1.4. Rolul fiziologic al structurilor celulare

Procesele fiziologo-biochimice se desfăşoară la diferite niveluri ale organiz celulare, iar unele procese fiziologice sau cicluri biochimice se desfăşoară în mai m organite celulare, între acestea existând o strânsă legătură.

În acest sens se pot menţiona funcţiile fiziologo-biochimice ale constituenţ celulari prezentate în cele ce urmează.

Pereţii celulari conferă forma celulelor, iar în faza de tinereţe la nivelul aces se realizează creşterea în suprafaţă şi grosime, în prezenţa enzimelor specifice. nivelul pereţilor celulari are loc sinteza substanţelor pectice, a microfibrilelor de elast a pentozanilor şi hexozanilor. De asemenea, are loc hidroliza legăturilor de hidro dintre constituenţii pereţilor celulari în timpul procesului de creştere, iar în faza senescenţă se produce biodegradarea pectinelor, pentozanilor şi hexozanilor.

Pereţii celulari asigură transportul apei şi al substanţelor dizolvate, reprezent o barieră fizică pentru agenţii patogeni şi un mijloc de protecţie chimică datorită prez substanţelor fenolice.

Membranele plasmatice asigură compartimentarea celulară, transportul a şi al substanţelor dizolvate şi contribuie la realizarea homeostaziei celulare. Formaţiu în formă de rozetă din plasmalemă sunt implicate în sinteza celulozei care intr structura pereţilor celulari.

Citoplasma asigură transportul substanţelor la interiorul celulei cu ajut curenţilor citoplasmatici sau al veziculelor transportoare provenite din retic endoplasmatic sau din complexul Golgi. În acelaşi timp, citoplasma reprezintă un m în care au loc numeroase reacţii biochimice: biosinteza glucozei, fructozei şi zahar biodegradarea acestora prin ciclul glicolitic, se desfăşoară ciclul pentozo-fosfat, are interconversia unor aminoacizi, dezaminarea aminoacizilor, biosinteza protein citoplasmatice, a unor vitamine, compuşi volatili etc., iar în condiţii de anaerobioză loc biodegradarea acidului piruvic la aldehidă acetică şi alcool etilic.

Nucleul asigură transmiterea caracterelor ereditare, prin interme cromozomilor, codifică sinteza proteinelor şi a enzimelor, prin intermediul AR reprezintă centrul cinetic al celulei şi coordonează toate procesele vitale: dorma creşterea, înflorirea, sinteza substanţelor şi biodegradarea, cu ajutorul genelor speci

Plastidele participă la realizarea procesului de fotosinteză, la: etapa 1 a proces de fotorespiraţie, biosinteza proteinelor specifice, reducerea nitraţilor şi a sulfaţ biosinteza unor aminoacizi (cloroplaste), biosinteza acizilor graşi cu 16 şi 18 atom carbon, biosinteza pigmenţilor carotenoizi, biosinteza unor lipide şi a granulelo amidon. În plastide se biosintetizează şi unii compuşi fenolici monomeri, care p transportaţi ulterior în vacuole care reprezintă situsul de depozitare al acestora.

Mitocondriile reprezintă organitele în care se produce cea mai mare parte energia biochimică, în ciclul Krebs, dar are loc şi ciclul respirator alternativ în acidul piruvic este biodegradat fără producerea de energie biochimică. În mitocon

sfăşoară şi etapa a treia a fotorespiraţiei, are loc biosinteza unor proteine ondriale, o etapă a procesului de gluconeogeneză prin care se sintetizează glucide izi graşi, precum şi biodegradarea prin β-oxidare a circa 10 % din acizii graşi din .

Reticulul endoplasmatic rugos este situsul de biosinteză a proteinelor de rezervă or enzime, iar reticulul endoplasmatic neted este situsul de biosinteză a lipidelor zervă. În reticulul endoplasmatic se biosintetizează şi unele substanţe volatile olubile sau liposolubile care contribuie la realizarea aromei.

Complexul Golgi este sediul sintezei acizilor galacturonici, care intră în oziţia pectinelor din lamela mediană, precum şi al unor glico-proteine.

Peroxizomii sunt organite celulare în care are loc etapa a doua a procesului de spiraţie şi biodegradare a apei oxigenate. Peroxizomii se pot transforma cu uşurinţă ***izomi,*** în care are loc procesul de β-oxidare a acizilor graşi şi ciclul acidului ic.

Lizozomii sunt organite ce conţin enzime hidrolitice implicate în procesele de iză. Activitatea acestor organite se intensifică în perioada de senescenţă.

Ribozomii sunt organite sferice, alcătuite din ARNr, pe care se fixează ARNm e codifică sinteza proteinelor.

Microtubulii au rol în formarea fusului de diviziune în timpul mitozei, pot intra ătuirea citoscheletului şi orientează sensul de dispunere a microfibrilelor celulozice ereţii celulari.

Sferozomii sunt formaţiuni veziculare, acoperite cu un strat simplu de fosfolipide in lipide de rezervă. ***Veziculele proteice*** sunt acoperite cu un bistrat de fosfolipide in proteine de rezervă, iar ***amiloplastele*** au o membrană dublă şi conţin amidonul zervă.

Vacuolele au rolul de depozitare a substanţelor secundare, dar la plantele ofile în vacuole se depozitează şi glucidele de rezervă sub formă de glucoză, oză şi zaharoză. Temporar se depozitează şi acizii organici, care ulterior pot fi aţi în procesul de respiraţie sau pentru sinteza altor compuşi. Se mai depozitează , antociani şi flavone, fenoli, taninuri, alcaloizi, glicozizi, chinone etc. Vacuolele au şi în procesul de autoliză, precum şi în acumularea protonilor care generează *p*H-ul al sucului vacuolar.

1.5. Creşterea şi maturarea legumelor şi fructelor

Creşterea şi maturarea reprezintă două procese biologice importante care au concomitent şi care continuă chiar după recoltarea legumelor şi fructelor, pe parcursul esului de valorificare a acestora în stare proaspătă. În timpul desfăşurării acestor ese se produc modificări de ordin morfologic, biochimic şi fiziologic, care determină izarea însuşirilor caracteristice diferitelor produse horticole.

Mezoinozitolul este un hexapoliol ciclic prezent în unele specii de fructe, nutul acestuia în 100 g suc ajungând la 170 mg la portocale, 135 mg la tangerine, la grapefrut, 57 mg la lămâi şi 24 mg la mere (Hulme, 1970). Din punct de vedere logic, mezoinozitolul are rolul unui stimulator de creştere, activează biosinteza inelor şi a acidului ascorbic şi este considerat ca un precursor în sinteza unor şi poliglucide. Esterii fosforici ai acestui ciclitol reprezintă pentru legume şi fructe portantă rezervă de acid fosforic.

Acizii zaharidici rezultaţi din oxidarea glucidelor au fost identificaţi frecvent în e şi fructe, în special drept componente ale unor poliglucide. Dintre cei mai tanţi acizi identificaţi se menţionează: acidul D-gluconic, acidul D-galacturonic şi mucic.

Datorită prezenţei grupărilor hidroxilice, glucidele se pot esterifica cu acizii ici sau anorganici.

Esterii mai importanţi din legume şi fructe sunt cei formaţi cu acidul fosforic. şti esteri fosforici ai glucidelor reprezintă forma activă a monoglucidelor ce intră în esele metabolice şi au o largă răspândire, chiar dacă, în unele cazuri, concentraţia ste foarte redusă. Astfel, în fructe se găsesc în cantitate mai mare 6-fosfo-D-oza, 6-fosfo-D-fructoza şi 1,6-difosfo-D-fructoza.

Esterul hexafosforic al mezoinozitolului este prezent în plantele leguminoase ca dublă de calciu şi magneziu, cunoscută sub denumirea de fitină.

Esterii glucidelor cu acizii galic şi *n*-galoil galic intră în alcătuirea taninurilor, se acumulează în vacuolele celulelor şi au rol în realizarea gustului astringent al selor horticole.

Măslinele conţin *oleuropeină*, o substanţă cu gust amar, care din punct de re chimic este diesterul glucozei cu acidul protocatechic şi acidul oleuropeinic metil-1-hidroximetil-1-carboxi-ciclohexen-2).

Produsele horticole conţin şi alţi derivaţi ai glucidelor cum sunt ***aminoglucidele***. mplu îl constituie D-glucozamina, ce intră în alcătuirea sfingofosfatidelor galactozamina identificate în stare liberă în struguri.

2.1.2. Oligoglucidele

Cele mai răspândite şi importante oligoglucide din fructe şi legume sunt cele din hexoze.

Cel mai important reprezentant este ***zaharoza***, diglucidă cu caracter nereducător, în produsele horticole pe parcursul creşterii, dezvoltării sau maturării acestora, din D-glucoză şi D-fructoză, intrând în diverse procese biochimice ce se reprezintă principala formă de transport al glucidelor în plante.

Maltoza, diglucid reducător, se găseşte în cantităţi mari în struguri şi banane, reprezentând până la 0,5 % din partea edibilă. În struguri s-a mai identificat în cantitate mică melobioza, iar în fructele tropicale lactoza.

În afară de diglucidele menţionate, în legume şi fructe s-au mai identificat unele tri- şi tetraglucide, cum sunt: ***rafinoza*** care se găseşte în struguri sau prune şi *stahioza*, în struguri, fasole şi linte.

Alte oligoglucide ca: rutinoza şi genţiobioza reprezintă componente glucidice ale glucozidelor: hesperedină, rutină şi amigdalină prezente în portocale, migdale, lămâi etc.

La nivelul peretelui celular s-au identificat *α-1,4-oligogalacturonide* cu rol de inductori ai biosintezei unor antibiotice şi ai ligninei, în apropierea locului de pătrundere a agentului patogen sau de rănire şi, totodată, determină biosinteza unor inhibitori ai proteinazelor, la nivelul întregii plante (Dinischiotu şi Costache, 1998).

2.1.3. Poliglucidele

2.1.3.1. Homopoliglucidele

Pentozanii. Dintre aceştia se evidenţiază arabanii, care intră în alcătuirea pereţilor celulari ai produselor horticole, făcând legătura între moleculele de celuloză, hemiceluloze şi pectine.

Hexozanii. Din această grupă fac parte mananii, galactanii, fructanii şi glucanii, care au o largă răspândire în produsele horticole, intrând în compoziţia pereţilor celulari.

Mananii au o structură unitară şi sunt alcătuiţi din unităţi alcătuite din *β*-manoză.

Galactanii au în constituţia lor molecule de D-galactoză şi L-galactoză, monoglucide care se găsesc foarte rar asociate cu alte glucide.

Fructanii sunt alcătuiţi din molecule de D-fructoză, unii având rol de glucide de rezervă. Astfel, în andive se găseşte *inulina,* iar în sparanghel *asparagozina.*

Glucanii sunt poliglucide formate din molecule de D-glucoză, cei mai importanţi fiind amidonul şi celuloza.

