

RÉSZLETES SZAKMAI ZÁRÓJELENTÉS

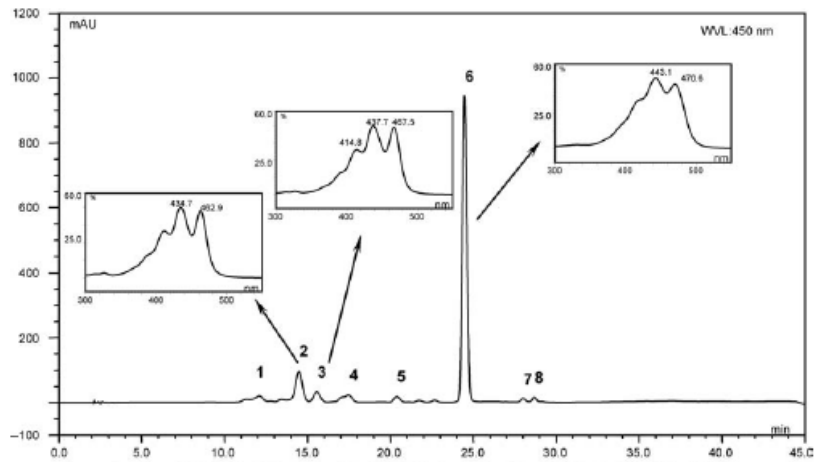
Intézetünkben a korábbi években a karotinoid kutatás két fő irányát műveltük:

- a) természetes növényi forrásokból új szerkezetű karotinoidokat izoláltunk
- b) a természetben előforduló karotinoidok mesterséges átalakításaival foglalkoztunk.

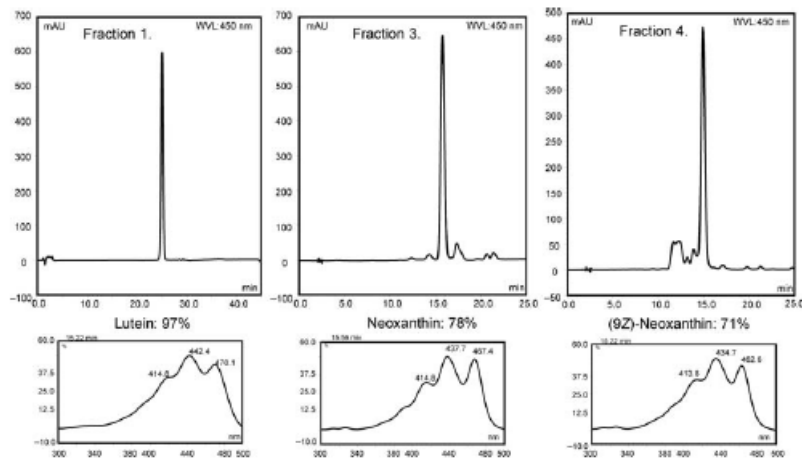
A kutatócsoport hagyományos munka területe a karotinoidok izolálása, szerkezetazonosítása, a növényi részek részletes karotinoid analízise nagy mennyiségű oldószert és adszorbenst igényel. Korábban preparatív kromatográfiás állófázisként főként kalcium-karbonátot használtunk, amely igen hatékonyan választja el még a nagyon hasonló szerkezetű karotinoidokat is. Hátránya, hogy igen kicsi a kapacitása, kb. 10 mg karotinoid-keverék elválasztása több száz gramm kalcium karbonátot és jó néhány liter oldószert igényel. Ezért módszert dolgoztunk ki a karotinoidok preparatív méretű elválasztására szilikagél oszlopon, flash-kromatográfiát alkalmazva. Piros paprika epi- és hipofázikus extraktumából ily módon β -karotint, β -kriptoxantint, kapszantint, zeaxantint, cucurbitaxantin A-t sikerült izolálnunk nagy tisztasággal.

A kereskedelemben kapható nagy kapacitású szilikagél állófázisok viszont enyhén savas karakterűek, a karotinoid-kémiában nem használhatóak, mert a karotinoidok átalakulását, bomlását idézik elő. A kereskedelmi szilikagél lúgos kezelésével olyan állófázist állítottunk elő, amely megőrizte nagy kapacitását, viszont még az igen sav érzékeny karotinoid-5,6-epoxidok is változatlanok maradnak rajta. Az állófázist „Silica-9”-nek neveztük el mivel, vizes oldatában a pH 9-es. Jóllehet az elválasztás hatékonysága nem vethető össze a kalcium-karbonát állófáziséval, azonban a két töltet alkalmazása jól kiegészíti egymást. A lúgos szilikagélen ugyanis nagy mennyiségű növényi extraktumot is egyszerűen, viszonylag kevés oldószer felhasználásával frakciókra választhatjuk, majd az így kapott, jóval kisebb tömegű frakciókat kalcium-karbonáton tovább tisztíthatjuk. Igazoltuk, a „Silica-9” fázison mind a kis (pl. neoxantin juharlevél extraktumból), mind a nagy mennyiségben (pl. violaxantin sárga paprika extraktumból) előforduló karotinoid-epoxidok jó hozammal 80-90%-os tisztasággal elkülöníthetők anélkül, hogy furanoid átrendeződés játszódna le [1]. Az izolált epoxidok további tisztítása a hagyományos módszerrel, kalcium-karbonáton történt.

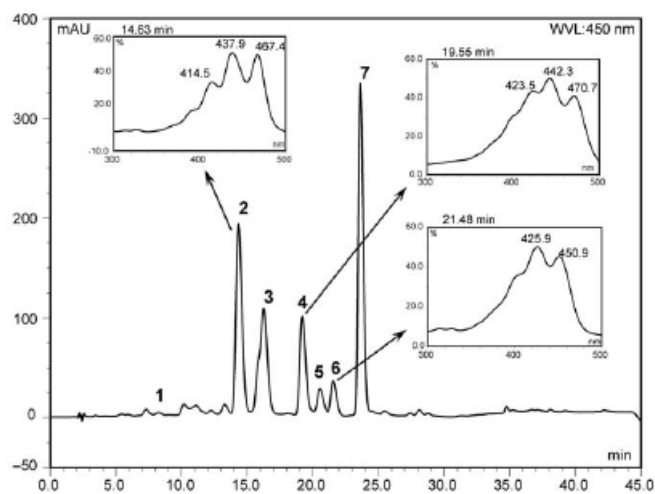
Hasonló módszerrel vékonyréteglap (TLC-9) is készíthető, mely kiválóan alkalmas a karotinoid-epoxidok tisztításának, illetve reakcióinak nyomon követésére.



