

**Nyugat-Magyarországi Egyetem**

Doktori (Ph.D) értekezés tézisei

**A FAEXTRAKTANYAG - FÉMION KÖLCSÖNHATÁS  
VIZSGÁLATA**

Molnárné Hamvas Lívía

**Sopron  
2003**

**Doktori Iskola:** Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák  
Doktori Iskola (vezető: Dr. Winkler András)

**Program:** Faanyagtudomány (vezető: Dr. Molnár Sándor)

**Tudományág:** Anyagtudományok és technológiák

**Témavezető:** Dr. DSc. Németh Károly

## I. A kutatás tárgya és célkitűzései

A faanyag esztétikai megjelenését, valamint számos, a gyakorlati felhasználás szempontjából fontos tulajdonságát alapvetően befolyásolja a faanyagot felépítő kémiai alkotórészek biokémiai szerződése, és a legkülönbözőbb környezeti, illetve kémiai hatások, amelyek élő növényként vagy feldolgozása során érik.

A faanyag vázszerkezetét szerves makromolekulák összetett rendszere képezi, változatos morfológiai szerkezetet alkotva. A térhálós makromolekulás mátrixhoz további, kismolekulájú szerves vegyületek (polifenolok, flavonoidok, szénhidrátok, karbonsavak, stb.) is kötődnek. Elsősorban ezek az extraktanyagok alakítják a faanyag olyan sajátságait, mint a szín, szag és tartósság, illetve befolyásolják a ragasztás, a felületkezelés, a szárítás és a kémiai feldolgozás folyamatát.

A faanyagvédelemben kiemelkedően fontos szerepe van a fém-sóknak, amelyeket a kártevők elleni védekezés céljából a faanyag kezelésére használnak. A faanyag feldolgozása során, a technológiai folyamatokban alkalmazott fémionok is jelentősen befolyásolják a fizikai és kémiai átalakulásokat.

Kémiai szempontból vizsgálva a rendszert, a fafelület és a fémionok kölcsönhatása nem csupán szorpciós folyamat, hanem fennáll a szilárd fafelületen végbemenő ioncsere folyamatok lehetősége is, valamint ezzel párhuzamosan sav-bázis, komplexképződési és redoxi reakciók is lejátszódnak a fémionok és a fakomponensek között. A kémiai átalakulásokat külső tényezők (pl. a hőmérséklet és a fény) is jelentősen befolyásolják és módosítják. A folyamatok összetettsége, bonyolultsága miatt a faanyag–fémion kölcsönhatás közvetlen tanulmányozásán túlmenően egy-egy jelentős hatású kémiai komponens viselkedését és kémiai reakcióit a faanyagtól elkülönítetten is meg kell vizsgálni.

A faanyag - fémion kölcsönhatás szempontjából az egyes fafajok különbözőségét elsődlegesen – a növényvilágban legnagyobb változatosságban előforduló természetes alkotórészek egyike – a kiemelkedő fémionmegkötő-képességű flavonoidok eltérő minőségi és mennyiségi összetétele okozza. Számos flavonoid meghatá-

rozó egy-egy adott fajfaj színének kialakításában. Azonban a fában gyakran a flavonoid szintelen leuko-formája van jelen, ami csak savak-lúgok, fémionok, vagy oxidáció hatására válik színessé. Ez indokolja kölcsönhatásaik részletes vizsgálatát.

Kutatási feladatom a faextraktanyagok közül három jellegzetes flavonoid, illetve néhány kiválasztott fémion között lejátszódó kémiai kölcsönhatások tanulmányozása volt.

A kémiai változások kutatásához bioligandumként a flavonoidok közül a kvercetin, a rutin és a robinetin került kiválasztásra.

Vizsgálataim célja elsődlegesen a favédelemben fontos szerepet játszó fémionok – a réz(II)-, a króm(III)-, illetve a bikromátionok –, valamint a környezeti hatások miatt a talajban egyre nagyobb mértékben mobilizálódó (és az élő fában is jelentősen akkumulálódó) alumíniumion hatására, fakomponensek jelenlétében végbemenő kémiai folyamatok részletes feltárása volt.