Amidonul reprezintă principala formă de depozitare a glucidelor în plante şi este format din amiloză şi amilopectină. Amiloza este componenta liniară alcătuită din molecule de D-glucoză legate 1,4-α-glicozidic, iar amilopectina este formată din molecule de D-glucoză legate 1,4 -α-glicozidic alcătuind lanţuri liniare, de care se leagă prin legături α-1,6-glicozidice, ramificaţii alcătuite din moleculele aceleiaşi substanţe.

Amidonul reprezintă cea mai importantă substanţă de rezervă din plante, care se acumulează în organele de rezervă: rădăcini, tuberculi, rizomi, seminţe, fructe etc. (tabelul 5). În timpul intrării în vegetaţie amidonul este hidrolizat enzimatic, punând la

ția organelor vegetative α-D-glucoza necesară desfășurării respirației și în procesul ștere.

Tabelul 5

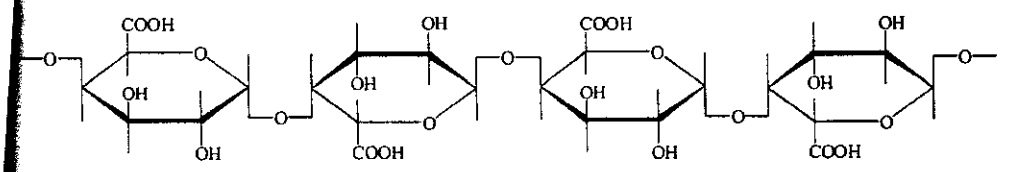
Conținutul de amidon din legume și fructe
(După Souci ș.a., 1981).

Specia	%	Specia	%
tofi	16,8	Banane	2,7
opidă	0,2	Castane	27,3
ole verde	3,1	Mere	0,6
nac	0,1	Nuci	13,5
nate	0,1		

Celuloza este un poliglucid care intră în structura pereților celulari. cromoleculele filiforme de celuloză sunt formate din molecule de D-glucoză legate legături 1,4-α-glicozidice. De obicei, este însoțită și de hemiceluloze și substanțe tice. În legume și fructe aceste substanțe se găsesc în cantități mici (tabelul 6).

2.1.3.2. Heteropoliglucidele

Substanțele pectice constituie componentele principale ale lamelei mediane tre pereții celulari. Acestea sunt formate din molecule de acid α-D-galacturonic ate prin legături 1,4-α-glicozidice, la care sunt asociate oligozaharide liniare sau mificate formate din D-galactoză, L-arabinoză, D-xiloză. Grupările carboxilice ale ului sunt esterificate cu alcool metilic. Această structură poligalacturonică este proprie turor substanțelor pectice, indiferent de proveniență, diferențele dintre ele fiind deter-inate de gradul de esterificare al grupărilor carboxilice, de caracteristicele substanțelor soțitoare etc. În grupa acestor substanțe intră *protopectina,* care conferă insolubilitatea melei mediane și fermitatea caracteristică fructelor și legumelor. Este insolubilă în apă , prin hidroliză acidă, alcalină sau enzimatică, formează acizi pectinici și pectici.


COOH
OH
OH
O
O
O

Acizii pectinici sunt constituiţi din acizi poligalacturonici, cu un grad mai mare de esterificare a grupărilor carboxilice şi dau cu apa soluţii coloidale. Solubilitatea lor scade o dată cu creşterea numărului de grupări metoxi.

Termenul general de substanţe pectice se foloseşte pentru acizii pectinici solubili în apă, cu un conţinut de metilester şi un grad de neutralizare variabil, capabili să formeze geluri cu soluţiile de zaharoză şi cu ionii de calciu, la un *p*H de 2,7 – 3,2. În cazul pectinelor slab metoxilate, gelul rezultă din formarea unei legături cu calciul între două legături carboxilice a două lanţuri diferite, situate în contact unul cu altul. În cazul unui grad mare de metoxilare, legăturile dintre pectine implică formarea de legături de hidrogen şi interacţiuni hidrofobe între molecule (Thakur şi colab., 1997).

Conţinutul de substanţe pectice al legumelor şi fructelor variază în medie între 0,2 şi 1,4 % (tabelul 6).

Tabelul 6

Conţinutul în celuloză şi substanţe pectice din unele legume şi fructe (După Gherghi ş.a., 1973)

Specia	Celuloză, %	Substanţe pectice, %	Specia	Celuloză, %	Substanţe pectice, %
Cartofi	0,89	0,42	Agrişe	1,19	0,70
Castraveţi	0,39		Banane	2,37	0,60
Ceapă	0,86	0,20	Caise		0,56
Conopidă	1,12	0,90	Căpşune	0,33	0,40
Fasole verde	1,45	1,40	Cireşe		0,36
Morcovi	0,95	1,30	Coacăze negre	1,38	0,90
Ridichi	0,70		Coacăze roşii	0,88	0,43
Sparanghel		0,40	Mere	0,76	0,78
Salată	0,76		Mure		0,70
Spanac	0,74		Pere	0,67	0,53
Tomate	0,70		Prune	0,23	0,76
Ţelină	1,40		Piersici		0,54
Usturoi	0,70		Struguri		0,28
Varză albă	0,97	1,05	Vişine		0,20
			Zmeură		0,40

Gumele vegetale sunt exsudate vegetale care apar ca urmare a rănirii ţesuturilor, care sunt formate din pentoze, hexoze şi acizi uronici, proporţia acestora variind mult de la o specie la alta. Prezenţa gumelor vegetale a fost semnalată la cireşe, migdale, prune, grapefrut, portocale, piersici etc.

Hemicelulozele sunt substanţe neomogene care însoţesc celuloza în structura pereţilor celulari şi sunt formate dintr-un amestec complex de poliglucide. Cea mai mare parte a hemicelulozelor este constituită din xilani, până la 30 %, alături de manani,

tani, arabani şi pectine. Hemicelulozele uşor hidrolizabile constituie poliglucide de rvă, iar cele greu hidrolizabile au rolul de substanţe plastice.

2.2. Metabolismul glucidelor din legume şi fructe

2.2.1. Biosinteza glucidelor

Biosinteza monoglucidelor. În prezenţa radiaţiilor luminoase captate de enţii asimilatori, plantele sintetizează compuşi organici (trioze şi hexoze), din dioxid carbon şi apă. Procesul de fotosinteză se desfăşoară în două faze.

Faza de lumină se desfăşoară în tilacoidele cloroplastelor şi constă în recepţia iilor fotosintetic active de către antenele fotoreceptoare, transportul energiei printr-un es de rezonanţă până la clorofila *a* din centrele de reacţie ale celor două fotosisteme, pierd câte un electron. Electronul eliberat din centrul de reacţie al fotosistemului II transportat printr-un lanţ de substanţe oxidoreducătoare la complexul citocrom b_6 - crom *f* şi apoi la clorofila *a* din centrul de reacţie al fotosistemului I, care revine la ul iniţial. Electronul eliberat de clorofila *a* din centrul de reacţie al fotosistemului I transportat la feredoxină şi cedat NADPH-ului, care în prezenţa protonilor proveniţi fotoliza apei formează o substanţă puternic reducătoare: $NADPH + H^+$.

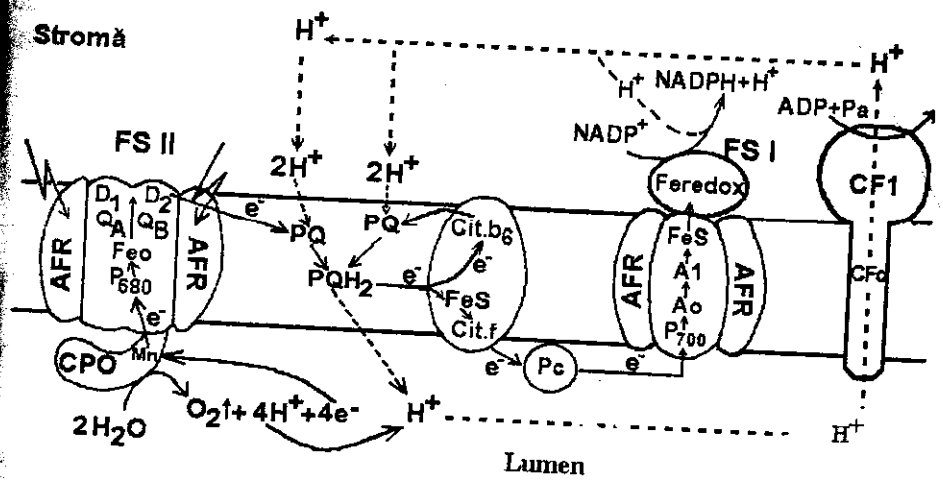


Fig. 1. Schema transportului electronilor şi protonilor în procesul de fotosinteză.

Clorofila *a* din centrul de reacţie al fotosistemului II revine la starea iniţială primirea unui electron de la ionii de mangan, din complexul producător de oxigen.

orită prezenței grupării -SH în moleculă, acesta participă în reacțiile de ere ale proceselor de detoxifiere ale celulei, conform ecuației:

$$2R{-}SH \underset{+2H}{\overset{-2H}{\rightleftharpoons}} R{-}S{-}S{-}R$$

Are rol în menținerea potențialului redox; de asemenea, intră în structura unor me cum sunt: glioxalaza și glutation-reductaza. Flagg și colab. (1994) menționează lutationul poate funcționa ca o substanță anticancerigenă prin acțiunea sa antioxidantă prin legarea de substanțele mutagene celulare. Aportul zilnic de glutation prin entație este de 13,0 – 109,9 mg, la care fructele și legumele contribuie cu e 50 %.

Alte peptide s-au izolat din fasole: *γ-glutamil-leucina*, *γ-glutamil*-S-*ilcisteina*, precum și sulfoxidul acesteia.

4.1.3. Proteinele

Proteinele reprezintă structuri macromoleculare formate din una sau mai multe uri de aminoacizi legați covalent prin legături peptidice. Aceste substanțe se găsesc antitate mai mare în citoplasmă și în nucleu, unde participă direct la desfășurarea ceselor vitale celulelor vegetale. Pot constitui compuși activi din punct de vedere mic, datorită grupărilor funcționale libere din lanțul polipeptidic. Au rol deosebit de portant în organismele vii prin funcțiile lor: enzimatică, imunologică, plastică, de ervă etc.

Proteinele se clasifică, după compoziția lor, în simple și conjugate. *Proteinele ple* sunt alcătuite numai din aminoacizi, iar *proteinele conjugate* (complexe sau eroproteine) sunt alcătuite dintr-o parte proteică (lanț polipeptidic de aminoacizi) și rte prostetică (compus organic sau anorganic). Proteinele conjugate pot fi clasificate baza naturii chimice a grupării prostetice în nucleoproteine (de exemplu ribozomii ce nțin ARN), lipoproteine (conțin fosfolipide, colesterol sau lipide neutre), glicoproteine exemplu lectine), flavoproteine (de exemplu succinat dehidrogenaza și D-aminoacid idaza, ce conțin FAD), metaloproteine (de exemplu citocrom *c* oxidaza, ce conține e și Ca; alcool dehidrogenaza ce conține Zn) etc.