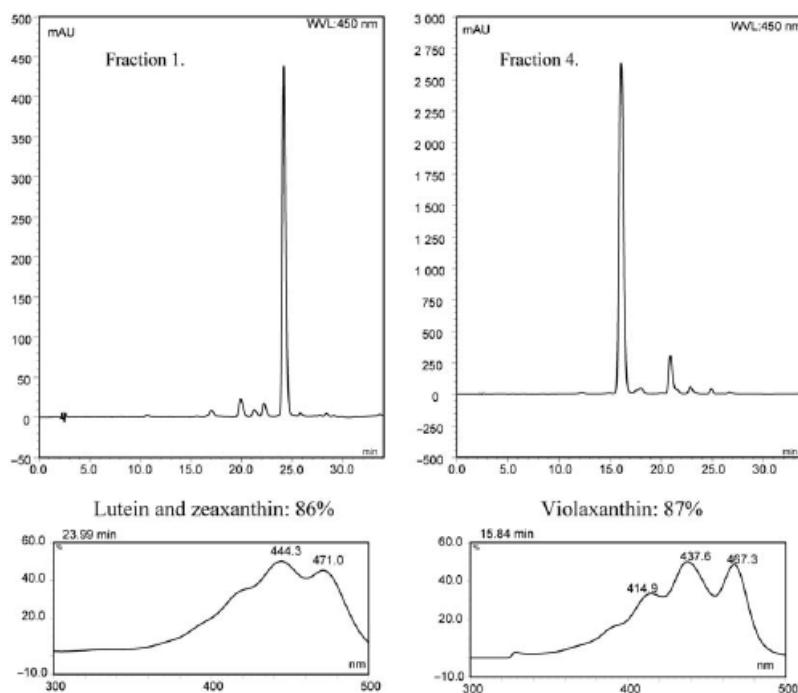
1. ábra. *Juhar* levél extraktumának kromatogramja. 2: (9Z)-neoxantin (10,7%), 3: neoxantin (3,3%),
6: lutein (76%)



2. ábra. A *Silica-9-n* kapott frakciók kromatogramja

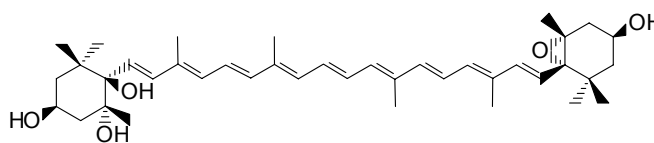


3. ábra. *Sarga paprika* hipofázikus extraktumának kromatogramja 1: latoxantin (0,05%),
2: violaxantin, 3: anteraxantin (13,1%), 5,6: mutatoxantin epimerek (3,7 és 4,4%), 7: lutein és
zeaxantin (35,3%)



4. ábra. A Silica-9-n kapott frakciók kromatogramja

A vizsgálatok során sárga paradicsom paprika (*Capsicum annuum* var. *lycopersiciforme flavum*) hipofázikus extraktumából egy minor karotinoidot, latoxantint ((all-*E,3S,5R,6R,3'S,5'R,6'S*)-5',6'-epoxi-5,6,5',6'-tetrahydro- β,β -karotin-3,5,6,3'-tetrol) izoláltunk. A vegyület trihidroxi-végcsoportjának konfigurációját NMR technikával igazoltuk [2]. A 3,5,6-trihidroxi-végcsoport sztereokémiájának tisztázása hozzájárult a trihidroxi-vegyületek különböző növényekben különböző módon történő (enzimatis, savkatalizált) képződési mechanizmusának feltárásához.



Latoxantin

Folytatva növény analitikai munkánkat, megvizsgáltuk több, fólia sátorban termesztett fűszerpaprika karotinoid-összetételét. Ugyancsak újra vizsgáltuk néhány sárgára érő (soha nem pirosodó) paprika fajta karotinoid-összetételét is. Két magyar fajtában (sárga paradicsom paprika és sárga kúpos paprika), meglepetésünkre likopint detektáltunk. A likopint 10 kg sárga kúpos paprika extraktumából is izoláltuk, és szerkezetét NMR spektroszkópiával igazoltuk.

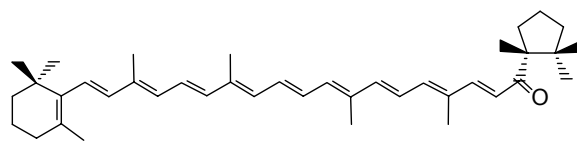
A karotinoidok élelmiszerekben való előfordulásának vizsgálatát folytatva különböző, az egészséges étrendben alkalmazott növényi csírák (búza, brokkoli, retek, kukorica, hagyma, fokhagyma, cékla, szója) karotinoid-analízisét végeztük el. Fő termék minden esetben a lutein [3] és a β -karotin. Az előző pályázati periódusban elkezdett különböző citrusfélék karotinoid összetétel vizsgálatát [4] folytatva analizáltuk a különböző, szupermarketekben kapható hazai és külföldi eredetű narancslevek karotinoid összetételét is. Fő komponensként β -kriptoxantint, luteoxantint, luteint mutattunk ki a 100 és 50% (névleges) gyümölcstartalmat feltüntető termékekben. A 10%-os gyümölcstartalmú levekben az adalékanyag β -karotinon kívül csak nyomokban találtunk más karotinoidot. Itt említem meg, hogy a Solvo Biotechnológiai Zrt.-vel együttműködve több, a táplálékokban nagyobb mennyiségben előforduló karotinoid (α - és β -karotin, likopin, β -kriptoxantin kapszantin, violaxantin, stb.) transzporter molekulaként való viselkedését tanulmányoztuk [5].