A flavonoidok sajátosságainak, valamint az általuk képzett komplexek kialakulásának és szerkezetének felderítése révén kutatásom eredményei jól hasznosíthatók a favédelem és fafeldolgozás különböző területein, valamint fontos adatokkal járulhat hozzá a flavonoidok biokémiai, élelmiszeripari, kémiai analitikai és gyógyászati alkalmazásához is, továbbá magyarázatot adhat a mindennapi fakémiai vizsgálatok során felbukkanó jelenségekre is.

## II. Vizsgálati módszerek, eszközök

A flavonoidok és fémionok oldatban vagy szilárd felületen bekövetkező kölcsönhatásának vizsgálatára ultraibolya és látható tartományú abszorpciós spektrofotometriás méréseket végeztem.

A sav-bázis és komplexképződési egyensúlyok oldatbeli vizsgálatához a flavonoidokból közvetlen beméréssel abs. etanosol törzsoldatot (kb.  $3,00 \cdot 10^{-4}$  mol/dm<sup>3</sup>) készítettem, amelyből a vizsgálandó oldatsorozatot pontos hígítással (és egyéb adalékok hozzáadásával) állítottam elő. A vizsgálandó oldatok flavonoid-koncentrációja  $\sim 6,00 \cdot 10^{-5}$  mol/dm<sup>3</sup>, és a végső oldószer-összetétel minden esetben etanol:víz = 1:1 térfogataránynak megfelelő volt. Az etanosol flavonoid-oldathoz azonos térfogatú vizes alapelektro-

litot vagy pufferoldatot elegyítettem, majd az etanol:víz elegyben oldott egyéb reagenseket adtam hozzá, ügyelve az oldószer-összetétel állandóságára.

Alapelektrolitként  $1 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú vizes kálium-klorid-, vagy kálium-nitrát-oldatot használtam, vagy különböző pH-jú puffereket alkalmaztam (vizes ecetsav- és kálium-acetát-oldatok keverékét,  $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{Na}_2\text{HPO}_4$  puffert).

A vizsgálandó fémionok vizes törzsoldatának elkészítéséhez  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ -t,  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -t,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ -t,  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ -t és  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ -t használtam fel. A koncentráció pontos értékét klasszikus titrálással ellenőriztem, és azután további hígítással (és az oldószer-összetétel beállításával)  $1,00 \cdot 10^{-4}$ - $1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$  munkaoldatokat készítettem. A fémion munkaoldatokat nagy pontosságú büret-táblából adagoltam a flavonoidhoz.

A kémiai folyamatok komplexképző jellegének megállapításához, illetve egyéb mellékreakciók kimutatásához esetenként etiléndiamin-tetraecetsav nátriumsóját (EDTA) használtam. A flavonoidok komplexből történő kiszorítását, és koncentrációjának meghatározását az azonos módon készített, adalékmentes oldattal történő spektrofotometriás összehasonlítás tette lehetővé.

A felületi vizsgálatokhoz a flavonoidok  $3,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú metanolos oldatát használtam. Az inert (szilikagél) rétegre egyenletes eloszlattal vittem fel a flavonszarmazékokat, és szobahőmérsékleten szárítottam a felületeket. Száradás és a megfelelő mintadarabok méretre vágása után három mintacsoportot képeztem. Egy-egy rész kezeletlen, illetve króm(III)-klorid, vagy kálium-bikromát  $1,0 \text{ g/dm}^3$  vizes oldatával impregnált minta abszorpciós spektrumát vettem fel a 200 - 800 nm hullámhossztartományban. A spektrumfelvételt különböző ideig tartó ultrabolya fény besugárzást követően megismételtem, ami lehetővé tette a fotodegradációs folyamatok nyomon követését.

