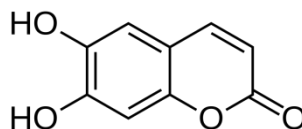
Acidul sinapic (C₁₁H₁₂O₅) poate forma dimeri cu sine însuși și cu acidul ferulic în pereții celulari ai cerealelor. Poate fi izolat din vin și oțet.

2.2. *Cumarinele* sunt o clasă de compuși organici naturali aromatici. Elementul principal al cumarinelor este *cumarina* (C₉H₆O₂ – fig. 14.7).

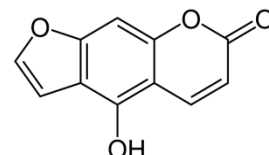
Cumarina ($C_9H_6O_2$ – fig. 14.7), cel mai simplu compus din clasa respectivă, cu un miros plăcut de fân proaspăt cosit.



Cumarina



Esculetina



Bergaptol

Fig. 14.7. Structura chimică a unor cumarine

Cumarina pură împreună cu florile de sulfină (*Melilotus officinalis*) se utilizează în calitate de aromatizatori la producerea unor soiuri de tutun și în parfumerie.

Esculetina ($C_9H_6O_4$ – fig. 14.7), un derivat hidroxilat al cumarinei, se folosește în medicină pentru întărirea capilarelor.

Bergaptolul ($C_{11}H_6O_4$ – fig. 14.7) este o furanocumarină care se conține în uleiul de bergamot extras din fructele de bergamot (*Citrus bergamia*). Acesta se folosește în industria alimentară la aromatizarea ceaiului.

3. Clasa compușilor C₆-C₃-C₆ se caracterizează printr-o mare diversitate. Din diferite plante au fost izolate și studiate peste 5000 de flavonoide. Compușii din această clasă mai poartă denumirea de flavonoide (din latină *flavus* – galben). Flavonoidele sunt compuși derivați ai flavonului ($C_{15}H_{10}O_2$ – fig. 14.8), au un schelet cu 15 atomi de carbon, conțin două inele benzenice (A și B) și un inel heterociclic sau (*piranic* – C). Heterociclul piranic se condensează cu un inel benzenic (A) și se asociază cu alt inel benzenic (B).

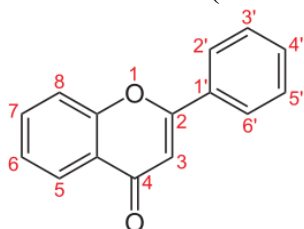
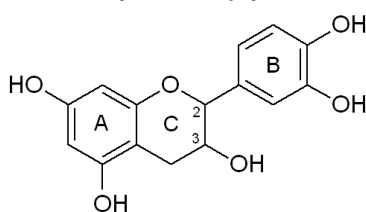
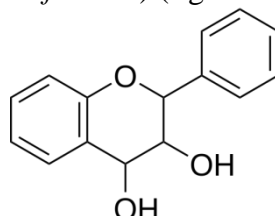


Fig. 14.8. Structura moleculară a flavonului

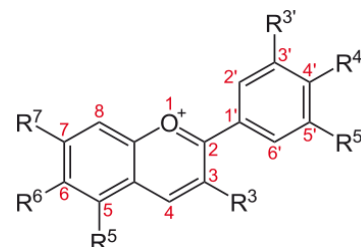
În funcție de gradul de oxidare sau reducere a segmentului heterociclic, flavonoidele se clasifică în mai multe grupe: *catehine*, *leucoantocianidine* (*flavan-3,4-diol*), *antocianidine* și *antociani*, *flavanone*, *flavone* și *flavanole* (*3-hidroxi*flavone) (fig. 14.9).



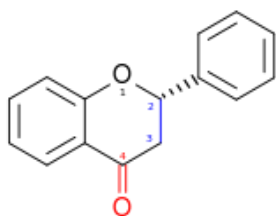
Catehine



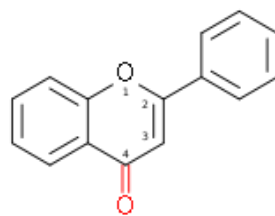
Leucoantocianidine



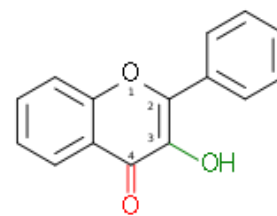
Antocianidine



Flavanone



Flavone



Flavonole

Fig. 14.9. Structura moleculară a flavonoidelor

Catehinele constituie cea mai redusă formă a flavonoidelor. Denumirea de catehină provine de la *catechu*, extract obținut din arborele *catechu* (*Acacia catechu*) folosit în calitate de aditiv alimentar. Molecula de catehină are două inele benzenice (A și B) și un heterociclu *dihidropiranic* (C) cu o grupare hidroxilică la atomul de carbon în poziția 3.

