



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Vegyésmérnöki és Biomérnöki Kar  
Oláh György Doktori Iskola

---

# Természetes antioxidánsok: a polietilén fel- dolgozási stabilizálásának új lehetőségei

**Kirschweng Balázs**

*PhD értekezés tézislevele*

Témavezető:  
Pukánszky Béla

Műanyag-és Gumiipari Laboratórium  
Fizikai-kémia és Anyagtudományi Tanszék  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Polimer Fizikai Kutatócsoport  
Anyag-és Környezetkémiai Intézet  
Természettudományi Kutatóközpont  
Magyar Tudományos Akadémia

**Budapest, 2018**





## 1. Bevezetés

2016-ban 335 millió tonna műanyagot állítottak elő világszerte. Az évről évre növekvő mennyiség jól mutatja a polimerek térhódítását hétköznapjaink minden területén. Ennek közel 30%-a polietilén (PE), ami igazolja a vegyület fontosságát napjainkban. Ezt a hatalmas igényt csak a feldolgozási módszerek fejlődésével, a termelés ütemének gyorsításával lehet hatékonyan kielégíteni, amivel párhuzamosan a termelés során az anyagot érő terhelés is növekszik. A magas hőmérséklet, nyírás és a feldolgozás során jelenlévő kis mennyiségű oxigén gyökös folyamatokat indítanak el, amelyek gyártási nehézségekhez és hibás termékekhez vezethetnek.

A polimerek feldolgozása során jelentkező degradációs folyamatokat és a stabilizálás módját már régóta kutatják<sup>1</sup>. Az alapfolyamatok ismertek és hatékony stabilizátor csomagokat fejlesztettek ki, amelyek jellemzően egy primer és egy szekunder stabilizátorból állnak. A primer stabilizátorok általában gátolt fenolos, gyökfogó antioxidánsok, amik a fenolos hidroxil csoportjaikról hidrogén atom átadással stabilizálják a gyökös vegyületeket. A szekunder stabilizátorok gyakran foszfor tartalmú, peroxid bontó redukálószeresek. A Műanyag és Gumiipari Laboratórium és az MTA TTK AKI Polimer Fizikai Kutatócsoportja hosszú évek óta foglalkozik ezzel a tudományterülettel, közös munkájuk, illetve együttműködésük a terület néhány fontos vállalatával, mint a Tiszai Vegyi Kombinát vagy a Clariant, később a Sabic, az iparban ma is alkalmazott stabilizátorok kifejlesztéséhez vezetett.

Noha a terület számos kérdését megválaszolták már és nem tartozik a manapság igazán felkapott tudományos témák közé, az egészség megőrzésére növekvő igény, és ezzel együtt a jogszabályok megváltozása érzékenyen érintheti a jelenleg használt hagyományos, szintetikus stabilizátorokat. Brocca és

---

<sup>1</sup>Zweifel, H. Stabilization of Polymeric Materials. Berlin: Springer, 1998.

munkatársainak<sup>2</sup> kutatása nagy érdeklődést váltott ki az ezredforduló után. Rávilágított ugyanis a kismólsúlyú fenolos bomlástermékeknek a polietilén termékekből való migrálásának lehetőségére, és az általuk felvetett kérdéseket azóta sem sikerült kielégítően megválaszolni. Noha ezek az adalékok alapos kockázatelemzés után kerülhetnek csak a termékekbe, a szintetikus fenolos stabilizátorok reakciótermékeinek hatása az emberi szervezetre máig tisztázatlan.

Számos természetes anyagról és vegyületről ismert, hogy jótékony hatásúak az egészségre, és bizonyítottan antioxidatív, antivirális és gyulladáscsökkentő hatásúak az emberi szervezetben. A természetes antioxidánsok közül sokat régóta használ az orvostudomány, többet alkalmaznak közülük élelmiszeripari adalékként és néhányukat polimerekben is stabilizáló hatásúnak találták. A természetes antioxidánsok primer feldolgozási stabilizátorként való alkalmazásának behatóbb vizsgálata Tátraaljai Dóra PhD kutatásának új irányvonalát jelentette.

Dolgozatom alapjának mondható ez az irány, a kutatás célja pedig a természetes antioxidánsok polietilénben történő felhasználásának részletes vizsgálata, valamint az adalékok tulajdonságai, kémiai szerkezete, kölcsönhatása és hatékonyságuk közötti összefüggések megértése volt.