A spektrofotometriás méréseket Shimadzu UV-3101PC típusú UV-VIS-NIR Scanning Spectrophotometer készüléken, 2, 5, 10 és 20 mm-es kvarc küvetta, valamint felületi reflexiós feltét alkalmazásával hajtottam végre. A spektrumok kiértékeléséhez felhasz-

náltam az UV-2101/3101PC Personal Spectroscopy Software 2.2 verzióját.

A potenciometriás meghatározásokhoz OP-274 pH/ION Meter-t (OP0808-P kombinált üvegelektóddal), valamint OP-930 automata bürettát használtam – Radelkis Rt. (Budapest). A műszerek illesztése, illetve kalibrálása ugyancsak Radelkis gyártmányú standard oldatokkal történt. Az oldatok pH-jának megállapításához felhasználtam a IUPAC kiadvány (1998) 3.5.1. táblázatában közölt, szerves komponenst tartalmazó vizes oldatokra vonatkozó pH-korrekciós adatokat.

A tömegspektrometriás vizsgálatot Finnigan LASERMAT 2000 típusú MALDI tömegspektrométerrel végeztem. Favédőszer-ek kioldódási vizsgálatához – réz- és krómtartalom mérésére – GBC Integra XM típusú ICP-atomabszorpciós spektrofotométert használtam. A fotodegradáció kivitelezésére pedig SUNTEST (Hanau No. 7011) típusú készüléket alkalmaztam, napfény spektrumú szűrővel.

A komplexkémiail állandók számításához SCIENTIST for Windows (MicroMath Scientific Software, USA, 1994) számítógépes programot vettem igénybe.

### **III. Az új tudományos eredmények összefoglalása**

A faextraktanyagok és fémionok közötti kölcsönhatás összetettsége miatt kutatási feladatomban a faanyag jellemző flavonoidjai közül a kvercetin, a rutin és a robinetin vizsgálatára terjedt ki. Ennek részeként vizsgáltam ezen flavonszármazékok spektrofotometriás sajátságait szilárd felületen impregnálva és különböző kémhatású oldatokban, valamint tanulmányoztam kölcsönhatásuk kémiai folyamatait alumínium-, réz(II)-, króm(III)- és bikromát-ionok jelenlétében.

#### *III.1. A flavonoidok sav-bázis tulajdonságainak tanulmányozása* [4, 5, 10, 12, 15, 19, 20]

1. Kiválasztottam a megfelelő összetételű oldószerkeletet, amely protondonor és protonakceptor sajátságú, és egyúttal a fémionok

kölcsönhatásának vizsgálatához kevésbé oxidatív körülményeket biztosít (etanol:víz = 1:1 térfogataránya). Ebben az oldószerelegyen ellenőriztem a kvercetin, rutin és robinetin fő spektrális adatait, valamint a Lambert-Beer-törvény érvényességét [19].

2. A pH függvényében felvett fényelnyelési görbék alapján felismertem, hogy a kvercetin egyértékű savként viselkedik, a rutin pedig két lépésben disszociál. Számítógépes program segítségével és grafikus ábrázolási módszer alkalmazásával meghatároztam a kvercetin és a rutin disszociációját jellemző egyensúlyi (protonálódási) állandók számértékét, amelyek csak a közeg eltérő összetétele miatt különböztek kissé az irodalmi adatoktól [12].

3. A vizsgálat során tapasztaltam, hogy a kvercetin és a robinetin alapvető szerkezeti átalakulása megy végbe a disszociációt követően már gyengén lúgos közegben is, míg azonos körülmények között a rutinnak csupán disszociációja következik be. A spektrofotometriás változásokból következtettem a kvercetin lúgos közeg hatására lejátszódó irreverzibilis átalakulására, és megállapítottam a folyamat látszólagos sebességi állandóját [19].

4. A kvercetin és robinetin különböző körülmények között felvett spektrumának elemzése alapján a molekulák szerkezetváltozásának valószínű útvonalát állítottam fel, amely tartalmazza a disszociációs lépést, mezomer és tautomer átalakulásokat, valamint az oldószer szolvólízisét. Felismertem, hogy erős és gyenge bázis hatására ugyan más útvonalon megy végbe a szerkezeti átalakulás, de a keletkező termék protonált alakja megegyezik [15].