Catechinele sunt substanțe incolor, cristaline, solubile în alcool și apă, au un gust astringent. Se oxidează ușor la încălzire, la acțiunea razelor solare și a enzimelor, în mediul bazic; brunificarea legumelor și fructelor la tratarea lor mecanică și termică este cauzată de oxidarea catehinelor. La polimerizarea catehinelor se formează substanțe tanante condensate. Catechinele au următoarele proprietăți:

- antimicrobiene ;
- contribuie la o utilizare mai eficientă a acidului ascorbic de către organism ;
- sunt substanțe biologic active;
- asigură elasticitatea și rezistența mecanică a capilarelor, reglează permeabilitatea lor;
- sunt substanțe antioxidante și antitumorale, protejează organismul de acțiunea radicalilor liberi ;
- întăresc sistemul imunitar.

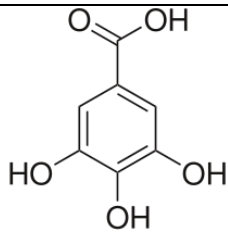
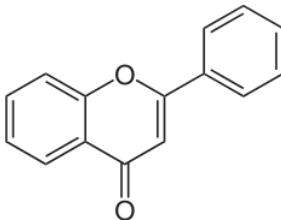
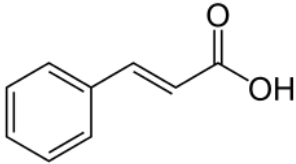
Catechinele se găsesc în cantități mari în fructele de mere, pere, piersici, caise, zmeură, struguri, gutui, citrice, în pomușoarele de pădure, în boabele de cacao, în scoarța pinului, bradului, în lăstarii și frunzele de ceai, în frunzele de pătrunjel. Lăstarii plantei de ceai (*Camelia sinensis*) conțin până la 30% de catechine din masa uscată.

Substanțele fenolice polimere

Substanțele fenolice polimere sunt substanțe organice heterogene derivate de la polifenoli care se împart în 3 clase:

- 1) *substanțe tanante (taninuri)*; 2) *lignină*; 3) *melanină*.

Tabelul 14.2. Polimeri fenolici

Unitatea de bază			
	Acid galic	Flavonul	Acid cinamic
Clasa polimerului	Taninuri hidrolizabile	Flavonoide, Taninuri condensate	Lignină

Potrivit unei definiții recente acceptate în literatura de specialitate (*WBSSH*), în grupa polifenolilor sunt incluse substanțe cu următoarele caracteristici:

- în general, sunt compuși moderat solubili în apă;
- au o masă moleculară de 500 – 4000 D;
- posedă mai mult de 12 grupări hidroxilice; au în componența lor 5 – 7 inele benzenice.

1. Taninurile (din germana veche *tanna* – stejar, brad) sunt substanțe organice heterogene derivate de la polifenoli, care pot forma complexe cu proteine, aminoacizi, poliglucide și alcaloizi.

Termenul taninuri a apărut în contextul folosirii substanțelor tanante din lemnul arborilor la transformarea pielii crude a animalelor în piele tăbăcită. La baza procesului de tăbăcire a pielilor se află proprietatea taninurilor de a interacționa cu *colagenul* (proteina fibrilară a pielii) și de a forma o structură stabilă intercalată. Taninurile au o masă moleculară care variază într-un diapazon de 500 – 3000 D (esteri ai acidului galic). Sub aspectul proprietăților fizico-chimice, taninurile sunt în majoritatea cazurilor substanțe amorfe, de culoare albă sau gălbuie, cu gust astringent sau amar, solubile în apă caldă, etanol și glicerină și insolubile în solvenți organici; în apă formează soluții coloidale. Taninurile au caracter slab acid și prezintă proprietăți reducătoare, se oxidează ușor și se brunifică. Acest fenomen se observă la suprafața mărunții proaspăt tăiat sau a frunzei de ceai vătămată mecanic.