Din categoria *proteinelor simple*, în produsele horticole au fost identificate bumine și globuline, ca principale proteine de rezervă.

Albuminele sunt proteine răspândite în toate organele plantelor. În mazăre, oia și linte s-a identificat *legumelina*, iar în soia, *soina*.

Globulinele sunt foarte răspândite în regnul vegetal; de multe ori îndeplinesc şi rolul de substanţe de rezervă, în special în seminţele leguminoaselor. Datorită conţinutului ridicat în acid glutamic şi acid aspartic, aceste proteine au o reacţie mai acidă decât cea a albuminelor. În plante s-au izolat numeroase globuline şi anume: *faseolina*, în fasole; *legumina*, în mazăre, linte şi fasole; *amandina*, în migdale, *vicilina* în bob, *tuberina* în tuberculii de cartof, *corilina* în seminţele de alun.

Compoziţia chimică a proteinelor vegetale este foarte diferită atât după conţinutul în aminoacizi cât şi în funcţie de specia din care provin (tabelul 14).

Tabelul 14

Conţinutul în aminoacizi al unor proteine vegetale (% din S.U.) (După Bodea şi colab.,1964)

Aminoacidul	Legumelina (mazăre)	Legumina (mazăre)	Legumina (fasole)	Glicinina (soia)	Globulina din pepene verde
Acid asparagic	4,1	5,3	4,0		
Acid glutamic	12,9	17,0	16,3		
Alanină	0,9	2,1	2,8		
Arginină	5,4	11,7	4,6	7,9	117,9
Fenilalanină	4,8	3,8	2,0	5,8	8,0
Glicocol	0,5	0,4	1,0	3,6	
Histidină	2,3	2,4	1,1	2,0	2,2
Leucină	9,6	8,0	8,2	8,1	7,5
Lizină	3,0	5,0	5,1	6,9	2,9
Prolină	3,9	3,2	2,3		
Tirozină	1,5	1,6	2,8	3,7	4,6
Valină	0,7		1,0	4,6	7,0

Proteinele conjugate (heteroproteinele) sunt substanţe macromoleculare, formate din lanţuri polipeptidice şi unele substanţe de natură neproteică (grupări prostetice) care sunt indispensabile în organizarea superioară a materiei vii.

Heteroproteinele au rol în sinteza glucidelor şi a lipidelor, în transmiterea ereditară a caracterelor şi în reglarea permeabilităţii membranelor plasmatice. Unele grupe de proteine complexe s-au evidenţiat şi în produsele horticole: lipoproteine, cromoproteine, nucleoproteine, glicoproteine, flavoproteine, metaloproteine etc.

Lipoproteinele au ca grupare prostetică lipidele. Ele au un important rol plastic, intrând în structura membranelor celulare şi intracelulare. Au fost puse în evidenţă în mere, tomate, soia, morcov.

Cromoproteinele, a căror grupare prostetică este reprezentată de compuşi cu nucleu porfirinic, participă la numeroase procese de oxidoreducere, precum şi la sinteza glucidelor în procesul de fotosinteză. În legume şi fructe există numeroase cromoproteide care îndeplinesc funcţii enzimatice (vezi subcap. 6.2). Din grupa cromoproteidelor face parte şi *cloroglobina* sau *cloroplastina,* care reprezintă

lex clorofilo-holoproteidic cu rol în absorbţia şi transmiterea energiei solare necesare mpunerii fotochimice a apei, în procesul de fotosinteză.

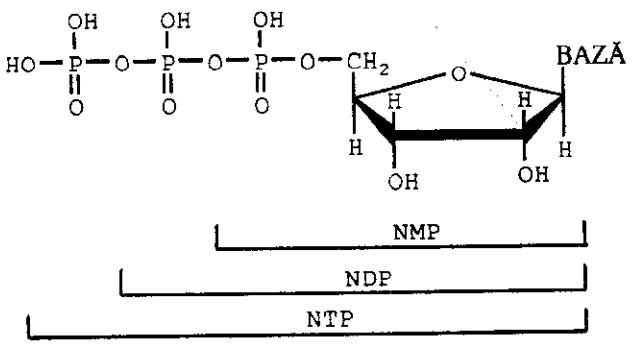
Din punct de vedere chimic, cloroglobina este alcătuită, în principal, din: clorofilă *b* (7,5 %), holoproteide (69,0 %), pigmenţi carotenoizi (0,5 %) şi lipide (22,0 %) lca şi colab., 1964). Concentraţia acestei cromoproteine diferă în funcţie de specie, emplu 1 kg de frunze de spanac conţine circa 1 g cloroplastină.

Nucleoproteidele au ca grupare prostetică acizii nucleici (de exemplu ARN ozomi) şi prezintă un rol deosebit de important în procesele de diviziune celulară, nsmiterea ereditară a caracterelor, în sinteza proteinelor.

4.2. Acizii nucleici

Acizii nucleici, reprezentaţi de ADN (acid dezoxiribonucleic) şi ARN (acizi nucleici), sunt macromolecule neramificate alcătuite din lanţuri de xiribonucleotide, respectiv ribonucleotide, legate covalent prin punţi fosfodiesterice gruparea 5′-hidroxil a unei nucleotide şi gruparea 3′-hidroxil a nucleotidei următoare. cleotidele reprezintă, deci, unităţile monomere ale acizilor nucleici şi sunt formate -o pentoză (riboza sau dezoxiriboza), o bază organică azotată care este un derivat eterociclului pirimidinic (citozină, uracil sau timină) sau al ciclului purinic (adenină uanină) şi acid fosforic.

Toate ribonucleozidele şi dezoxiribonucleozidele (formate din pentoză şi bază otată caracteristice) se află în celule esterificate sub formă de 5′-monofosfaţi, -difosfaţi şi 5′-trifosfaţi, existând, astfel, câte 3 serii pentru fiecare nucleozidă (NMP-cleozid monofosfat, NDP-nucleozid difosfat şi NTP-nucleozid trifosfat).



Structura generală a nucleozid 5'-mono, 5'-di, 5'-trifosfaţilor (NMP, NDP, NTP).

3. LIPIDE

Lipidele sunt compuşi organici, insolubili în apă, care pot fi extraşi cu solvenţi nepolari. Această clasă de substanţe conţine compuşi extrem de diverşi din vedere al structurii (Ohlrogge şi Browse, 1995). Se clasifică în funcţie de catenei principale în: *lipide complexe* – esteri ai acizilor graşi cu diverse şi cuprind acilgliceroli, fosfogliceride, sfingolipide şi ceruri; *lipide simple*, vă din structura izoprenului şi cuprind terpene, steroizi, gibereline, fitol, acid şi o parte din metaboliţii secundari.

Din punct de vedere fiziologic, lipidele au câteva funcţii importante: sunt nente structurale ale membranelor (fosfolipidele, cu rol plastic, participă la tura membranelor celulare şi la reglarea permeabilităţii acestora); forme de itare (trigliceridele depozitate în sferozomi reprezintă principalele substanţe de vă pentru plantele oleaginoase); ca înveliş protector al suprafeţei celor mai multe (cerurile); sunt componente implicate în recunoaşterea celulară şi specificitatea ecie (glicolipidele). Unele lipide, în special fosfoaminolipidele, se asociază cu inele sub forma unor complexe lipoproteice care participă în procesul de respiraţie, nii steroli pot avea rol hormonal influenţând procesele de creştere şi de dezvoltare.

3.1. Principalele lipide din legume şi fructe

În funcţie de complexitatea structurii lor, lipidele vegetale complexe se clasifică grupe: grăsimi sau uleiuri, ceruri şi fosfolipide, cu unităţi structurale de bază: acizii şi alcoolii.

Acizii graşi cuprind seriile acizilor monocarboxilaţi saturaţi şi nesaturaţi, sebindu-se între ei prin lungimea catenei, numărul şi poziţia dublelor legături. Cei reprezentativi acizi graşi care participă la formarea lipidelor din legume şi fructe prezentaţi în cele ce urmează.

Acizi graşi saturaţi (CH_3–$(CH_2)_n$–COOH) sunt reprezentaţi de:

– acidul capronic: $C_6H_{12}O_2$;

– acidul caprilic: $C_8H_{16}O_2$;

– acidul caprinic: $C_{10}H_{20}O_2$, identificat în spanac;

– acidul lauric: $C_{12}H_{24}O_2$, care intră în compoziţia lipidelor din nucile de cocos, ere şi spanac;

– acidul miristic: $C_{14}H_{28}O_2$, care reprezintă 0,9 % din totalul acizilor graşi d mere; a fost identificat, de asemenea, şi în spanac, mazăre, tomate, seminţe de cire

– acidul palmitic: $C_{16}H_{32}O_2$, component esenţial al lipidelor vegetale, care e răspândit în majoritatea speciilor şi îndeosebi în spanac, mazăre, fasole, tomate, carto struguri, cireşe, caise, în seminţele de morcovi, ţelină, păstârnac, pătrunjel. În m reprezintă circa 30 % din totalul acizilor graşi;

– acidul stearic: $C_{18}H_{36}0_2$, identificat în aproape toate uleiurile vegetale;

– acidul arahic: $C_{20}H_{40}O_2$, identificat în ţelină, pătrunjel, păstârnac, morco mere, cireşe;

– acidul behenic: $C_{22}H_{44}O_2$;

– acidul lignoceric: $C_{24}H_{48}O_2$;

– acidul montanic: $C_{28}H_{56}O_2$.

Acizii graşi nesaturaţi prezenţi în legume şi fructe sunt:

– acidul palmitoleic: $C_{16}H_{30}O_2$, determinat în lipidele din spanac şi mere, care reprezintă 0,5 % din totalul acizilor graşi;

– acidul petroselinic: $C_{18}H_{34}O_2$, izolat în special din seminţele de ţelină, morc păstârnac;

– acidul oleic: $C_{18}H_{34}O_2$, component de bază al unor lipide din legume şi fruc care constituie principalul acid gras din trigliceridele de rezervă depozitate în semin În cantitate mai mare se găseşte în alune, migdale şi arahide (tabelul 9);

– acidul linoleic: $C_{18}H_{32}O_2$, prezent în toate lipidele vegetale, care a f determinat în concentraţie mai mare în nuci, arahide şi măsline;

– acidul linolenic: $C_{18}H_{30}O_2$, prezent în nuci, mere, tomate, gutui, fragi, cai struguri, zmeură;

– acidul arahidonic: $C_{20}H_{32}O_2$.