### *III.2. Az Al(III) - kvercetin és az Al(III) - rutin koordináció*

[4, 12, 15, 17, 18, 20]

5. Nyomon követtem az alumínium-kvercetin-, illetve az alumínium-rutin-komplexek kialakulását kálium-klorid alapelektrolitot, illetve ecetsav - kálium-acetát-puffert tartalmazó közegben [4, 18].

6. Megállapítottam, hogy magas fémion:ligandum aránynál főként többmagvú flavonoid-komplexek képződnek, amelyekben az alumínium(III)-kapcsolódása nem a közleményekben feltüntetett módon megy végbe. Ugyanis a fémionok nem a ligandum két

különböző helyére koordinálódnak, hanem alumínium-hidroxo-dimerek kapcsolódása következik be [17].

7. Számítógépes közelítéses módszerrel puffertolt közegben, több hullámhosszon mért adatokból – a dimerek kapcsolódását feltételezve – meghatároztam az alumínium-kvercetin és alumínium-rutin komplexek kialakulását jellemző látszólagos stabilitási állandókat. A kapott eredmények jó egyezése is igazolta a feltevésemet, mely szerint az  $Al_2Q$  és az  $Al_2Ru$  komplexek képződése egyetlen lépésben történik meg [17].

### *III.3. Cu(II)-kvercetin és Cu(II)-rutin kölcsönhatás*

[4, 5, 10, 17]

8. A vizsgálatot három, jellegében különböző alapelektrolitot tartalmazó közegben végeztem. A kvercetin és a rutin reakcióit tanulmányoztam, és megállapítottam, hogy a közeg (azonos oldószerösszetétel esetén is) jelentős mértékben befolyásolja a komplexképződés lehetőségét, mivel a három esetben lényegesen különböző reakciók lejátszódását figyeltem meg [4].

9. Mólarány-módszer alkalmazásával meghatároztam, hogy a rutin réz(II)-vel 1:1 = fémion:ligandum összetételű komplexet képez kálium-nitrát alapelektrolitot, vagy ecetsav - kálium-acetát puffert tartalmazó oldatban, de a kvercetin koordinációs folyamatára inkább a  $Cu_2Q$  képlettel leírható komplex keletkezése jellemző, amit a látszólagos stabilitási állandók meghatározásával is alátámasztottam [10].

10. A kvercetin olyan különleges viselkedését vettem észre kálium-klorid alapelektrolit jelenlétében, amilyen sajátágát még nem írták le a szakirodalomban. A reakció alapos vizsgálata eredményeként feltételezhető, hogy a lejátszódó folyamat hasonló termék keletkezéséhez vezet, mint amilyen a kálium-hidroxid hatására bekövetkező változásban alakul ki. A feltevés bizonyítása azonban további vizsgálatokat igényel [5].

11. A kvercetin réz(II)-komplexének képződését irodalmi adatok hiányában ecetsav - kálium-acetát puffertben is megvizsgáltam,

amelyben magas Cu(II) koncentráció esetén oxidációs folyamat végbemenetelét tapasztaltam [17].

*III.4. A Cr(III)/Cr(VI) kölcsönhatása kvercetinrel és robinetinnel*  
[6, 7, 11, 13, 21]

**12.** Favédőszerrel kezelt bükk és lucfenyő faminták vizes extraktumainak vizsgálata során megállapítottam, hogy a bikromátion különböző mértékben redukálódik, amit elsősorban a két fafaj eltérő extraktanyag összetétele befolyásol [21].

**13.** A króm(III) valamint a kvercetin és a robinetin szilárd fázison bekövetkező kölcsönhatásának vizsgálati eredményei alapján bizonyítottam, hogy egyértelműen komplexképződés megy végbe, ami eltér az oldatbeli folyamatoktól, ahol a Cr(III) ligandumcsere reakciói gátoltak [6].