Taninurile sunt substanțe foarte răspândite în regnul vegetal. Se găsesc în scoarța arborilor, în frunze, fructe, rădăcini. Taninurile determină valoarea alimentară și gustativă a unor produse alimentare (vin, ceai, cafea, cacao etc.). În industrie taninurile sunt folosite la tăbăcirea pielor, fabricarea cernelilor, în calitate de aditiv alimentar pentru a conferi unor produse un gust astringent și colorant alimentar E181.

După reacția de hidroliză și structura chimică, taninurile se clasifică în două grupe mari: *taninuri hidrolizabile* și *taninuri condensate (catechintaninuri)*.

1.1. *Taninurile hidrolizabile* sunt esteri naturali ai glucozei cu *acidul galic* (monomer polifenolic) sau cu produse de condensare ale acidului galic (*acidul m-digalic*, *acidul elagic* etc.). Conțin în molecula lor de la 3 la 12 resturi de acid galic (tab. 14.2).

Taninurile hidrolizabile se pot extrage din: castanul comestibil (*Castanea sativa*), scoarța de stejar (*Quercus robur*, *Quercus petraea* și *Quercus alba*), arbustul Pasărea paradisului (*Caesalpinia spinosa*), haritaki (*Terminalia chebula*), sumac (*Rhus coriaria*). Se obțin în cantitate mare, de asemenea, din *gale coronate* care se formează pe frunzele următoarelor specii: *Quercus infectoria*, *Rhus semialata*, *Andricus kollari* etc., [30] sau din *gogoși de ristic* care se formează din transformarea mugurilor foliari ai speciei *Quercus lusitanica* var. *infectoria*. În funcție de structura chimică, se deosebesc *taninuri galice (galotaninuri)* și *taninuri elagice*.

Taninurile galice sunt polimeri formați din acid galic, esterificat și legat la grupa hidroxilică a glucozei. Galotaninurile se hidrolizează ușor în glucoză și acid galic în mediu acid

sau sub acțiunea unor enzime specifice *tanaze*, produse de ciupercile *Aspergillus niger* și *Penicillium glaucum*. Componentul principal al galotaninei este *pentagaloilglucoza*, la care prin legături depsidice se asociază resturi de acid galic.

Taninurile elagice se deosebesc de cele galice prin faptul că la hidroliză se formează acid elagic, ale cărui resturi se asociază de pentagaloilglucoză prin legături C-C [24].

1.2. *Taninurile condensate* sunt polimeri formați prin condensarea flavanilor – *catehine* sau *leucoantociane*.

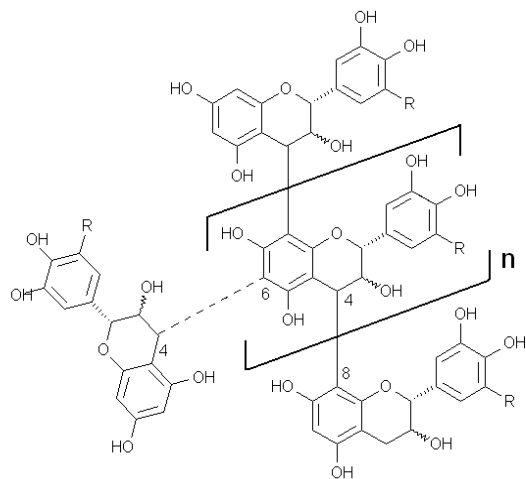


Fig. 14.10. Structura moleculară a taninurilor condensate

Moleculile taninurilor condensate nu conțin resturi de glucide și pot fi *liniare* (cu legături 4→8) sau *ramificate* (cu legături 4→6) (fig. 14.10).

Sursele comerciale de taninuri condensate sunt lemnul de quebracho (*Schinopsis lorentzii*), scoarța de pin (*Pinus sylvestris*), molid (*Picea abies*) și salcâm (*Acacia mollissima*), semințele de viță-de-vie (*Vitis vinifera*).

2. Lignina (din lat. *lignum* – arbore, lemn) este un compus macromolecular, un polimer complex al alcoolilor aromatici (*monolignoli*). Dintre substanțele monomere fac parte alcoolul *p-cumarilic*, alcoolul *coniferilic* și alcoolul *sinapic* (fig. 14.11).