Újra vizsgáltuk különböző sütőtök (*Cucurbita maxima*) fajták karotinoid összetételét, és megvizsgáltuk hogyan változik a karotinoid-összetétel különböző főzési eljárások során, különös tekintettel a lutein és a cucurbitaxantin A változásaira [6]. Megvizsgáltuk a bolti forgalomban kapható sütőtök tartalmú bébiételeket is.

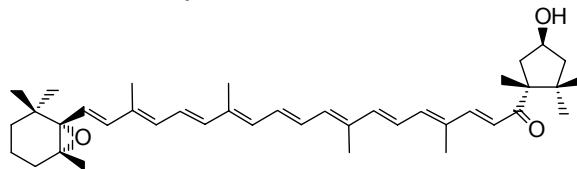
A természetben előforduló karotinoidok vizsgálata során meghatároztuk három gyógynövény, az érdeslevelű napraforgó (*Helianthus rigidus* L.), a csicsóka (*Helianthus tuberosus* L.) és a gilisztaűző varádics (*Tanacetum vulgare* L.) [7] virágzatából nyerhető teljes extraktumok össz-karotinoid-tartalmát és elvégeztük azok teljes karotinoid-analízisét. Mindhárom virág főkomponensként luteint és a lutein (Z)-izomerjeit tartalmazza. Ugyancsak vizsgáltuk a piritógyökér (*Tamus communis* L.), a húsos som (*Cornus mas* L.) [8] és a tiszafa (*Taxus baccata*) bogyójának karotinoidösszetételét. Elvégeztük a kanadai aranyvesszőfű (*Solidago canadensis* L.) és a vérehulló fecskefű (*Chelidonium majus* L.) össz-karotinoid-tartalmának és teljes karotinoid-összetételének meghatározását. Preparatív méretben hipo- és epifázikus fitoxantin-keverékeket különítettünk el a kanadai aranyvesszőfűből természetben ritkán előforduló *cisz*-karotinoidok izolálása céljából [9-10]. Vizsgáltuk a sóskaborbolya (*Berberis vulgaris* L.) bogyótermésének össz-karotinoid-tartalmát és karotinoid-összetételét is [11].

Folytatva az új szerkezetű karotinoidok keresését természetes forrásokban, egy panamai kutatócsoporttal együttműködve elvégeztük a „Mamey” (*Pouteria sapota*) nevű gyümölcs karotinoid analízisét. A közel 50 komponenst tartalmazó extraktumból számos új, κ -végcsoportot tartalmazó karotinoidot tudtunk kimutatni HPLC-DAD és HPLC-MS vizsgálattal [12], melyek közül a β,κ -karotin-6'-on-t és a kriptokapszin-5,6-epoxidot

kristályos állapotban is izoláltuk, és szerkezetüket NMR és CD spektroszkópiával igazoltuk. A kriptokapszin-5,6-epoxidot kriptokapszin epoxidálásával is előállítottuk [13].



β,κ -Karotin-6'-on



Kriptokapszin-5,6-epoxid

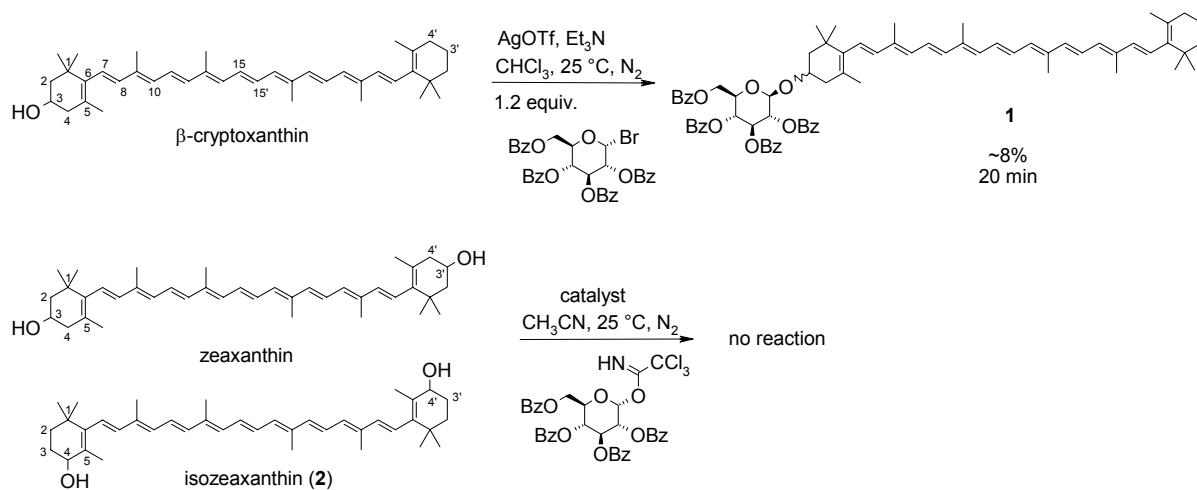
Szemiszintetikus munkáink a korábbiakhoz képest változtak. A természetben előforduló karotinoidok átalakításai helyett a karotinoid-glikozidok és a karotinoidok dimereinek, dendrimereinek az előállítása került előtérbe.

A természetben előforduló karotinoid-glikozidok, ún. termoxantinok közös jellemzője, hogy karotinoid-alkoholok (kriptoxantin, zeaxantin, asztaxantin, stb.) *O*-glikozidos kötéssel glükózhoz kapcsolódnak, melynek 2. és/vagy 6. helyzetű hidroxil-csoportja zsírsavval észteresített. Ezek a molekulák amfipatikus sajátosságúak és megfelelő konformációban ugyanolyan hosszúságúak, mint a sejtmembrán vastagsága. A termoxantinok képesek beépülni a sejtmembránba és ezáltal módosítják annak tulajdonságait. Mivel a karotinoidok jó antioxidánsok, feltehetően szerepet játszhatnak a sejtet érő oxidatív stressz gátlásában, azonban a természetből izolálható termoxantinok igen kis mennyisége miatt ezt a hatást eddig nem vizsgálták. Célul tűztük ki a termoxantinok és azok mimetikumainak karotinoidokból kiinduló szintézisét.