**14.** Megállapítottam, hogy a kvercetin és a robinetin szilikagél rétegen bikromátion hatására oxidálódik, a folyamatban keletkező króm(III) pedig kölcsönhatásba lép az oxidálódott termékkel [11].

*III.5. Fotodegradációs folyamatok vizsgálata*  
[6, 7, 8, 11, 13, 14, 18]

**15.** A kvercetin és robinetin – szilárd felületen – ultraibolyafény hatására bekövetkező spektrumváltozásából megállapítottam, hogy a kialakuló kinoidális molekulaszervezet csak időleges, már nagyon rövid fényhatásra a flavonoidok teljes bomlása következik be [6].

**16.** Különbségi spektrumok alapján kimutattam, hogy a króm(III)-mal vagy króm(VI)-tal kezelt flavonoidok fénysugárzás hatására alapvetően különböző módon változnak [11].

**17.** A króm(III)-komplekxek képződése a kvercetin és a robinetin jelentős mértékű fényvédő hatását eredményezi, míg a króm(VI)-tal oxidált flavonoidok esetében csak kis mértékű lassulás következik be a fotodegradációban, a felület fénnel szembeni ellenálló képessége elsősorban a bikromát mennyiségétől függ [7].

#### IV. Az eredmények hasznosításának lehetőségei

Kutatási feladatom – a kvercetin, rutin és robinetin tulajdonságainak vizsgálata, valamint különböző fémionokkal való kölcsönhatásuk tanulmányozása révén – számos új, fakémiai vonatkozású tudományos eredményre vezetett, amelyek jól hasznosíthatók a favédelem és fafeldolgozás különböző területein.

A flavonoidok sav-bázis tulajdonságainak részletes vizsgálata során tett megfigyelések magyarázattal szolgálnak a faanyag pH-jának, pufferkapacitásának és össz-savasságának mérésekor tapasztalt ellentmondásokra, felhívják a figyelmet az alkalmazott módszerek hibáira, és az adatok mérési körülményektől függő pontatlanságára. További vizsgálatot igényelne a kvercetin és a robinetin lúgos közegben bekövetkező átalakulásának megismerése, a folyamat kinetikai paramétereinek pontosítása. A szerkezeti változások értelmezéséhez fontos lenne a kölcsönhatás során keletkező részecskék azonosítása.

A kvercetin és a rutin alumíniumionnal alkotott komplexének vizsgálati eredményei alapján értelmezni lehet az élő fa által felvett Al(III) koncentráció magas értékét. Mivel a flavonoidok képesek a kisebb oldhatóságú alumínium-speciesek koordinációjára, azokkal a részecskékkel is stabil komplexet képeznek, így lehetővé válik felvételük a talajból. Célszerű lenne a különböző Al(III)-részecskék vizsgálatára alkalmas speciális analitikai módszereket is alkalmazni a kutatásban. Különböző összetételű, eltérő kémhatású közegben végzett kiegészítő vizsgálatokkal pedig lehetőség nyílik az emberi szervezet Al(III) ürítésének fokozására alkalmas ligandumok kiválasztására is.

A réz(II)-flavonoid kölcsönhatás részleteinek megismerése elengedhetetlen a réz-tartalmú favédőszeresek kioldódását csökkentő technológiák kidolgozásához. Tudományos szempontból – a kinetikai mérések mellett – nagy jelentőségű lenne a lúgos közeggel analóg folyamat reakciósorának bizonyítása, a meggyvörös színű átmeneti termék azonosítása, valamint a Cu(II)/Cu(I) átalakulás lehetőségének feltárása.

A kvercetin és a robinetin oldatbeli sajátságainak vizsgálatát kiegészítettem szilikagél rétegen bekövetkező fotodegradációs folyamataik elemzésével, ami lehetőséget ad a fapelületek színváltozásainak értelmezésére is. További vizsgálatot igényel a folyamatban keletkező részecskék azonosítása, a bekövetkező változások kinetikai és szerkezeti értelmezése, és szükséges a különböző szerkezetű flavonoidok összehasonlító elemzése.