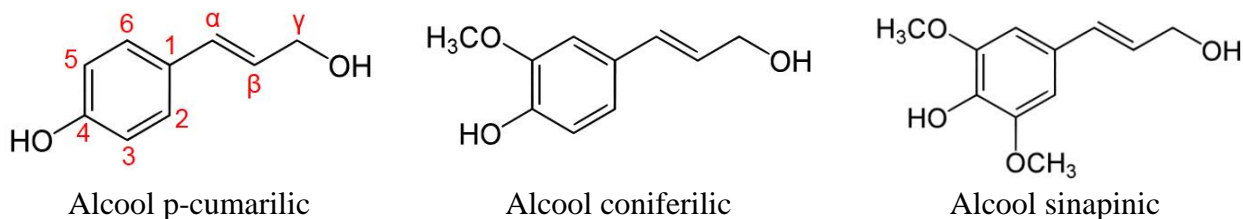


Fig. 14.11. Structura moleculară a monolignolilor (componentele ligninei)

Lignina a fost menționată pentru prima dată de botanistul elvețian Augustin de Candolle în 1813. Este un polimer larg răspândit în regnul vegetal, ocupând locul al doilea după celuloză. Lignina constituie partea aromatică, nehidrolizabilă a lemnului, intră în componență pereților celulari secundari ai plantelor și ai unor alge. Lemnul speciilor de foioase conține 18–24% de lignină, iar lemnul coniferelor – 27 – 30%. Pereții celulari ai celulelor vegetale pot fi comparați cu betonul armat: carcasul de metal reprezintă celuloza, iar betonul – lignina. Ligninele se formează după apariția fibrelor de celuloză, apoi le întrepătrund conferind acestora o rezistență mecanică mai mare, o rezistență mărită la acțiunea apei, dar le micșorează elasticitatea. Între lignine și celuloză se stabilesc atât legături fizice, cât și legături chimice (*eterice*). Ligninele din diferite plante diferă prin numărul și tipul unităților structurale. În ligninele de foioase predomină *acidul sinapic*, iar în cele ale coniferelor – *acidul coniferilic*.

Ligninele sunt substanțe amorfe, de culoare închisă, insolubile în apă, în acizi și baze alcaline diluate. Sunt solubile în acizi tari și baze alcaline concentrate, din soluțiile cărora precipită prin diluare. La oxidarea cu *nitrobenzolul* în mediu bazic, lignina se scindează, formând *aldehide aromatice* (fig. 14.12).

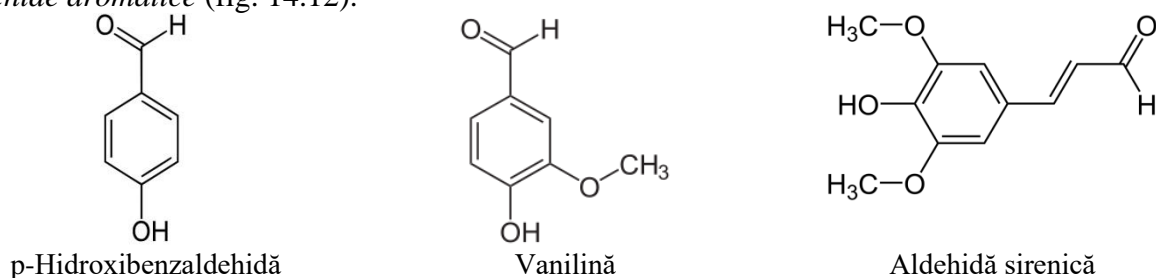


Fig. 14.12. Structura moleculară a aldehydelor aromatice – produse ale oxidării ligninei [60]

Lignina este componentul principal responsabil pentru aroma de vanilie a cărților vechi. Odată cu trecerea timpului, lignina este supusă proceselor oxidative și conferă cărților vechi o aromă plăcută. Lignina se extrage din lemn cu hidrosulfid și acidul sulfuros la fabricarea hârtiei. Deșeurile ligninei la uzinele de hidroliză se utilizează pentru producerea articolelor presate, maselor plastice, rășinilor sintetice, cărbunilor activați.