Elsőként a karotinoidok alkoholos hidroxilcsoportjának közvetlen glikozilezését kíséreltük meg. A β -kriptoxantin Königs-Knorr reakciójában, tetra-*O*-acetyl- β -D-glükopiranozil-bromiddal és ezüst-triflát promotor alkalmazásával egy komplex reakcióelegyet kaptunk, amely kb. 8%-ban tartalmazta a célvegyületet. A termék izolálása igen bonyolult, így ez a módszer nem tűnik alkalmasnak karotinoid-glikozidok előállítására (5.ábra).

Egyéb, modern glikozilezési módszerekkel is megpróbálkoztunk. Kísérleteket végeztünk karotinoid-glikozidok előállítására glükozil-triklóracetimidáton keresztül, de az

alkalmazott promotorok (kloral, *p*-toluolszulfonsav, kámforszulfonsav, BF_3) hatására a karotinoid alkoholok elbomlottak.

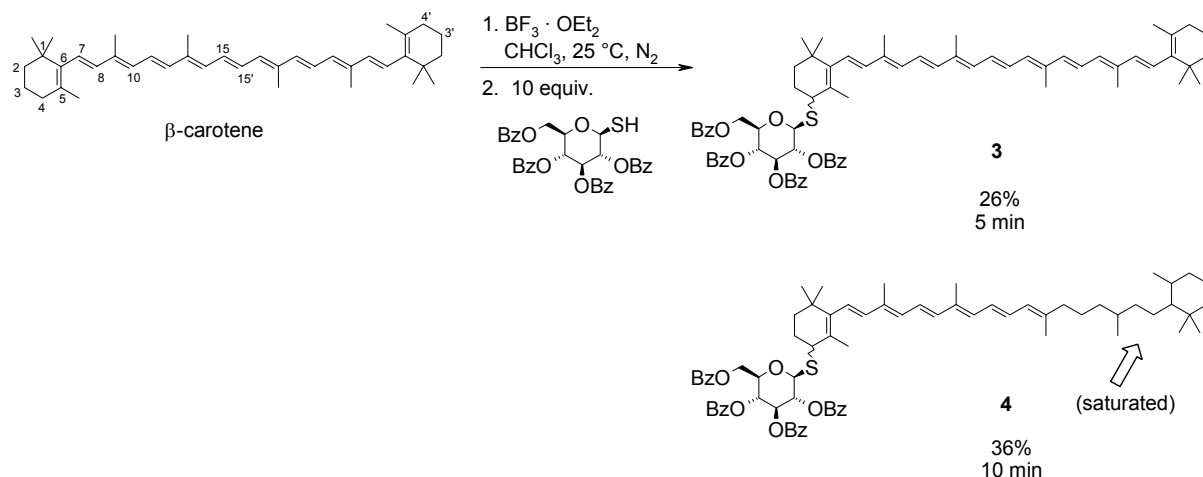


5.ábra

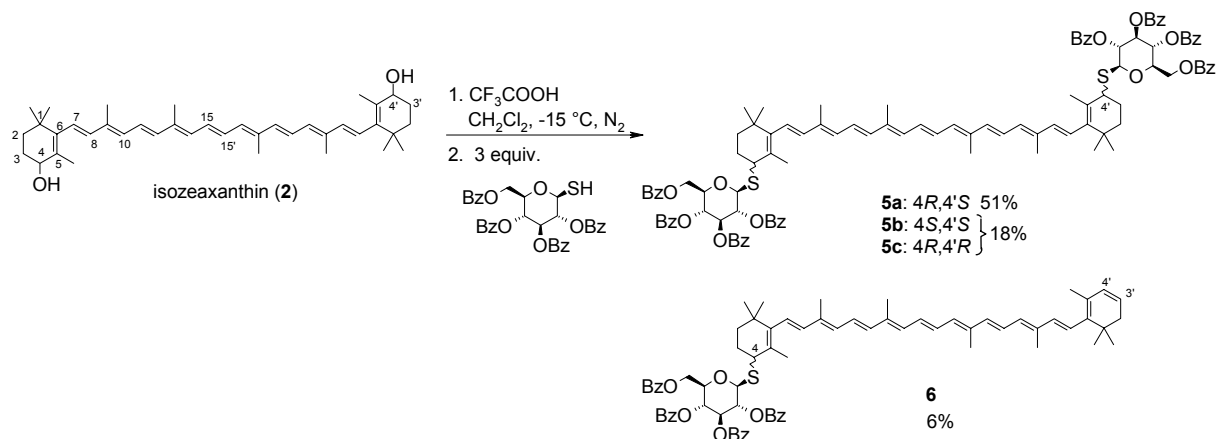
Karotinoid glikozidok előállítását megkíséreltük enzimekkel is (β -galaktozidáz és β -glükózidáz) különböző szerves oldószer-víz elegyekben. Sajnos az irodalomban leírt egyetlen módszerrel sem értünk el eredményt sem kétfázisú (pl. *t*-butil-metil-éter/víz) sem homogén (pl. acetonitril/víz) oldószerkelegyekkel. Kísérleteinkhez az ilyenkor szokásos védetlen β -fenil-glükózidot, ill. galaktozidot használtuk, mint glikozil donort.