Tabelul 9

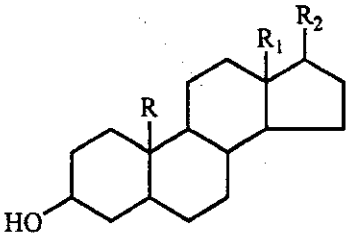
Conţinutul în acizi graşi din arahide şi fructele nucifere (g/100 g parte edibilă)
(După Souci şi colab., 1981)

Acizii graşi identificaţi	Arahide	Alune	Nuci de cocos	Migdale	Nuci
Acidul lauric	–	–	15,80	–	–
Acidul miristic	–	0,16	5,93	0,05	0,70
Acidul palmitic	5,31	3,19	2,98	3,26	4,51
Acidul stearic	1,31	1,14	1,08	0,90	1,30
Acidul arahic	0,58	0,12	0,34	0,10	0,43
Acidul palmitoleic	–	0,17	0,13	0,34	0,20
Acidul oleic	22,90	49,80	2,03	36,50	9,70
Acidul linoleic	13,60	7,36	0,66	9,86	37,90
Acidul linolenic	0,22	Urme	–	0,26	6,03

Acizii linoleic şi linolenic sunt acizi graşi esenţiali omului şi animalelor, neputând fi sintetizaţi în aceste organisme.

În general, repartiţia acizilor graşi în legume şi în fructe este neuniformă. Astfel, conţinutul în acizii stearic, palmitic, miristic sau linoleic este mai ridicat în pericarpul fructelor decît în seminţele acestora. În cazul cartofilor, Fricker (1973) a găsit că peste 90% din totalul acizilor graşi îl reprezintă acizii palmitic, stearic, linoleic şi linolenic, localizaţi în cea mai mare parte în coajă.

Alcoolii. Alt component lipidic este reprezentat de *alcooli* şi, în special, de cei cu lanţul lung. Cei mai importanţi alcooli şi aminoalcooli care intră în alcătuirea lipidelor din produsele horticole sunt: *alcoolul cetilic* $CH_3–(CH_2)_{14}–CH_2OH$; *alcoolul stearic* $CH_3–(CH_2)_{16}–CH_2OH$; *alcoolul arahic* $CH_3–(CH_2)_{18}–CH_2OH$; *alcoolul miricilic* $CH_3–(CH_2)_{29}–CH_2OH$; *alcoolul cerilic* $CH_3–(CH_2)_{24}–CH_2OH$; *alcoolul melissic* $CH_3–(CH_2)_{28}–CH_2OH$; *glicerina* sau *glicerolul* $HOCH_2–CHOH–CH_2OH$; *etanolamina (colamina)* $NH_2(CH_2)_2OH$ şi derivatul său trimetilat *colina* $HOCH_2–CH_2–^+N(CH_3)_3OH^-$, precum şi *fitosterolii* care au la bază nucleul ciclopentan perhidrofenantrenic.



Principalii fitosteroli identificaţi în legume şi fructe sunt β-*sitosterolul*, *stigmasterolul* şi *campesterolul* (tabelul 10). În mazăre a fost identificat şi β- şi γ-*stanolul*, iar în seminţe şi în ţesuturile vegetative tinere au fost identificaţi *brasinosteroizii*, care influenţează procesul de creştere şi vor fi prezentaţi la capitolul referitor la hormoni.

Deseori, sterolii se găsesc sub formă de glicozide sterolice care au ca aglicon sterolii, iar componenta glucidică este glucoza.

β-Sitosteril-glucozidul, sau daucosterina, reprezintă componentul principal al sisterolinei ($C_{35}H_{60}O_6$), un amestec de glicozide sterolice care a fost izolat din morcovi, epicarpul şi sucul de portocale şi grapefruturi. Din 100 kg de morcovi s-a obtinut 1,06 g β-sitosteril-glucozid.

Stigmasteril-glucozidul şi γ-spinasteril-glucozidul au fost identificate în soia şi, respectiv, în spanac.

Acilglicerolii (gliceridele) sunt esteri ai glicerolului cu acizii graşi. Aceste substanţe au cea mai largă răspândire în produsele horticole şi sunt localizate în

6.1. Distribuţia enzimelor în celule

Enzimele sunt localizate intracelular, în diferite compartimente celulare, unde reglează specific anumite procese metabolice. Metodele histochimice, ca şi studiul componentelor celulare separate prin centrifugare în gradient, au permis cunoaşterea distribuţiei intracelulare a enzimelor (Frennema, 1976).

Peretele celular conţine peroxidază, fosfatază acidă, ascorbatoxidază, enzimele caracteristice metilării şi polimerizării acidului poligalacturonic, precum şi cele ale degradării pectinei: pectinază, poligalacturonază etc., în general enzime care acţionează asupra componentelor chimice care o alcătuiesc. De asemenea, în peretele celular al fructelor, de exemplu la tomate, se găseşte invertază, de activitatea acestei enzime depinzând tipul de glucide solubile depozitate în celule: zaharoză sau produşii de hidroliză ai săi – glucoză şi fructoză.

Citoplasma este mediul intracelular unde sunt localizate enzimele care participă la sinteza proteinelor citoplasmatice, cele ce catalizează reacţiile ciclului glicolitic şi al pentozofosfaţilor, unele enzime cu acţiune hidrolitică (lactat dehidrogenaza, aldolaza), fosforilaze, kinaze. La fructele de tomate una dintre enzimele cheie pentru asigurarea calităţii acestora este zaharozo-sintaza (Smith, 1999), localizată la nivelul citosolului. Aminoacil ARNt sintetazele prezente la acest nivel au rol în activarea aminoacizilor.

Membranele plasmatice (***plasmalema*** şi ***tonoplastul***) conţin enzime care participă la reglarea nivelului ionilor din citosol şi vacuolă, cunoscute sub denumirea generică de ATP-aze sau pompe de ioni, pirofosfataze etc. Plasmalema conţine complexele în formă de rozetă care sunt alcătuite din enzimele implicate în formarea legăturii 1,4-α-glicozidice din structura celulozei şi, respectiv, în sinteza microfibrilelor. De asemenea, la nivelul plasmalemei se află şi fosfolipaza C specifică fosfatidilinozitolului şi protein kinaze, cu rol în recepţionarea şi transmiterea semnalelor mediate de Ca^{2+}.

La nivelul ***complexului Golgi*** s-au determinat următoarele enzime: fosfataza alcalină şi acidă, glucozo-6-fosfataza, tiaminpiro-fosfataza, citocrom-c-reductaza etc. Ele au fost identificate în special în saculi şi vezicule şi se presupune că sinteza lor se produce în reticulul endoplasmatic, de unde trec în aparatul Golgi şi în lizozomi. Fiind implicate în glicozilarea proteinelor şi lipidelor, la nivelul complexului Golgi se găsesc şi enzimele specifice.

Lizozomii sunt organite bogate în hidrolaze acide şi, în special, β-amilază, fosfatază, β-galactozidază, dezoxiribonuclează şi ribonuclează. Deoarece participă la procesele de digestie intracelulară conţin şi proteaze, glicozidaze, lipaze, fosfolipaze.

Histochimia ***peroxizomilor*** a permis identificarea unui număr de 26 de enzime care participă la etapa a doua a procesului de fotorespiraţie şi la descompunerea apei

nate. Cele mai importante enzime prezente sunt catalaza, peroxidaza, inoacidoxidaza, malat - şi izocitratdehidrogenaza, transaminaza glutamic-ică etc.

În *glioxizomi* s-a constatat prezenţa enzimelor ciclului Linen (β-oxidarea acizilor), a malat sintetazei şi izocitrat liazei care catalizează reacţiile ciclului acidului ilic. Aici au fost identificate şi alte enzime, precum: aconitază, catalază, NADH-rom-reductază, lipaza alcalină etc.

Reticulul endoplasmatic reprezintă situsul de sinteză a proteinelor şi lipidelor turale şi de rezervă, fiind implicat în sinteza unor compuşi aromatici (terpene) etc. ime circa 100 de enzime implicate în desfăşurarea acestor procese.

Ribozomii conţin peptidil transferaza ce catalizează formarea legăturii peptidice restul peptidil şi aminoacidul nou-venit, conducând astfel la sinteza proteinelor. În e organite se face transcrierea informaţiei genetice conţinute de ARNm în tura proteinelor.

Vacuolele sunt compartimentele litice ale celulei vegetale, în care s-a evidenţiat nţa hidrolazelor acide: proteaze, glicozidaze, dezoxiribonuclează şi ribonuclează, cum şi a fosfatazei acide, peroxidazei etc.

În matricea ***mitocondrială*** se găsesc enzimele care catalizează reacţiile ciclului ilor tricarboxilici, cum sunt: dehidrogenazele (piruvică, izocitrică, malică, toglutarică), citrat sintetaza, fumaraza, aconitaza. De asemenea, la acest nivel localizate enzimele de cuplare ale proceselor de oxidare şi fosforilare (de exemplu, nozinfosfataza) şi sistemele enzimatice care catalizează β-oxidarea acizilor graşi kinazele dependente de GTP).

În spaţiul intermembranal s-a localizat adenilat kinaza, iar în membranele cristelor ocondriale: NADH dehidrogenaza, ATP-aza, complexul succinat dehidrogenazei şi β-hidroxibutirat dehidrogenaza. Lanţul respirator mitocondrial ce asigură transportul electroni şi protoni se realizează cu participarea flavoproteinelor, piridin nucleotidelor citocromilor *b, c, c_1* şi *aa_3*. În membrana externă s-au identificat monoaminoxidaza, ADH dehidrogenaza, nucleozid difosfat kinaza, fosfolipaza A_2.

Plastidele conţin enzime care participă la sinteza glucidelor în procesul de tosinteză, a aminoacizilor esenţiali, a proteinelor proprii, acizilor graşi saturaţi, sfolipidelor, clorofilei, în reducerea nitraţilor, sinteza fenolilor şi a răşinilor (conifere). Astfel, în cloroplaste se găsesc enzime specifice fiecărui ciclu metabolic şi anume: ulozo-1,5 difosfat carboxilaza/oxidaza şi enzimele ciclului Calvin (3-fosfoglicerat naza, NADP-gliceraldehid fosfat dehidrogenaza, fructozo-1,6 difosfataza, doheptulozo 1,7 difosfataza, ribozo 5-fosfat izomeraza, aldolaza, triozofosfat meraza etc.), amidon sintaza, acil CoA sintetaza, nitrat reductaza şi nitrit reductaza, sfoglicolat fosfataza, catecoloxidaze, citocromi implicaţi în lanţul transportor de electroni protoni ai fotosintezei etc.

În ***nucleu*** se localizează enzime care catalizează reacţiile de sinteză a acizi nucleici (ADN polimeraza şi ARN polimeraza), precum şi cele implicate în degrada acizilor nucleici (ribonuclează, dezoxiribonuclează, adenozin-dezaminază etc.). *nucleol* se află localizate ARN-nucleotidiltransferaza, citocrom-c-reductaza, nucleoz fosforilaza, adenozin-trifosfataza.