A króm(III)-kvercetin és a króm(III)-robinetin kölcsönhatás vizsgálati eredményei magyarázatot adnak a króm(III) erős kötődésére a növények gyökérzetében. A fényvédő hatás fokozását célzó technológiai megoldások kifejlesztése a Cr(III)-flavonoid-komplexek további részletes tanulmányozását igényli, illetve annak megállapítását, hogy milyen optimális Cr(III):flavon arány a leghatékonyabb.

A bikromátion és a flavonoidok kölcsönhatása során tapasztalt reakció a favédő kromátok Cr(III)-má történő redukálódásának lehetséges módjára ad útmutatót. Azonban a tudományosan megalapozott eredmények megkövetelik a reagáló komponensek felületi koncentrációjának további pontosítását, valamint az oxidációs és a komplexképző lépések termékeinek azonosítását.

## V. A doktori értekezés témaköréhez kapcsolódó közlemények és előadások

*Külföldön megjelent idegen nyelvű folyóiratcikk*

1. J. Molnár, **L. Molnár-Hamvas**, G. Szepesi, K. Burger (1983): *Quantitative thin-layer chromatographic study of cobalamin complexes*, Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis Vol. 1, No. 2. pp.181-188. (ref. C.A. **100**:109873w)

*Magyarországon megjelent idegen nyelvű folyóiratcikk*

2. K. Burger, J. Molnár, **L. Molnár-Hamvas**, F. Gaizer (1976): *Equilibrium Investigation of Hemin mixed Complexes*, Acta Chimica Academiae Scientiarum Hungaricae Tomus 91. pp. 403-411. (ref. C.A. **87**:49213g)

*Nemzetközi konferencia-kiadványban megjelent előadások*

3. K. Németh, **L. Molnár-Hamvas**, J. Stipta (2003): *Kinetic interpretation of processes in wood at mild-temperature*, Proceedings of the International Conference “Chemical Technology of Wood, Pulp and Paper” pp. 305-308. September 17-19. Bratislava (Slovak Republik),
4. **L. Molnár-Hamvas**, R. Csonka-Rákosa, J. Stipta, K. Németh (2002): *Interaction of metal ions and flavonol components of wood extractives*, Proceedings of 7<sup>th</sup> European Workshop on Lignocellulosics and Pulp, pp. 249-252., August 26-29. Turku, (Finland)
5. **Molnárné Hamvas Lívia**, Börcsök Eszter, Dr. Németh Károly (2002): *Flavonszármazékok - fémionok kölcsönhatásainak vizsgálata*, VIII. Nemzetközi Vegyészkonferencia, Románia, Kolozsvár, november 15-17. Az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság Kiadványa, pp. 219-223.
6. **Molnárné Hamvas Lívia**, Dr. Németh Károly (2002): *Ultraibolyafény hatása a flavonszármazékok - fémionok kölcsönhatásaira*, VIII. Nemzetközi Vegyészkonferencia, Románia, Kolozsvár, november 15-17. Az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság Kiadványa, pp. 213-218.

*Magyar nyelvű folyóiratcikkek*

7. **Molnárné Hamvas Lívia**, Németh Károly, Stipta József (2003): *A krómionok és fény hatása fás növények flavonoidjaira (Effects of UV light and chromium ions on wood flavonoids)*, Faipar **51**. (2) pp. 12-16.
8. Stipta József, Németh Károly, **Molnárné Hamvas Lívia** (2002): *A faanyag és fémionok kölcsönhatása I. A krómionok és fény hatása a faanyag színére (Interaction of wood surface with metal ions I. The effects of chromium ions and light on colour of wood)*, Faipar **50**. (4) pp. 18-23.