Régóta ismeretes, hogy a karotinoidok savak hatására kationos szerkezeteket képeznek. A β -karotin Lewis-savakkal (pl. BF_3), az izo-zeaxantin Brønsted-savakkal reagál, miközben a megfelelő kationok képződnek. E kationok +2 töltésűek és nukleofilekkel 4 ill. 4' helyzetben készségesen reagálnak

A karotinoid-kationokat szénhidrát-származékokkal reagáltatva glikozidok keletkezhetnek. Bőr trifluoriddal kezelt β -karotin oldatához tetra-*O*-benzoil- β -D-glükózt adva nem tapasztalható átalakulás, a glikozidos hidroxil-csoport nem elég erős nukleofil. Az erősebb nukleofil tetra-*O*-benzoil-1-tio- β -D-glükóz azonban pozitív reakciót adott, és a reakcióelegyben néhány perc után a kívánt perbenzoilezett β,β -karotin-4,4'-bis-tioglukopiranozid keletkezett ~26%-os hozammal. A reakcióidő növelése egy redukciós mellékreakciónak kedvez, mely során az adott körülmények között a tiol a karotin polién-láncának egy részletét redukálja (6.ábra).



Izo-zeaxantint trifluorecetsavval kezelve hasonló kationhoz jutunk, ám ekkor nem kell redukcióval számolnunk. A tetra-*O*-benzoil- β -D-glükóz továbbra sem ad reakciót, viszont tetra-*O*-benzoil-1-tio- β -D-glükózzal különféle diglikozidok keletkeztek jó hozammal. A nyerstermékből a következő perbenzoilezett vegyületeket izoláltunk: (4*S*,4'*R*)- β , β -karotin-bisz-tioglukopiranozid (51%), (4*S*,4'*S*)- β , β -karotin-bisz-tioglukopiranozid és (4*R*,4'*R*)- β , β -karotin-bisz-tioglukopiranozid keveréke (18%) és 3',4'-dehydro- β , β -karotin-4-tioglukopiranozid (6%) (7.ábra).

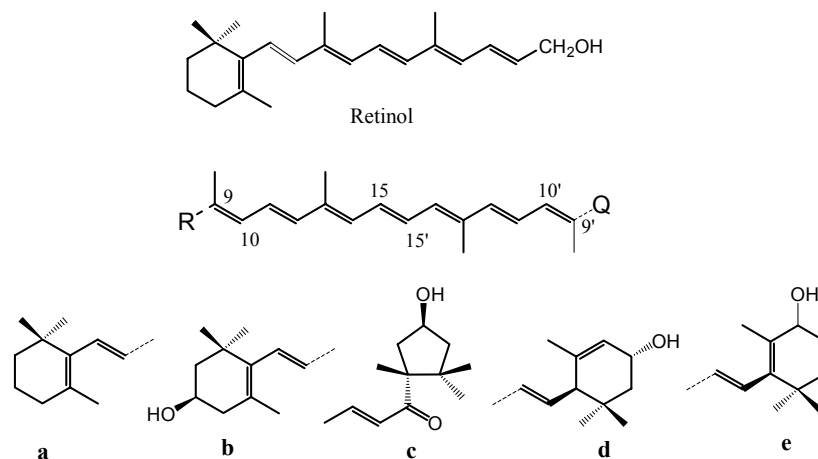


Az előállított vegyületek szerkezetét tömegspektrometriával, UV-VIS és NMR-spektroszkópiával állapítottuk meg [14].

Megvalósítottuk a karotinoid-glikozidok szintézisének kulcslépését: a karotin és a szénhidrát egység kapcsolását. A kapott vegyületek a természetes termoxantinok mimetikumai, debenzoilezett származékaik oxidatív stresszben mutatott hatását humán májsejteken fogjuk megvizsgálni.

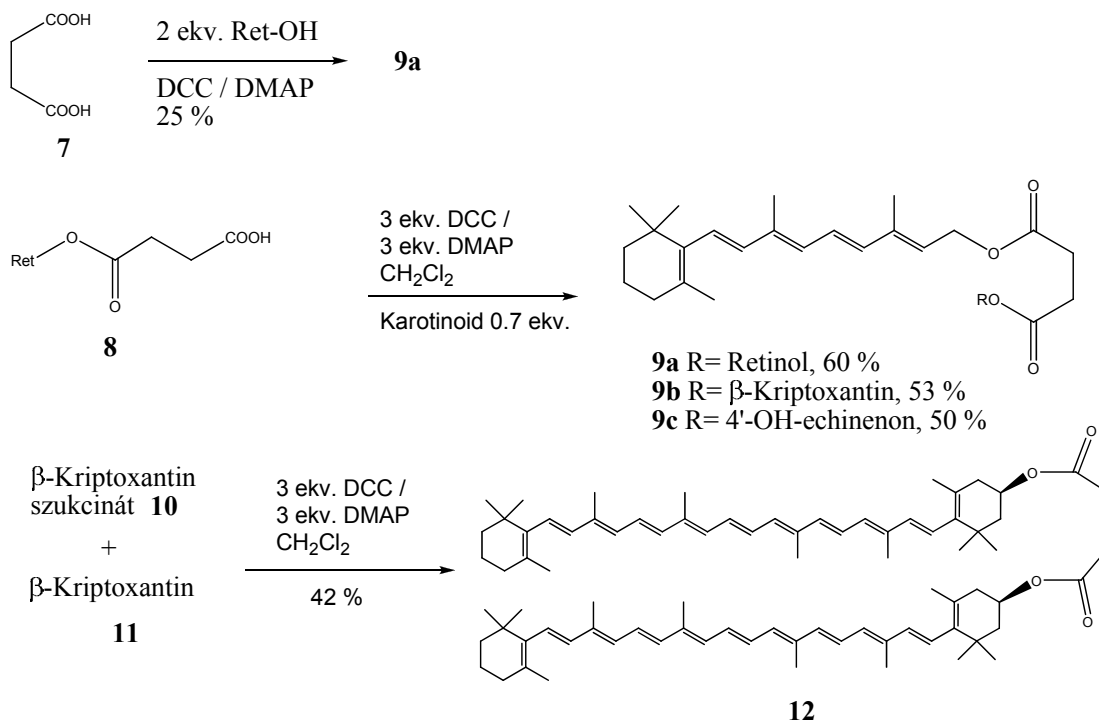
Szemiszintetikus munkánk másik része karotinoid-dimerek és dendrimerek előállítására.