6.2. Principalele enzime şi cofactori enzimatici din legume şi fructe

6.2.1. Oxidoreductazele

Componente principale ale sistemelor bioenergetice, oxidoreductazele catalizea reacţiile de oxidare şi reducere din organismul vegetal cu importante efecte pen realizarea maturităţii de consum a fructelor şi legumelor. Din acestă clasă de enzime f parte oxidazele şi dehidrogenazele, clasificate după tipul reacţiei catalizate în: 1. oxidoreductaze ce acţionează asupra legăturii CH-OH; 1.2. asupra legăturii C=O; 1. asupra legăturii C=C; 1.4. asupra legăturii CH-NH_2; 1.5. asupra legăturii CH-NH; 1. asupra NADH şi NADPH etc.

Dehidrogenazele participă în reacţiile ciclului Krebs şi în transportul de electro în respiraţie, cuprinzând:

– dehidrogenazele piridin-dependente: în sistemul NAD^+ – izocitrat, gliceraldeh 3-fosfat, lactat, malat dehidrogenazele, iar în sistemul $NADP^+$ – izocitrat, glucozo fosfat dehidrogenazele;

– dehidrogenazele flavin-dependente: în sistemul FAD – succinat, dihidrolipo acil CoA, glicerol-3 fosfat dehidrogenazele, iar în sistemul FMN-NADH dehidrogenaz

Dehidrogenazele piridin-dependente necesită NAD^+ sau $NADP^+$ dre coenzime şi catalizează reacţii generale de tipul:

$$\text{Substrat redus} + NAD^+ \longrightarrow \text{Substrat oxidat} + NADH + H^+$$

$$\text{Substrat redus} + NADP^+ \longrightarrow \text{Substrat oxidat} + NADPH + H^+$$

Piridinnucleotidele sunt legate necovalent şi slab de hidrogenază, fiind ma degrabă nişte substraturi, deoarece în multe cazuri se leagă şi se disociază de centr catalitic în timpul reacţiei, servind ca transportori disociabili de electroni. Cele ma multe enzime au specificitate, utilizând fie NAD, fie NADP, însă câteva, de exemp glutamat dehidrogenaza, pot reacţiona cu ambele.

7. HORMONI VEGETALI

Hormonii vegetali, denumiţi şi "fitohormoni", constituie o categorie de subst care, deşi se găsesc în cantităţi mici, îndeplinesc un rol important în reglarea proces de creştere şi dezvoltare a plantelor.

Rezultatele cercetărilor privind efectul hormonilor vegetali asupra plant horticole au evidenţiat posibilitatea utilizării lor în lucrările care au în vedere stimul înrădăcinării butaşilor şi răsadurilor, stimularea cicatrizării rănilor şi a procesului prindere a altoiului, întârzierea deschiderii mugurilor florali, stimularea legării fruct şi formarea de fructe partenocarpice, rărirea chimică a fructelor, oprirea căderii fruct oprirea încolţirii rădăcinoaselor, bulboaselor şi tuberculiferelor în timpul păstr stimularea maturării fructelor.

Prin acţiunea lor, hormonii vegetali pot avea efecte specifice: stimulator inhibitor al creşterii, de iniţiere a procesului de maturare sau pot influenţa alte proc repausul vegetativ, dominanţa apicală, polaritatea, abscisia (căderea florilor, fructel frunzelor), unele mişcări ale plantelor.

7.1. Principalii hormoni din legume şi fructe

Dintre substanţele stimulatoare naturale, mai cunoscute sunt auxinele, giberel şi citochininele. În afara acestora, în legume şi fructe se formează etilena, hormonul maturare, şi acidul abscisic, o substanţă inhibitoare a creşterii.

7.1.1. Auxinele

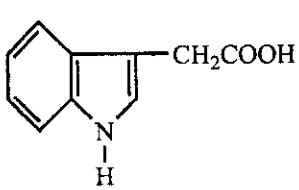
Din punct de vedere chimic, auxinele fac parte din grupa compuşilor indol Dintre aceştia, cel mai răspândit este *acidul 3-indolil-acetic*, identificat în endosper semineţelor de măr, piersic, fragi, coacăze negre, varză etc.

În legume şi fructe au mai fost identificaţi şi alţi derivaţi indolici, consideraţi produşi intermediari în biosinteza acidului 3-indolil-acetic, având drept compus ini triptofanul. Astfel, *indolil-acetonitrilul*, a fost identificat în varză, tomate şi strug

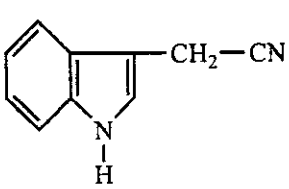
acidul-3-indolil carboxilic, în tomate şi conopidă; *acidul-3-indolil-acetil-aspartic*, în mac, iar *acidul-3-indolil-propionic* şi *aldehida-3-indolilacetică*, în conopidă.

Auxinele determină creşterea dimensiunii fructelor prin acţiunea stimulatoare pe care o au atât asupra diviziunii celulelor, cât şi asupra dimensiunilor acestora.

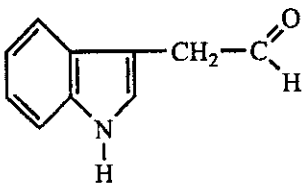
Prezenţa auxinelor stimulează procesul de extensie celulară, producerea etilenei în fructe şi determină reducerea fermităţii pulpei şi accelerarea procesului de maturare. Auxinele previn descompunerea acidului ribonucleic şi a proteinelor, stimulează sinteza acizilor nucleici şi modifică permeabilitatea membranelor celulare pentru metaboliţi (Hulme, 1970). Ca urmare, prin influenţa lor asupra conţinutului în proteine şi acizi nucleici din celulele vegetale, auxinele pot încetini procesul de senescenţă al ţesuturilor.



Acid-3-indolil acetic



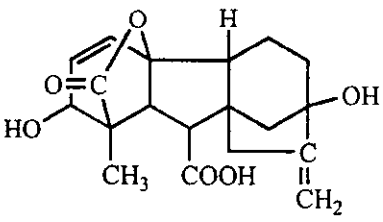
Indolil acetonitril



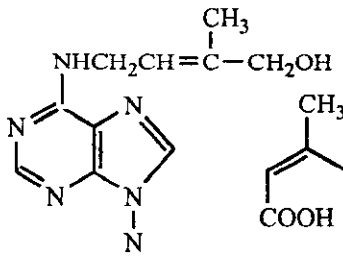
Aldehidă-3-indolilacetică

7.1.2. Giberelinele

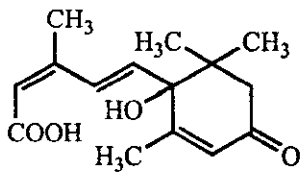
În această grupă de substanţe se includ diterpenoidele ciclice care au un sistem tetraciclic denumit *giban*. Până în prezent au fost identificate peste 100 de gibereline dintre care cea mai cunoscută este ***acidul giberelic***.



Acid giberelic



Zeatină



Acid abscisic

Giberelinele au fost identificate în semințele mature de fasole, lupin, mazăr măr etc., având o concentrație mai ridicată în endosperm și embrion.

Aceste substanțe stimulează creșterea tulpinii, germinarea semințelor, expres sexelor, partenocarpia și legarea fructelor. Giberelinele determină, totodată, scăder conținutului în amidon, în azot total, în proteine, precum și creșterea conținutului acizi nucleici, celuloză și hemiceluloză (Stan, 1970).

Tratamentele cu gibereline au determinat creșterea procentului de legare fructelor, stimularea creșterii acestora, reducerea pierderilor și prelungirea duratei păstrare a fructelor (Mansour, 1979).

În cazul fructelor citrice, tratamentele cu gibereline determină scăderea procesu de biodegradare a clorofilei, a sintezei pigmenților carotenoidici și menținerea fermită pulpei (Hulme, 1970).

7.1.3. Citochininele

Identificate în endospermul semințelor din fructele nematurate, citochininele sunt compuși substituiți ai adeninei. Dintre citochininele izolate din legume și fructe pot fi menționate *kinetina* răspândită în citrice, *zeatina* în pepeni, mere și pere, *difenilureea* și *zeatinribozidul* în nucile de cocos.

Citochininele stimulează diviziunea celulelor, creșterea rădăcinilor și a frunzelor tinere, întârzie degradarea clorofilei și procesul de maturare la spanac, ardei, ridichi, varză, ceapă verde, mazăre, castraveți. Acest efect este mai evident în cazul în care se prelungește perioada de păstrare peste limitele normale sau când temperatura depășește limitele optime recomandate pentru păstrarea speciei sau a soiului respectiv (Pantastico, 1975).

Salunke și colab. (citați de Pantastico, 1975) au constatat că prima etapă a biodegradării ARN solubil este pierderea grupării terminale, adenina. Tratamentele cu citochinine aprovizionează celula cu necesarul de adenină, favorizând refacerea moleculelor de ARN solubil. În felul acesta se menține sinteza proteinelor, produsele păstrându-și starea de prospețime o perioadă mai îndelungată.

7.1.4. Acidul abscisic

Identificat în fructe, semințe, bulbi, tuberculi, rizomi etc., *acidul abscisic* este un sesquiterpenoid care are acțiune inhibitoare asupra procesului de creștere (Dilley, 1966). Acest hormon este implicat și în alte procese fiziologice ca: închiderea stomatelor în condiții de stres hidric, stimularea acumulării substanțelor de rezervă, intrarea în

repausul vegetativ, care reprezintă un semnal biochimic în condiţii de stres hidric, iniţierea proceselor de abscisie, geotropism etc.

7.1.5. Etilena

Este o substanţă sintetizată în diferite organe ale legumelor şi fructelor (după unii autori considerată ca hormon de maturare) şi inhibă procesul de creştere, stimulează procesul de abscisie, determină modificarea intensităţii respiraţiei fructelor, apariţia mai timpurie a climactericului şi, ca urmare, realizarea mai rapidă a maturităţii de consum (Hulme, 1970).

Acţiunea etilenei asupra intensităţii procesului de respiraţie se datorează efectului pe care îl are acest hormon asupra creşterii permeabilităţii membranelor celulare sau ale organelor celulare, ceea ce face posibil contactul dintre enzime şi substratul respirator.

Tratamentele cu etilenă sunt eficace dacă se aplică înainte de apariţia climactericului în cazul fructelor care prezintă un maximum respirator (climacteric) şi în orice perioadă a vieţii, în cazul produselor horticole care nu prezintă acest maxim (Biale, 1950).

În scopul accelerării maturării fructelor depozitate, tratamentele cu etilena se efectuează în celule de postmaturare.