## 2. Kísérleti rész

A kísérleteket adalékmentes, Phillips katalizátorral készült etilén-1-hexén kopolimer poron (*MOL Petrolkémia*) végeztük. Ipari referenciaként Irganox 1010 szintetikus gátolt fenolos stabilizátort használtunk (*Ciba*), míg a természetes antioxidánsként a kurkumin (*Sigma Aldrich*), a kvercetin (*Sigma Aldrich*) a szilimarín (*Debreceni Egyetem*), a rutin (*Debreceni Egyetem*), a dihidromirice-

---

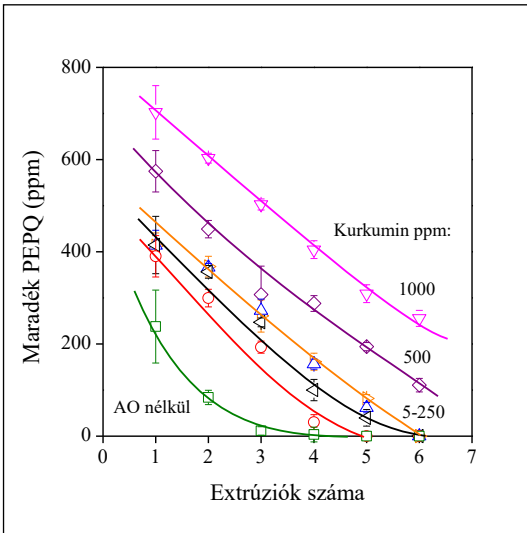
<sup>2</sup>Brocca D, Arvin E, Mosbæk H. Identification of organic compounds migrating from polyethylene pipelines into drinking water. *Water Res* 2002;36:3675-80.

tin (*Y&L Biotech*) és a szilibin (*Sigma Aldrich*) vegyületeket használtuk fel. Szekunder stabilizátorként minden esetben Sandostab PEPQ stabilizátor keveréket (*Clariant*) alkalmaztunk. Különböző összetételű stabilizátor csomagokat hoztunk létre, amelyeket a polietilén porhoz kevertünk, ezután hatszori degradatív extrúziót végeztünk 180 °C, 210 °C, 260 °C, 260 °C zónahőmérsékleteket alkalmazva, mintavételezéssel, minden extrúziós lépést követően. A mintákat közvetlenül granulátum formában használtuk fel, illetve az FTIR mérésekhez ~100 µm vastag filmeket préseltünk 190 °C-on, 2 perc előmelegítési és 3 perc présidő alatt. A polimer degradációjának előrehaladását jelző funkciós csoportok (vinil- és karbonil csoportok), valamint a szekunder stabilizátor PEPQ koncentrációját FTIR mérések segítségével határoztuk meg 4000-400 cm<sup>-1</sup> mérési tartományban, 2 cm<sup>-1</sup> felbontást és 16 ismétlést alkalmazva. A polimer folyóképességének változását MFI méréssel követtük nyomon 190 °C-on, 2,16 kg terhelés mellett. A minták maradék termooxidatív stabilitását oxidációs indukciós idejük meghatározásával jellemeztük 200 °C-on, oxigén áramban, a minták elszíneződését pedig a YI sárgasági index és az optikai L\* paraméter meghatározásával jellemeztük az egyes feldolgozási lépéseket követően. Az adalékok közötti kölcsönhatások jellemzéséhez a primer és szekunder stabilizátorok keverékeit FTIR vizsgálattal, termikus tulajdonságaik változását DSC és TGA mérésekkel jellemeztük az összetétel függvényében, továbbá molekuladinamikai számításokat végeztünk a tapasztalt jelenségek megértése érdekében.

### 3. Eredmények

Az előkísérletek során megállapítottuk, hogy a kurkumin természetes antioxidáns a polietilén hatékonyabb ömledék stabilizátora, mint a referenciaként alkalmazott szintetikus fenolos antioxidáns, és a PEPQ stabilizátor hozzáadása tovább növeli a hatékonyságot. A vegyület már 5 ppm koncentrációban alkalmazva kifejti hatását: visszaszorítja a vinil csoportok reakcióit és a polimer lánc

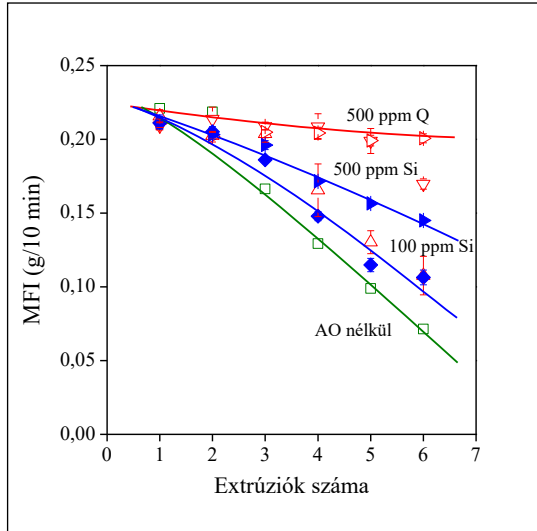
oxidációját, továbbá lelassítja a szekunder stabilizátor fogyását az egyes feldolgozási lépésekben (1. ábra). Hatására a folyásindex a várt csökkenő tendencia helyett, állandó értéket vesz fel az extrúziók számának függvényében, 250 ppm-nél nagyobb kurkumin koncentráció mellett pedig az MFI már enyhén növekvő tendenciát mutat. Az eredmények alapján a szekunder stabilizátor jelenlétében a vinil csoportok reakciói nem vezetnek hosszúláncú elágazások kialakulásához, továbbá a nagyobb maradék PEPQ koncentráció az extrúziót követő OIT értékre is kedvezően hat, emiatt a PEPQ fogyásának lelassítása kulcsfontosságú. A kurkumin hatékonysága abban rejlik, hogy a fenolos hidroxil csoportjain kívül