Korábbi előkísérletek alapján karotinoid szukcinátok, elsősorban retinol-szukcinát felhasználásával karotinoid homo- és heterodimereket állítottunk elő DCC-s kapcsolással, miután többféle másfajta észterképzés nem bizonyult hatékonynak. A különböző karotinoid szukcinátok előállítására jó hozamú, általános módszert dolgoztunk ki [15].



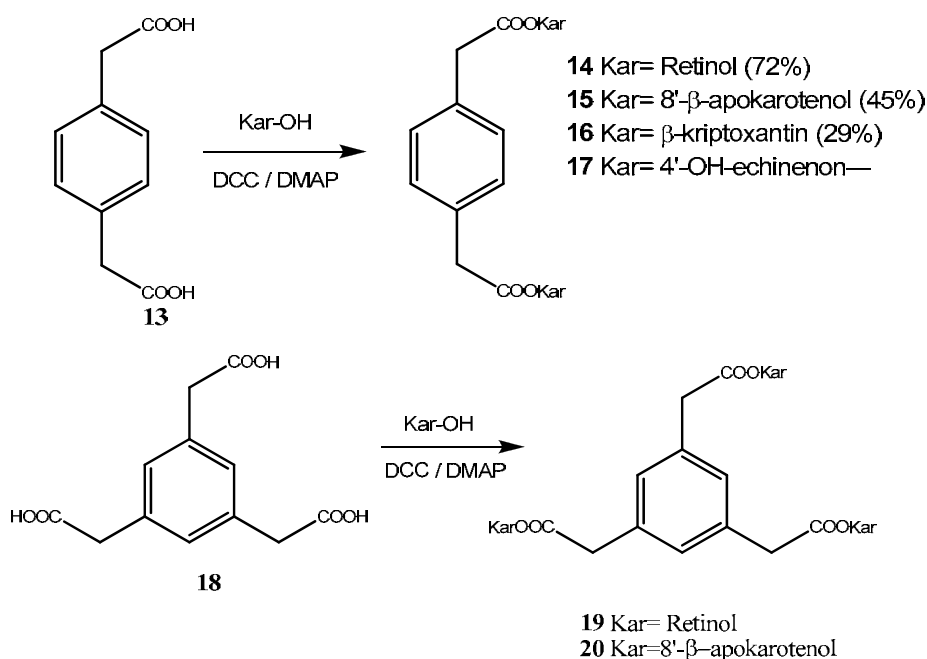
8. ábra A felhasznált hidroxilcsoportot tartalmazó karotinoidok

(R=a,Q=b: β -kriptoxantin, R=Q=b: Zeaxantin, R=b,Q=d: Lutein, R=a,Q=CH₂OH: 8'- β -apokarotenol, R=Q=e: Izo-zeaxantin, R=b,Q=c: Kapszantin)



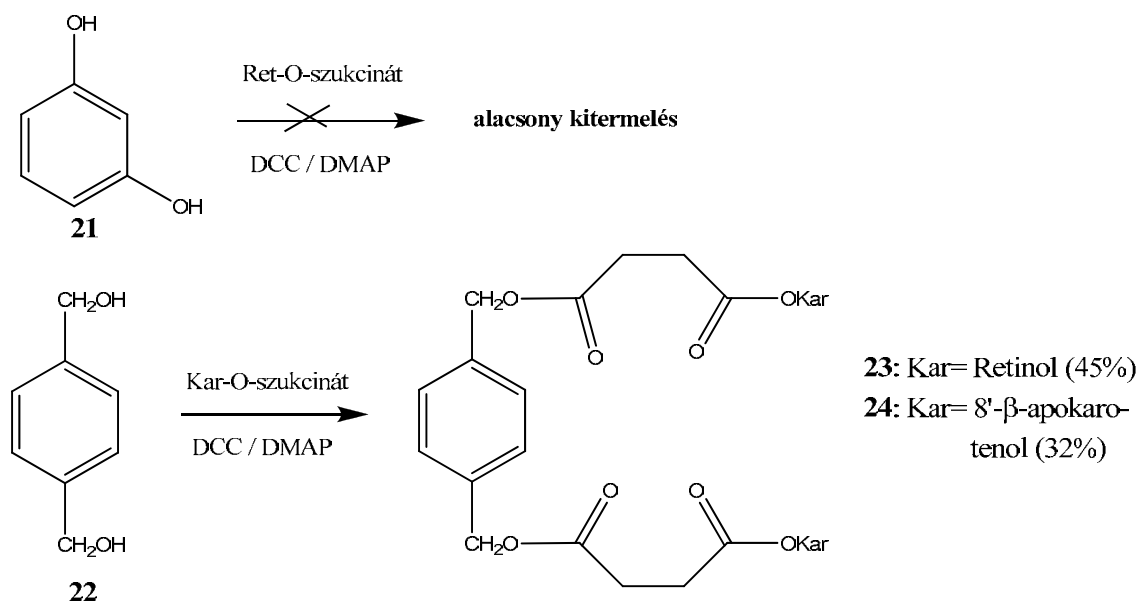
9. ábra. Homo- és hetero diszukcinát észterek

Különböző mono- vagy dihidroxi-karotinoidokból kiindulva (melyeket izoláltunk, illetve 1-2 lépésben szintetizáltunk) sokféle új vegyületet kaphatunk, ahol a 2-3 karotinoid rész aromás vagy nem aromás összekötő elemekkel kapcsolódik össze. Elvégeztük aromás magot tartalmazó dimerek és trimerek (1. generációs dendrimerek) szintézisét aromás karbonsavakból karotinoidokkal (**14-17**, **18-19**), illetve fenolokból és benzil-alkoholokból karotinoid-szukcinátokkal (**23**, **24**) [16]. Ezek a vegyületek és az ilyen típusú, nagy molekulatömegű, több karotinoid egységet is tartalmazó molekulák teljesen ismeretlenek voltak az irodalomban.