7.1.6. Alte substanţe reglatoare de creştere şi maturare

Brassinosteroizii au fost identificaţi, în anul 1960, în grăuncioarele de polen, iar ulterior în seminţe şi în ţesuturile vegetative tinere. Până în prezent au fost identificaţi 60 de brassinosteroizi, dintre care 31 au fost mai bine caracterizaţi.

Cei mai importanţi brassinosteroizi sunt *brassinolidul* şi *castasteronul* (Arteca, 1995), cu rol stimulator asupra creşterii ţesuturilor vegetative; inhibă creşterea rădăcinii, stimulează sinteza etilenei şi epinastia, stimulează diferenţierea xilemului, rezistenţa la condiţii de mediu nefavorabile (îngheţ, boli, stres hidric), şi sinteza ADN-ului, ARN-ului şi proteinelor. Clouse şi Sasse (1998) menţionează că brassinolidul stimulează procesul de diviziune şi extensia celulară, accelerează senescenţa frunzelor şi a cotiledoanelor, modulează răspunsul la acţiunea factorilor de stres şi reglează expresia genelor.

Poliaminele alifatice sunt compuşi organici policationici, cu rol hormonal în procesele de înflorire şi de diferenţiere a sexelor. Poliaminele endogene se pare că sunt implicate în dezvoltarea fructelor şi au o acţiune contrară cu a etilenei (Kakkar şi Rai, 1993).

8. PIGMENŢI

Prezenţa pigmenţilor în ţesuturile vegetale conferă legumelor şi fructelor culoarea caracteristică, aceasta fiind diferită în funcţie de specie şi soi. Astfel, la mere, portocale, banane, vinete etc., pigmenţii sunt localizaţi în epicarp, iar la sfecla roşie, morcovi, tomate etc., în toate ţesuturile părţii edibile. În cazul unor specii (piersici) există soiuri cu pulpa colorată şi soiuri cu pulpa necolorată.

8.1. Principalii pigmenţi din legume şi fructe

Pigmenţii reprezintă substanţe cu structura chimică foarte diferită, fiind prezenţi în legume şi fructe sub formă de: pigmenţi porfirinici, carotenoidici, antocianici şi flavonici.

8.1.1. Pigmenţii porfirinici

Derivaţi de substituţie ai porfirinei cu metalele şi cu proteinele (cromoproteide), pigmenţii porfirinici au structura de bază reprezentată de un nucleu tetrapirolic format din patru nuclee pirolice unite în poziţia α- prin punţi metinice (–CH=) într-o formă ciclică. Prin substituirea atomilor de hidrogen din poziţiile 1-8 ale porfinei rezultă porfirinele. Cele mai răspândite sunt metalo-porfirinele, care reprezintă combinaţii complexe ale unor porfirine cu magneziu sau fier, dar există şi porfirinele fără metal.

Porfirinele cu magneziu sunt reprezentate, în principal, de pigmenţii clorofilieni, şi anume *clorofilele a* şi *b*.

Clorofila a ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg + 1/2\ H_2O$) este formată dintr-un inel porfirinic cu un atom de magneziu în mijloc, unit prin 2 legături covalente şi 2 legături coordinative de cei 4 atomi de azot din nucleele pirolice. Nucleul porfirinic prezintă grupări metil ($-CH_3$) la C_1, C_3, C_5 şi C_8, o grupare vinilică la C_2, una etilică la C_4, iar la C_7 un fitol ($C_{20}H_{40}OH$), care este un rest de acid propionic esterificat cu un alcool superior nesaturat. În structură intră un inel izociclic care la C_9 are o grupare cetonică, iar la C_{10} o grupare carboxilică esterificată cu alcool metilic.

Clorofila b se deosebeşte structural de clorofila *a*, prin acea că are la C_3 o grupare aldehidică, în locul grupării metil. Clorofila *a* se găseşte în ţesuturile verzi în concentraţie mai mare, comparativ cu clorofila *b*.

Conţinutul în pigmenţi clorofilieni diferă în funcţie de specie. Astfel, tomat conţin 2,6 mg/100 g produs proaspăt, gogoşarii 8,9 mg/100 g produs proaspăt, castraveţii de seră 5,2 mg/100 g produs proaspăt (Dobreanu, 1979). În cazul bananel conţinutul în clorofilă este de 9,45 mg/100 g coajă proaspătă (Loesecke, 1949).

Porfirinele cu fier se găsesc în cantitate mai mică în legume şi fructe. Astf în nodozităţile plantelor leguminoase se găseşte *leghemoglobina*, o hemo-proteină gruparea prostetică identică hemului din hemoglobină.

Porfirinele fără metal sunt puţin răspândite în legume şi fructe. Dintre acest menţionăm:

– *feofitina*, identificată în unele ţesuturi vegetale, care se formează ca urmare eliminării atomului de magneziu din clorofilă şi înlocuirea acestuia cu hidrogen;

– *protoporfirina*, identificată în frunzele de salată şi spanac, care se formeaz prin eliminarea atomului de fier din porfirinele cu fier;

– *coproporfirina I*, un acid tetrabazic izolat din frunzele de salată şi spanac.

8.1.2. Pigmenţii carotenoizi

Aceşti pigmenţi pot fi localizaţi în cromoplaste, contribuind la realizarea culori unor legume şi fructe, sau în cloroplaste unde alături de clorofile intră în alcătuirea celor două fotosisteme. Carotenii absorb radiaţiile luminoase în domeniul 400 – 600 nm al spectrului solar, iar energia absorbită este transferată moleculelor de clorofilă. În condiţiile unui exces de radiaţii luminoase, carotenii au rol fotoprotector, eliminând excesul de radiaţii prin ciclul xantofilic.

Din punct de vedere al structurii chimice, carotenoidele sunt tetraterpenoide formate din 8 unităţi izoprenice cu un număr mare de legături duble conjugate, datorită cărora aceste substanţe imprimă legumelor şi fructelor culorile galben, portocaliu sau roşu.

În structura carotenoizilor, la unul sau la ambele capete ale moleculei, pot exista şi cicluri iononice sau pentaciclice.

În grupa pigmenţilor carotenoizi şi a derivaţilor acestora se includ circa 70 de compuşi care sunt prezenţi în majoritatea legumelor şi fructelor (tabelul 18). Aceştia se găsesc în stare liberă, dizolvaţi în lipide sau cristalizaţi şi sub formă de compuşi caroteno-proteici sau glicozide carotenoidice.

Pigmenţii carotenoizi cu 40 de atomi de carbon. Aceştia au cea mai mare pondere în legume şi fructe şi sunt reprezentaţi de:

– hidrocarburi carotenoidice formate din carbon şi hidrogen corespunzător formulei brute $C_{40}H_{56}$ (*licopen, caroten*);

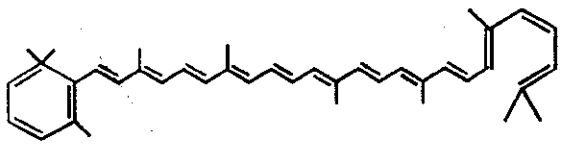
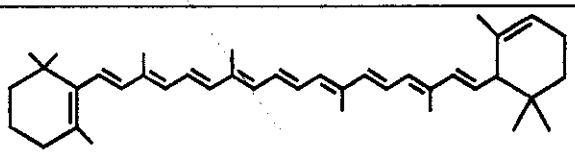
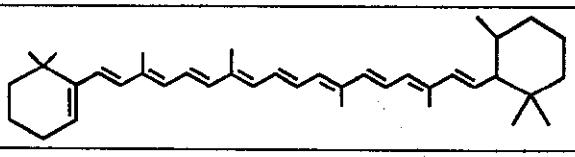
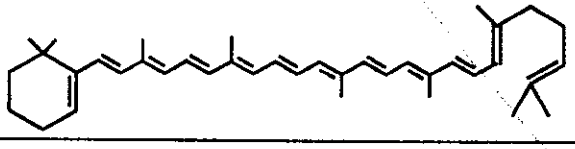
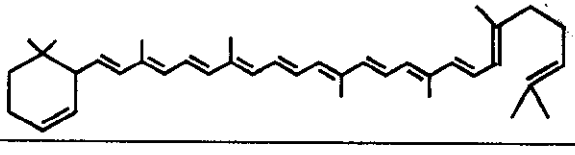
– compuşi carotenoidici cu oxigen, dintre care mai răspândiţi sunt cei care conţin gruparea hidroxilică -OH (*xantofile*). Din aceasta grupă fac parte *hidroxi-cetonele, oxizii carotenoizi* şi *acizii carotenoizi.*

Pigmenţii carotenoizi cu mai puţin de 40 de atomi de carbon. Aceşti pigmenţi pot fi aldehide sau acizi.

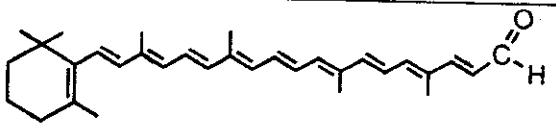
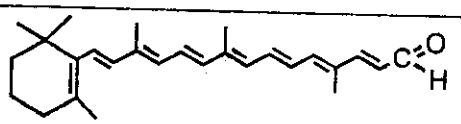
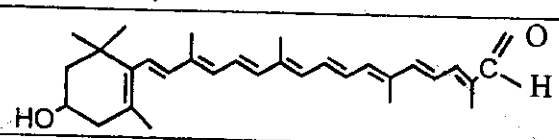
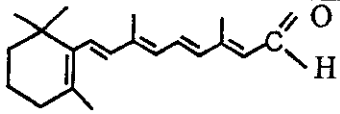
Dintre pigmenţii carotenoizi cu 40 de atomi de carbon, identificaţi în legume şi fructe, cel mai cunoscut şi răspândit este *β-carotenul.* Însă, în produsele horticole au fost identificaţi în proporţie mare *licopen, capsantină, capsorubină, criptoxantină* şi *licoxantină.*

Tabelul 18

Principalii pigmenţi carotenoizi din legume şi fructe

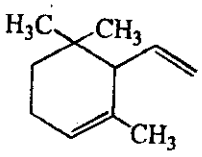
Denumirea	Structura chimică	Răspândirea
1	2	3
	Pigmenţi carotenoizi cu 40 atomi de carbon Hidrocarburi carotenoide	
Bis-dehidrolicopen		Portocale, tomate
α- Caroten		Însoţeşte β-carotenul
β-Caroten		În majoritatea legumelor şi fructelor
γ- Caroten		Morcovi, pepeni, tomate
δ-Caroten		Tomate

Tabelul 18 (continuare)

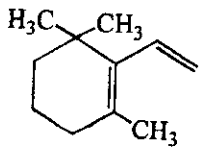
1	2	3
β-Apo-8`-carotenal C_{30}		Citrice, legume frunzoase
β-Apo-10'-carotenal C_{27}		Citrice, legume frunzoase
β-Citraurină C_{30}		Citrice
Retinen C_{20}		Citrice, spanac

β-*Carotenul* ($C_{40}H_{56}$) este alcătuit dintr-o catenă cu 11 duble legături conjugate şi are la ambele capete câte un ciclu cu dublă legătură ($\Delta^{5:6}$) denumit ciclu β-iononic. Se găseşte în proporţie mai ridicată în morcovi, determinând culoarea portocalie a acestora.