3. Melaninele (din greacă *melas* – negru, întunecat) constituie un grup de pigmenți naturali azotați de culoare neagră, care se găsesc în plantele superioare, la animalele vertebrate, în cuticula insectelor, a fluturilor etc. La animalele vertebrate, melaninele se stochează în celule specializate (*melanocyte*) și determină culoarea părului, pielii, a blănii etc. Melaninele sunt polimeri chinoidici și produse de oxidare a aminoacidului *tirozina*.

14.3. ROLUL BIOLOGIC AL COMPUȘILOR FENOLICI

Compușii fenolici au un efect antioxidant. Activitatea antioxidantă a compușilor fenolici se manifestă prin legarea:

- ionilor metalelor grele;
- radicalilor liberi care se formează în rezultatul oxidării compușilor organici.

Compușii fenolici sunt substanțe biologic active.

Melaninele sunt pigmenți de culoare neagră care protejează pielea animalelor de razele ultraviolete.

TESTE DE EVALUARE

1. Completați spațiile libere din text.

- 1.1. Fenolii conțin în molecula lor un....., la care sunt atașate una sau mai multe.....
- 1.2. În rachiurile de struguri maturizate se conține aldehida acidului....., care provine din.....
- 1.3. Precursorul comun al majorității fenolilor este.....

1.4. La polimerizarea catehinelor se formează.....

1.5. Taninurile determină valoarea alimentară a produselor:.....

2. Alegeți răspunsul corect din două variante alternative: Da / Nu.

2.1. Compușii fenolici sunt substanțe biologice active.

2.2. Fenolii sunt produse ale catabolismului.

2.3. Catehinele sunt cea mai redusă formă a compușilor flavonoidici.

2.4. Precursorul specific comun al izoprenidelor este izopentenildifosfat.

2.5. Melaninele se stochează în endospermul gramineelor.

3. Alegeți varianta sau variantele de răspuns corecte.

3.1. Substanțe fenolice monomere: a) acid oxibenzoic; b) acid sinapic; c) lignină; d) substanțe tanante; e) acid cafeic; f) acid vanilic; g) acid galic.

3.2. C₆-C₃-C₆:

a) acid galic; b) acid sinapic; c) flavonoide; d) antociane; e) melanine; f) cumarine; g) flavone.

3.3. Cumarina are un miros de: a) cafea; b) alcool; c) fân; d) mușeșai; e) grăsime.

3.4. Catehinele au un gust: a) dulce; b) sărat; c) amar; d) astringent; e) acru.

3.5. Elementele structurale ale substanțelor tanante:

a) acid galic; b) cumarine; c) glucoză; d) catehine; e) celuloză.

4. Asociați. Principalele clase de metaboliți secundari

1. Flavonoide	A. Vița-de-vie	E. Liana
2. Alcaloizi	B. Arborele de cacao	F. Brândușa de toamnă
3. Izoprenide	C. Arbustul de coca	G. Lăcrămioara
	D. Arborele de cafea	H. Macul de grădină

5. Selectați termenul care nu se încadrează în grupul tematic prezentat și explicați de ce l-ați separat.

5.1. Acid vanilic; acid ferulic; acid galic; catehine; acid sirenic; lignină; acid sinapic.

5.2. Flavanone; flavone; catehine; vanilina; antociane; leucoantociane; flavonole.

5.3. Lignină; taninuri elagice; taninuri galice; melanine; acid p-oxibenzoic.

6. Completați tabelul. Funcțiile compușilor fenolici în celulă

A.	
B.	
C.	
D.	
E.	

7. Scrieți un referat la tema.

7.1. Flavonoidele – o clasă importantă de substanțe în industria alimentară.

7.2. Proprietățile flavonoidelor și folosirea lor în medicină și farmaceutică.

7.3. Alcaloizii folosiți în medicină și farmaceutică.

A. Scopolamina sau hioscina extrasă din mărăgună (*Atropa belladonna L.*).

B. Morfina, papaverina și codeina extrase din mac (*Papaverum somniferum L.*).

7.4. Izoprenide utilizate în medicină și farmaceutică.

A. Glicozide cardiace extrase din degețelul-roșu (*Digitalis purpurea L.*) și degețelul-lânos (*Digitalis lanata L.*)

B. Glicozide triterpene extrase din rădăcina ginseng (*Panax ginseng C.A.Mey.*)

C. Glicozide steroide extrase din rădăcinile lianelor din genul *Dioscorea*.