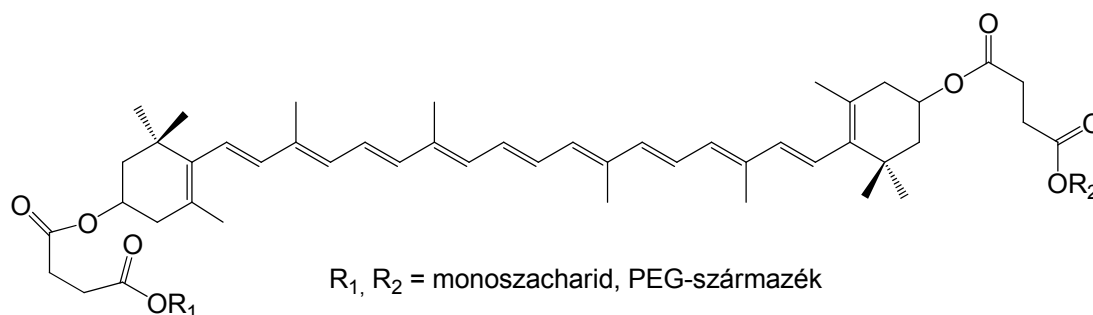
10. ábra Dimerek és trimerek benzol di- illetve triecetsavval

Az antioxidáns aktivitást intézetünkben sejt kultúráján rutinszerűen vizsgálják így rendelkezésre állnak több karotinra is összehasonlító adatok. A szisztematikus vizsgálatok befejezése után oxidatív stressz gátló hatást vizsgáltunk az új vegyületekkel. Az új vegyületek szinte mindegyikének antioxidáns hatása jóval meghaladta a referencia karotinoidok aktivitását.



11. ábra

A karotinoidok hidrofób vegyületek, és a természetben általában észterezett formában fordulnak elő. A terápiás alkalmazás megkönnyítésére szükség van olyan származékokra is, melyek bizonyos mértékben víz oldhatóak. Az irodalomban csak néhány példa található ilyen típusú származékokra. A terveknek megfelelően elkezdtük karotinoidok polietilén-glikol (PEG)- illetve szénhidrát észtereinek előállítását a korábban felsorolt hidroxikarotinoidokkal ill. sukcinátokkal. Ezen vegyületek előállítása és antioxidáns hatásának vizsgálata jelenleg is folyik.



12. ábra. Potenciálisan vízoldható származékok a zeaxantin példáján

A karotinoidok degradációs vizsgálataival kapcsolatban terveztük a karotinoidok oxidációs reakciójának vizsgálatát. A kutatási tervben szereplő karotinoidok oxidációs reakciói közül a β -karotin o-jódbenzoészterrel való oxidációs reakcióját tanulmányoztuk. A főtermék β -karotin mono- és diepoxidokon kívül több minor komponens is keletkezett, melyek szerkezetét nem tudtuk azonosítani [17]. A kísérletek Rákó János távozásával befejeződtek.

A természetből csoportunk által izolált vegyületek biológiai funkcióit, hatásait munkacsoportunkkal kooperálva, több ország kutató vizsgálták. Amerikai kutatók az általunk izolált anyagokon a karotinoidok fotoszintézisben betöltött szerepét vizsgálták (a karotinoidok fontos kofaktorai a II fotorendszer fénygyűjtő komplexének). A fényvédő hatás vizsgálata során kiderült, hogy az elektronszállító folyamatok során karotinoid-gyökök és gyök-kationok ($\text{Car}\cdot$; $\text{Car}^{+\cdot}$) képződnek. $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ keverékre adszorbeált zeaxantin és violaxantin besugárzása ($\lambda > 350 \text{ nm}$) révén előállították a képződő gyököket, gyök-kationokat, majd ENDOR- és HYSCORE-spektroszkópiával vizsgálták szilárd fázison történő stabilizációjuk mechanizmusát, mely a II fotorendszer reakciócentrumán lejátszódó folyamathoz hasonló. ENDOR-spektroszkópiával vizsgálták a karotinoid-gyökök katalitikus hatásra, valamint fotooxidáció révén történő képződését lutein, likopin és 9'-*cisz*-neoxantin estében Cu^{2+} -tartalmú molekuláris szűrők belsejében [18-20].

Japán kutatók a karotinoidok anti-*Helicobacter pylori* aktivitását [21] és a rák sejtek multidrug rezisztenciáját [22] vizsgálták. Mindkét vizsgálatban számos karotinoid-5,6-epoxid szerepelt.

Eredményeinkből az OTKA támogatás feltüntetésével eddig 10 közlemény jelent meg nemzetközi folyóiratokban, kettőt közlésre elfogadtak. Három idézhető absztrakt jelent meg impakt faktorral rendelkező nemzetközi folyóiratban, további három munkánk külföldi proceeding kiadványban, három absztrakt pedig magyar folyóiratban. Az elvégzett munkát nemzetközi konferenciákon 17 poszter, magyar tudományos fórumokon 6 poszter és 2 előadás formájában mutattuk be (a konferencia absztraktokat csak abban az esetben tüntettem fel a publikációs listán, ha az azokból készült közlemény még nem jelent meg).

További megjegyzések:

- A kutatási szerződésben vállalt feladatoktól nem tértünk el, annak ellenére, hogy a csoportban személyi változások is történtek.
- A témát a jövőben is folytatni szeretnénk, elvégezve a még be nem fejezett vizsgálatokat.