La unii carotenoizi, dubla legatură din ciclul iononic este la $\Delta^{4:5}$, astfel încât atomul de carbon C_6 devine asimetric. Acest ciclu, numit α-iononic, conferă carotenoidului respectiv activitate optică.



Ciclul α



Ciclul β

α-*Carotenul* ($C_{40}H_{56}$) are la un capăt al catenei ciclul β-iononic, iar la celălalt capăt un ciclu α-iononic. În felul acesta, α-carotenul are în molecula sa 10 duble legături conjugate şi o dublă legătură izolată. Culoarea acestui pigment este mai deschisă decât a β-carotenului.

γ-*Carotenul* ($C_{40}H_{56}$) are o jumătate de moleculă cu structura asemănătoare β-carotenului, iar cealaltă jumătate asemănătoare licopenului. În unele seminţe şi fructe se găseşte un izomer al γ-carotenului denumit pro-γ-caroten.

Licopenul ($C_{40}H_{56}$) are catena atomilor de carbon aciclică, cu 13 duble legături în moleculă, din care numai 11 conjugate. Se găseşte în proporţie mare în tomate (2,8 – 4,3 mg/100 g parte edibilă), însă a mai fost identificat în circa 70 de specii de plante.

Prolicopenul este un izomer al licopenului, având o dublă legătură în poziţia *cis*, iar restul de 6 duble legături inclusiv cea centrală se găsesc în poziţia *trans*. Acest compus determinat în fructe se poate transforma în licopen sub influenţa luminii.

Fitofluenul şi fitoenul sunt incolore şi cu un grad mai ridicat de nesaturare.

Xantofilele sunt carotenoizi cu oxigen, cu câte o grupare hidroxilică la C_3, respectiv la C_3'.

Cele mai cunoscute xantofile sunt: *luteina, capsantina* şi *capsorubina*.

Luteina ($C_{40}H_{56}O_2$) este asemănătoare α-carotenului, dar, spre deosebire de acesta, are două grupări hidroxilice. Acest pigment este răspândit în toate plantele verzi alături de clorofilă şi caroten.

Capsantina ($C_{40}H_{56}O_2$) reprezintă pigmentul roşu din ardei. Este o hidroxicetonă care se termină cu un ciclu alcătuit din 5 atomi de carbon rezultat din izomerizarea ciclului ononic.

Capsorubina conţine două grupări hidroxilice şi două grupări cetonice. Se găseşte în ardeiul roşu alături de *capsantină*.

Criptoxantina ($C_{40}H_{56}O_2$) corespunde formulei chimice 3-hidroxi-β-caroten. Se găseşte în ardei.

Zeaxantina ($C_{40}H_{56}O_2$) corespunde formulei chimice 3,3-dihidroxi-caroten. Se găseşte în citrice.

Pigmenţii carotenoizi cu mai puţin de 40 de atomi de carbon în moleculă. Aceşti pigmenţi au un inel α- sau β-ononic şi o catenă laterală terminată cu o grupare aldehidică sau carboxilică. În funcţie de natura grupării, aceşti carotenoizi pot fi aldehide carotenoide sau acizi carotenoizi.

Numărul atomilor de carbon din molecula aldehidelor carotenoide este foarte variat, fiind cuprins între 20 şi 37.

În cazul în care radicalul R este H, aldehida carotenoidă este β-*apo-8'-carotinal*, care se găseşte în spanac, măceşe.

În cazul în care radicalul R este OH, compusul se numeşte β-*citraurină* ($C_{30}H_{40}O_2$) şi este pigmentul caracteristic pentru fructele citrice.

Retinenul este o aldehida carotenoidă cu 20 de atomi de carbon în moleculă şi se găseşte în măceşe, spanac, citrice etc.

Acizii carotenoizi sunt reprezentaţi de *crocetină* ($C_{20}H_{24}O_4$), *bixină* ($C_{23}H_{30}O_4$) etc., compuşi cu o răspândire mică în legume şi fructe.

În tabelul 19 este prezentat conţinutul total în pigmenţi carotenoizi la unele specii de legume şi fructe.

Pigmenţii carotenoizi se găsesc în concentraţie ridicată în epicarpul fructelor. Astfel, concentraţia carotenoizilor în epicarpul bananelor este de 5 ori mai mare comparativ cu cea din mezocarpul acestora; circa 55 – 75% din carotenoizii din citrice

se găsesc în epicarp; de asemenea, conţinutul în carotenoide din epicarpul perelor este de circa 6 ori mai mare decât în mezocarp.

Tabelul 19

Conţinutul total în pigmenţi carotenoizi din unele legume şi fructe
(După Dobreanu, 1977, 1979)

Specia	mg/100 g produs proaspăt	Specia	mg/100 g produs proaspăt
Ardei gras	8,0 – 25,0	Afine	0,2 – 0,3
Ardei kapia	25,0 – 35,0	Banane	6,8 – 8,3
Ardei gogoşar	23,1 – 25,0	Caise	1,2 – 4,2
Fasole verde	0,1 – 0,2	Căpşune	0,03 – 0,1
Morcovi	7,0 – 18,0	Coacăze negre	0,1 – 0,2
Pepene verde	3,0 – 4,0	Lămâi	0,4 – 0,8
Ridichi	1,5 – 2,0	Mere	0,1 – 0,8
Salată	3,1 – 6,0	Pere	0,1 – 0,2
Spanac	13,0 – 14,0	Piersici	0,1 – 0,7
Tomate	6,5512,0	Portocale	0,3 – 3,5
Agrişe	0,1 – 0,2		

Mueller (1997) a analizat conţinutul de caroteni din 22 specii de legume şi 28 specii de fructe. Au fost identificaţi şi dozaţi 27 de caroteni dintre care *luteina*, *β–carotenul* şi *violaxantina* se găsesc în cantitate mai mare în legumele verzi. Legumele cu culoarea galbenă sau galben-roşie şi fructele conţin *β-caroten*, *α-caroten*, *β-criptoxantină* şi *α-criptoxantină*. *Anteroxantina* şi *neoxantina* se găsesc aproape în toate produsele analizate, iar *licopenul* a fost principalul caroten din tomate, grapefrut şi papaia.

8.1.3. Flavonoidele

Flavonoidele reprezintă o clasă de substanţe fenolice care conferă culoarea caracteristică la numeroase specii de flori şi fructe. În mod frecvent, aceşti pigmenţi se găsesc în plante sub formă glicozidică, în care una sau mai multe grupări hidroxilice ale fenolilor sunt combinate cu glucide reducătoare.

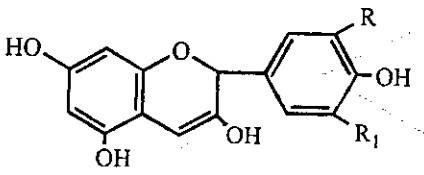
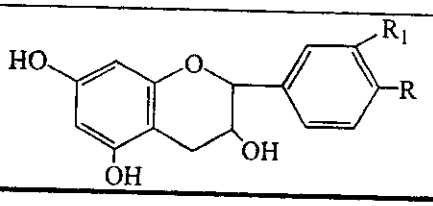
Aceste substanţe se găsesc în flori şi fructe, dar şi în alte părţi ale plantelor ca: polen, rădăcini etc.

Flavonoidele participă la procese de oxidoreducere cu rol de vitamină P. Pratt (1992) a constatat că flavonoidele (*flavonolii, izoflavonele, flavonele, catechinele* şi *flavanonele*) sunt cele mai importante substanţe antioxidante.

Aceşti pigmenţi sunt derivaţi ai flavonei (2-fenilcromona), izoflavonei (3-fenilcromona) sau ai flavonolilor (3-hidroxiflavona).

Cei mai importanţi reprezentanţi sunt prezentaţi în tabelul 20.

Tabelul 20 (continuare)

1	2	3
Antocianidine		Pelargonidină R=R_1=H Cianidină R=OH, R_1=H Delfinidină R=R_1=OH Peonoidină R=OCH_3 R_1=H Malvidină R=R1=OCH_3 Petunidină R=OH R_1=OCH_3.
Catechine		Catechină R=R_1=OH

Cele mai răspândite substanţe flavonoide sunt *antocianidinele, flavanonele* şi *catechinele.*

Antocianidinele dau culoarea roşu sau violet fructelor şi unor legume (sfeclă, varză roşie) şi reprezintă din punct de vedere chimic glicozide ale antocianidelor.

Cea mai răspândită antocianidă din fructe este *cianidina* în care componenta glucidică (D-glucoza, D-galactoza, L-ramnoza, rutinoza) se leagă, de obicei, în forma piranozică în poziţiile 3, 5. De asemenea, la formarea legăturii acetalice participă şi glucide acilate cu acizii cinamic, cumaric, cafeic şi ferulic, ceea ce conferă o mare diversitate acestei clase de compuşi.

Grupate după natura agliconului, cele mai importante glicozide antocianice identificate în legume şi fructe sunt:

– *cianidin-3-glucozid* în cireşe, căpşune, struguri, coacăze, zmeura, agrişe, prune, piersici, portocale;

– *cianidin-3,5-diglucozid* sau *cianidina*, în coacăze roşii;

– *cianidin-3-arabinozid* în mere, afine;

– *cianidin-3-galactozid* sau *ideina*, în epicarpul merelor roşii şi în afine;

– *cianidin-3-ramnoglucozid* sau *keracianina*, în cireşe negre;

– *cianidin-3-gentiobiozid* sau *mecocianina*, în cireşe;

– *cianidin-3-rutinozid*, în mere, cireşe, vişine, agrişe, prune, zmeura, coacăze roşii şi negre;

– *cianidin-3-triglucozid* sau *rubrobrasina*, în varza roşie;

– *oleocianina*, probabil aceaşi cu *cianidin-3-ramnoglucozid*, în măsline;

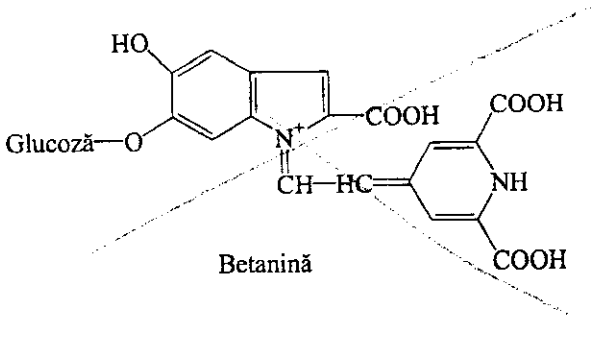
– *delfinidina-3-glucozid* în struguri, portocale, coacăze;

– *delfinidina-3,5-diglucozid*, în prune;

– *pelargonidina-3-galactozid*, în căpşune, fragi;

– *peonidina-3-glucozid* sau *oxicocianina*, în cireşe, struguri, prune;

– *petunidina-3-glucozid*, în struguri;
– *petunidina-3-rutinozid-5-glucozid*, în afine;
– *malvidina-3-glucozid* sau *oenina*, în struguri;
– *negreteina* izolată din cartofi violeți;
– *naringenina-7-β-D-glucozid* în tomate;
– *betanina*, pigmentul roșu-violet din sfecla roșie, care conține D-glucoză legată acetalic de betanidină și este singura antocianidină cu azot cunoscută până în prezent.