9. Burger Kálmán, Molnár József, **Molnárné Hamvas Livia**, Gaizer Ferenc (1976): *Hemin vegyeskomplexek egyensúlyi vizsgálata*, Acta Pharmaceutica Hungarica No. **46** pp. 213-221. (ref. C.A. **86**:111761u)

*Magyar nyelvű konferencia-előadások*

10. Börcsök Eszter, **Molnárné Hamvas Livia** (2003): *A kvercetin és a rutin komplexképző sajátságai etanol-víz rendszerben (Coordination properties of quercetin and rutin in ethanol-water mixture)* A Magyar Tudomány Napja 2002 A Kémiai Intézet Tudományos Ülése 2002. november 7. pp. 78-82.
11. **Molnárné Hamvas Livia** – Dr. Németh Károly (2003): *A flavonoid–króm kölcsönhatás vizsgálata (Investigation of chemical interaction between chromium and flavonoides)*, A Magyar Tudomány Napja 2002 A Kémiai Intézet Tudományos Ülése 2002. november 7. pp. 83-87.
12. **Molnárné Hamvas Livia** (2002): *A faextraktanyagok flavonoid-komponensei és különböző fémionok közötti kölcsönhatás. A kvercetin spektrofotometriás vizsgálata*, 45. Spektrokémiai Vándorgyűlés Előadásai pp. 122-125. Siófok, július 1-3.,
13. **Molnárné Hamvas Livia**, Stipta József, Németh Károly (2002): *Krómionokkal kezelt faanyag látható és UV spektruma (The UV-VIS spectra of chromium impregnated wood)*, Faipar (megjelenés alatt)  
előadás: A Magyar Tudomány Napja Tudományos Konferencia, NyME FMK. Pallay Nándor professzor születésének 100. évfordulója alkalmából Sopron, 2002. november 28.
14. Stipta József, Németh Károly, **Molnárné Hamvas Livia** (2002): *Fény hatása a krómionokkal kezelt fafelületek abszorpció spektrumára*, Faipar (megjelenés alatt)  
előadás: A Magyar Tudomány Napja Tudományos Konferencia, NyME FMK. Pallay Nándor professzor születésének 100. évfordulója alkalmából Sopron, 2002. november 28.

15. **Molnárné Hamvas Livia** (2000): *A flavonoidok szerepe a faanyag-fémion kölcsönhatásban. A kvercetin, mint komplexképző ligandum*, NyME Az Erdőmérnöki Kar Tudományos Konferenciájának Előadásai pp. 155-160. Sopron, december 15.

### Nem publikáció értékű munkák

#### *Disszertáció*

16. **Molnárné Hamvas Livia** (1980): *Egyes biológiai hatású makrociklus komplexek vizsgálata*, Gyógyszeranyagok-doktori értekezés, SOTE Gyógyszerész Kar, Budapest

#### *Csak kivonatban megjelent előadás*

17. **Molnárné Hamvas Livia** (2002): *Flavonszármazékok komplexkémiái sajátosságai II. Kvercetin – fémion kölcsönhatások vizsgálata*, XXXVII. Komplexkémiái Kollokvium, Mátraháza, május 29-31., Program és előadáskivonatok, p. 38.

#### *Csak szóban elhangzott előadás*

18. **Molnárné Hamvas Livia** (2002): *Faanyag-fémion kölcsönhatás*, MTA Természetes Polimerek Munkabizottság Előadó Ülése, Sopron, június. 4.

19. **Molnárné Hamvas Livia** (1998): *Elővizsgálatok a fémion - extraktanyag kölcsönhatás tanulmányozásához*, MTA Természetes Polimerek Munkabizottság Előadó Ülése, Sopron, április 17.

20. **Molnárné Hamvas Livia** (1997): *Flavonszármazékok komplexkémiái sajátosságai I. A quercetin - alumínium egyensúly vizsgálata*, XXXII. Komplexkémiái Kollokvium, Kecskemét, június 4-6.

#### *Kutatási jelentés*

21. **Molnárné Hamvas Livia** (1994): *Króm(III), króm(VI) és réz(II) kioldódásának vizsgálata favédőszerekkel kezelt bükk- és fenyőfamintákból*, Kutatási jelentés a Faipari Kutatóintézet részére, Sopron, 1994. június 1.