Publikációk

1. Nagy, V., Agócs, A., Turcsi, E., Deli, J.: Isolation and Purification of Acide-labile Carotenoid 5,6-Epoxides on Modified Silica Gels
Phytochemical Analysis 20 (2), 143-148 (2009)

2. Nagy, V., Agócs, A., Turcsi, E., Molnár, P., Szabó, Z., Deli, J.: Latoxanthin a Minor Carotenoid Isolated from Yellow Paprika (*Capsicum annuum* var. *lycopersiciforme flavum*)
Tetrahedron Letters 48, 9012-9014 (2007)
3. Nagy, V., Agócs, A., Deli, J.: *In vitro* and *in vivo* Transformations of Lutein
Mini-Reviews in Organic Chemistry 6 (3), 211-219 (2009)
4. Nagy, V., Agócs, A., Szabó, Z., Márk, L., Ohmacht, R., Deli, J.: Comparative Study on the Carotenoid Composition of the Peel and the Pulp of Different Citrus Species
Innovative Food Science and Emerging Technologies 8, 390-394 (2007)
5. Kovács, B., Oosterhuis, B., Jani, M., Juhász, V., Deli, J., Krajcsi, P.: Interaction of Nutrients with Human Efflux and Uptake Transporters
Annals of Nutrition and Metabolism 51, (Suppl. 1), 154-155 (2007)
6. Turcsi, E., Marton, K., Oláh, P., Deli, J.: Investigation of the Carotenoid Composition of Different Kinds of Fresh and Cooked Pumpkins (*Cucurbita maxima*)
Carotenoid Science 12(June), 135 (2008)
7. Horváth G., Turcsi E., Molnár P., Szabó L.G., Deli J.: Carotenoid Content of the Flower of Tansy (*Tanacetum vulgare* L.)
Planta Medica 73, 911 (2007)
8. Horváth G., Turcsi E., Molnár, P., Szabó L.G., Deli J.: Isolation and Identification of Carotenoids in the Fruit of Cornelian Cherry (*Cornus mas* L.)
Planta Medica 73, 912 (2007)
9. Horváth, G., Molnár, P., Farkas, Á., Szabó, L.G., Turcsi, E., Deli J.: Separation and Identification of Carotenoids in Flowers of *Chelidonium majus* L. and Inflorescences of *Solidago canadensis* L.
Chromatographia (közlésre elfogadva)
10. Horváth, Gy., Molnár, P., Szabó, L. Gy., Turcsi, E., Deli, J.: A kanadai aranyvessző (*Solidago canadensis* L.), a vérehulló fecskefű (*Chelidonium majus* L.), és a közönséges gyűjtőványfű (*Linaria vulgaris* Mill.) gyógynövények karotinoid analízise
Gyógyszerészet 52, Suppl. 17. (2008)
11. Molnár, P., Horváth, Gy., Turcsi, E., Szabó, I., Deli, J.: Néhány gyógynövény virágzatának és termésének karotinoid-analízise
Gyógyszerészet 53, Suppl. I. S50-51.
12. Turcsi, E., Szabó, I., Murillo, E., Mosquera, Y., Deli, J.: Investigation of the Carotenoid Composition of „Mamey” (*Pouteria sapota*)
8th Balaton Symposium on High-Performance Separation Methods, and 15th International Symposium on Separation Science, Siófok, Sept. 02-04. 2009 Abstract P133.
13. Gulyás-Fekete, G., Murillo, E., Kurtán, T., Agócs, A., Deli, J.: Cryptocapsin 5,6-epoxide, a new carotenoid isolated from mamey (*Pouteria sapota*)

6th International Congress on Pigments in Food Budapest, June 20-24. 2010. (bejelentett előadás)

14. Nagy, V., Agócs, A., Turcsi, E., Deli J.: Experiments on the Synthesis of Carotenoid Glycosides
Tetrahedron Letters 51, 2020-2022 (2010)
15. Háda, M., Nagy, V., Takátsy, A., Deli, J., Agócs, A.: Dicarotenoid esters of bivalent acids
Tetrahedron Letters 49, 3524–3526 (2008)
16. Háda, M., Nagy, V., Gulyás-Fekete, G., Deli, J., Agócs A.: Towards Carotenoid Dendrimers: Carotenoid Dimers and Trimers with Aromatic Cores
Helvetica Chimica Acta (közlésre elfogadva) doi: 10.1002/hlca.200900338
17. Rákó, J., Turcsi, E., Szabó, Z., Deli, J.: A β -karotin oxidációjára tett kísérletek új reagensek kipróbálásával
MKE Centenárium Vegyészkonferencia, Sopron 2007. május 29-június 01.
Előadásösszefoglalók 367.old.
18. Focsan, A.L., Bowman, M.K., Konovalova, T.A., Molnár, P., Deli, J., Dixon, D.A., Kispert, L.D.: Pulsed EPR and DFT Characterization of Radicals Produced by Photo-Oxidation of Zeaxanthin and Violaxanthin on Silica-Alumina
Journal of Physical Chemistry B 112, 1806-1819 (2008)
19. Lawrence, J., Focsan, A.L., Konovalova, T.A., Molnár, P., Deli, J., Bowman, M.K., Kispert, L.D.: Pulsed ENDOR Studies of Carotenoid Oxidation in Cu(II)-Substituted MCM-41 Molecular Sieves
Journal of Physical Chemistry B 112, 5449-5457 (2008)
20. Focsan, A.L., Molnár, P., Deli, J., Kispert, L.: The Structure and Properties of 9'-*cis*-Neoxanthin Carotenoid Radicals by EPR Measurements and DFT Calculations: Present in LHC II ?
Journal of Physical Chemistry B 113 (17), 6087-6096 (2009)
21. Molnár, P., Deli, J., Tanaka, T., Kann, Y., Tani, S., Gyémánt, N., Molnár J., Kawase, M.: Carotenoids with anti-*Helicobacter pylori* Activity from Golden Delicious Apple
Phytotherapy Research 2009, DOI: 10.1002/ptr.2912
22. Molnár, J., Engi, H., Gyémánt, N., Schelz, Zs., Spengler, G., Ocsovszki, I., Szücs, M., Hohmann, J., Szabo, M., Tanács, L., Molnár, P., Deli, J., Krenn, L., Kawase, M., Wakabayashi, H., Kurihara, T., Shirataki, Y., Sakagami, H., Motohashi, N., Didiziapetris, R.: Multidrug Resistance Reversal of Cancer Cells by Selected Carotenoids, Flavonoids and Anthocyanines
Topics in Heterocyclic Chemistry Vol. 15/2008, Bioactive Heterocycles VI. Flavonoids and Anthocyanins in Plants, and Latest Bioactive Heterocycles I. volume editor: Noboru Motohashi, Chapter 4. pp. 133-159. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg (2008)

Pécs, 2010. március

Prof. Dr. Deli József
Vezető kutató