Betanină

Pigmenții antocianici sunt localizați în sucul vacuolar al țesuturilor vegetale și în funcție de *p*H pot forma săruri de flaviliu, de culoare roșie (*p*H=3), chinone, de culoare violetă (*p*H=8,5), sau săruri complexe ale chinonelor de culoare albastră (*p*H=11).

Un al doilea factor important în formarea culorii îl reprezintă structura antocianidinelor. Astfel, o dată cu creșterea grupărilor hidroxilice are loc închiderea culorii albastru, în timp ce substituirea cu grupări metoxi are drept consecință intensificarea culorii roșu.

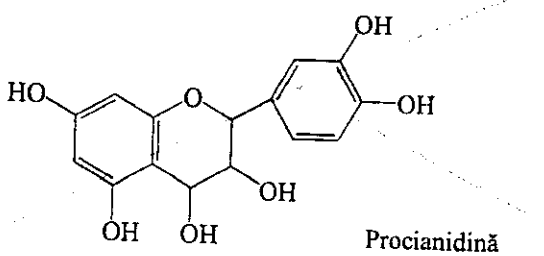
Culoarea pigmenților antocianici este influențată și de efectul de copigmentare, adică de prezența altor pigmenți însoțitori sau chiar a unor substanțe incolore. Așa de exemplu, flavonolii, taninurile, *mangiferina* sau *C-glucozid-xantona* sunt pigmenți care interacționează cu *delfinidina-3,5-diglicozid* și determină o deplasare a spectrului de la roșu la albastru (de exemplu la prune).

Între substanțele însoțitoare ale pigmenților antocianici se află proantocianidinele și glicozidele corespunzătoare, *proantocianii*. În literatura de specialitate se menționează pentru aceste grupe de substanțe denumirile de *leucoantocianidine* și respectiv *leucoantociani*. Ele au capacitatea de a intra în reacții de policondensare asemănător flavanilor și derivă structural de la flavan-3,4-diol, ca exemplu *procianidina*.

Aceasta a fost izolată din strugurii negri și albi nematurați. Glicozidele corespunzătoare acestora au fost mai puțin studiate.

În general distribuția pigmenților antocianici în produsele horticole este neuniformă. Astfel, în cazul merelor, aceștia sunt concentrați în principal în celulele epidermice și în 2 – 3 straturi ale hipodermei (pe partea intens colorată toate celulele

conţin antociani, iar pe cea necolorată aceştia lipsesc). La merele din soiul Jonathan, 65 – 77 % din celulele epidermice sunt colorate, la cele din soiul Jonared, 60 – 80 %, la cele din soiul Red Delicious, 83 – 96 %, iar la cele din soiul Golden Delicious, 0 % (Dayton, 1996).



Procianidină

Flavanonele se găsesc în produsele horticole mai ales sub formă de glicozide, dintre care se pot menţiona cele prezentate în continuare.

Naringina este prezentă în grapefrut, portocale, epicarpul bacelor de struguri etc. Se formează cu participarea ramnozei, glucozei şi naringeninei. Glicozida contribuie la formarea gustului amar pronunţat al citricelor.

Hesperetina sau *hesperetin rutinoza* este prezentă în citrice.

Neohesperetina este prezentă în citrice, în care agliconul hesperetina se leagă de ramnopiranoză şi glucopiranoză.

Persicozidul sau hesperetin glucozidul a fost identificat în piersici.

Eriodictina din citrice şi prune şi *eriocitrina* din lămâi au drept componentă neglucidică, eriodictiolul.

Flavonolii şi ***izoflavonele*** formează legături acetalice cu D-glucoza, L-ramnoza, D-arabinoza, D-xiloza, acidul D-glucuronic etc., de obicei în poziţia C_7 şi foarte rar în poziţia C_5, în timp ce flavonolii participă cu -OH din poziţia C_3.

Principalii pigmenţi flavonici izolaţi sub formă de glicozide flavonice din legume şi fructe sunt:

– *apiina* şi *metoxipiina*, având ca aglicon apigenina, care au fost identificate în pătrunjel;

– *campferol-3- glucozidul*, identificat în struguri, căpşune, fragi;

– *quercitin-3-galactozidul* sau *hiperina*, care se găseşte în coaja merelor, precum şi în afine, pere, cireşe;

– *quercitin-3-glucozidul*, identificat în mere, caise, coacăze negre, struguri, pere, prune, căpşune;

– *querceturona*, care conţine acid glucuronic şi se găseşte în fasole;

– *quercitin-3-ramnozidul*, prezent în cireşe;

– *quercitin-3-xilozidul* sau *reinoutrina*, identificat în mere;

– *spireozidul*, ce conţine glucoză în poziţia 4' a quercitinei şi a fost identificat în ceapă;

– *quercitin-3-rutinozidul*, care se găseşte în tomate, mere, cireşe, prune, struguri; a fost izolat şi în stare liberă din ceapă, coacăze negre;

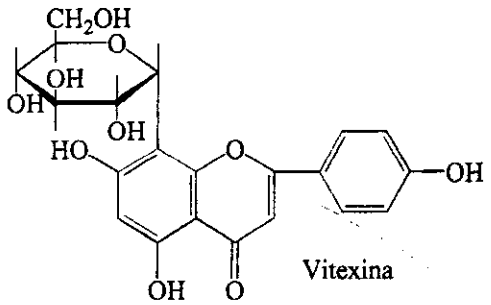
– *miricetin-3-glucozidul* şi *glucoronida*, prezente în struguri;

– *miricetin-3-arabinozidul* şi *digalactozida*, prezente în afine;

– *izoramnetin-3-glucozid-3-rutinozidul* şi *3-ramnozilgalactozida*, care au fost identificate în pere;

– *genisteina-7-glucozidul* sau *genistina*, care se găseşte în struguri.

În aceasta grupă intră şi *C-glicozidele* care se formează prin legarea unei glucide la carbonul din poziţiile 6 sau 8 ale flavonei. Aşa de exemplu este *vitexina*, prezentă în struguri:



Vitexina

În lămâi şi portocale s-au identificat *diosmetina, poncanetina, limocitrina, limocitrolul*, componente flavonice care participă la formarea uleiurilor eterice.

Conţinutul în agliconi şi glicozide flavonice variază foarte mult în funcţie de specie şi sunt neuniform distribuite în interiorul fructelor şi legumelor. Cantitatea de flavonoli, la ceapă, creşte de la vârf spre bază şi de la exteriorul spre interiorul bulbilor. Determinările au fost efectuate pe secţiuni de 5 mm grosime (fig. 26).

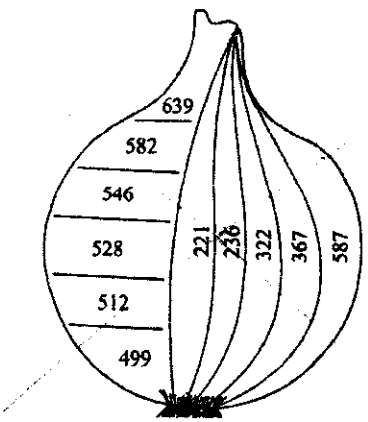


Fig.26. Distribuţia flavonolilor (ppm quercitină) în ceapă (după Trammel şi Peterson, 1976).

Catechinele conţin în molecula lor doi atomi de carbon asimetrici, fapt care face posibilă existenţa a 4 izomeri optici: (+) şi (-) *catechină* şi (+) şi (-) *epicatechină*.

Catechinele sau alte tipuri de flavani pot forma taninuri condensate. Aceşti compuşi pot exista sub forma de monomeri, dar au capacitatea de a da dimeri sau polimeri naturali prin

autocondensare (taninuri condensate). În produsele horticole au fost identificaţi următorii monomeri:

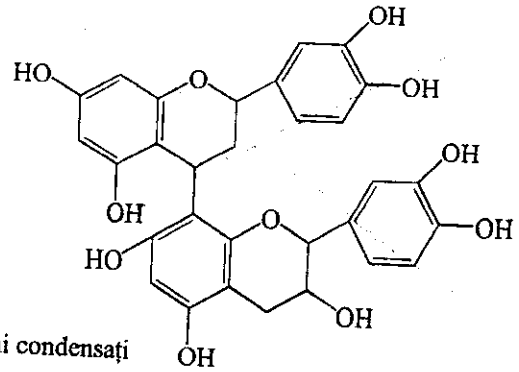
– (+) *catechina*, în mere, caise, mure, vişine, cireşe, coacăze roşii şi negre, struguri, piersici, pere, agrişe, prune, zmeură, căpşune etc.;

– (-) *catechina*, în struguri;

– (+) *galocatechina*, în struguri, coacăze negre şi roşii, agrişe;

– (-) *epigalocatechina*, în mere, caise, mure, cireşe, vişine, struguri, pere, prune, gutui, zmeură, fragi.

Monomerii acestora s-au identificat în fructe şi sub formă de glicozide. Din struguri a fost izolată *(-) epicatechina-3-galat* (Tsai Su şi Singlenon, citaţi de Hulme, 1970). Distribuţia lor în interiorul unui fruct este neuniformă, în general predominând în epidermă. În pulpa merelor se găsesc într-o cantitate de 3 ori mai mică decât în epidermă (Salkova şi Morozova, 1979).



Flavani condensaţi

Flavan-3,4-diolul ca monomer se găseşte mai puţin în produsele horticole, dar, ca dimer, a fost evidenţiat în căpşune, mere, morcov, avocado. Dacă gradul de autocondensare este mai ridicat se obţin polimeri în a căror compoziţie pot intra şi alte flavonide, cum este *cianidina* şi *pelargonidina.*

8.2. Metabolismul pigmenţilor din legume şi fructe

8.2.1. Biosinteza pigmenţilor

Reacţiile biosintetice ale pigmenţilor diferă în funcţie de compoziţia chimică a acestora.

Biosinteza pigmenţilor porfirinici. Mecanismul biosintezei *clorofilei* a fost studiat de numeroşi specialişti. Wettstein şi colab. (1995) şi Grimm (1998) consideră că precursorul ciclului tetrapirolic, acidul 5-aminolevulinic, se poate sintetiza din glicină