**1. ábra:** A kurkumin mennyiségének és az extrúziók számának hatása a maradék PEPQ mennyiségére. Szimbólumok: AO: antioxidáns, 0 (□), 5 (○), 25 (◇), 50 (△), 100 (▽), 500 (◇) és 1000 (▽) ppm kurkumin és 1000 ppm kiindulási PEPQ.

az aromás gyűrűk közötti konjugált kettős kötések tartalmazó lánc is részt vesz a stabilizálási folyamatokban: a vegyület képes reakcióba lépni a feldolgozás során keletkező alkil gyökökkel, ezzel pedig hatékonyabban akadályozza meg a hosszúláncú elágazások kialakulását, és ezzel a folyásindex csökkenését, mint a hagyományos, gátolt fenolos stabilizátorok.

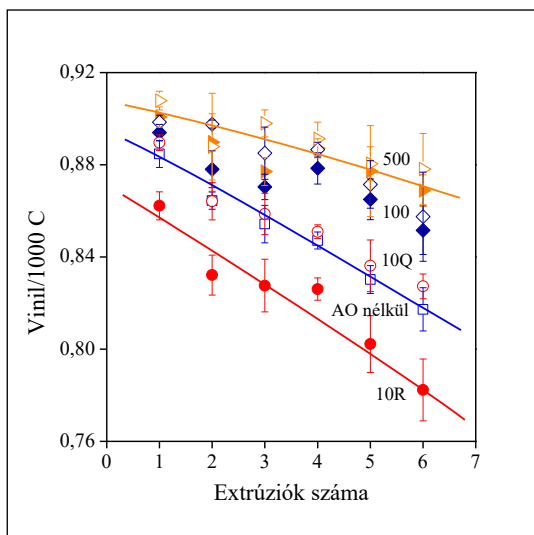
A szilimarín (Si) a flavonoidok közé tartozó flavonolignán termékelegy, feldolgozási stabilizáló hatékonyságát a korábbi kísérletek során vizsgált, szintén a flavonoidok közé tartozó kvercetinével (Q) hasonlítottuk össze. A flavonolignán nem tudja megakadályozni a hosszúláncú elágazások kialakulását, ami jól látszik a folyásindex értékek alakulásán (2. ábra). A szilimarint alkotó flavonolignánok, a



**2. ábra:** A minták folyóképességének változása szilimarín, vagy kvercetin jelenlétében. Szimbólumok: ( $\square$ ) primer antioxidáns nélkül, ( $\blacklozenge$ ) 100 ppm Si, ( $\blacktriangleright$ ) 500 ppm Si, ( $\triangle$ ) 25 ppm Q, ( $\nabla$ ) 50 ppm Q, ( $\blacktriangleright$ ) 500 ppm Q.

kvercetinrel ellentétben nem rendelkeznek pirokatechin csoporttal, ami a flavonoidok legaktívabb hidroxil csoportjait hordozza. A szilimarín hidroxil csoportjainak O-H kötési disszociációs entalpiái (BDE) nagyobbak ezeknél, ami kisebb hatékonysághoz vezet. Tapasztalataink szerint a szilimarín jelenlétében a PEPQ fogyási sebessége felgyorsul a primer antioxidánst nem tartalmazó mintákéhoz képest, ami a közvetlen szerkezeti okok mellett a szilimarín és a PEPQ közötti kedvezőtlen kölcsönhatásokra utal. Ez utóbbi a stabilizátor keverékek termikus tulajdonságainak változásában is meglátszik.

A flavonoid glikozidok közé tartozó rutin (R) kémiai szerkezete a kvercetinétől csak a C gyűrűhöz kapcsolódó rutinóz csoport jelenléte miatt tér el. 100 ppm-nél nagyobb mennyiségben alkalmazva hatékonysága gyakorlatilag megegyezik a kvercetinével, kis koncentrációk mellett azonban elmarad attól,



**3. ábra:** A minták vinil csoport koncentrációjának változása rutin, vagy kvercetin jelenlétében. Szimbólumok: (□) primer antioxidáns nélkül, (●) 10 ppm R, (◆) 100 ppm R, (▶) 500 ppm R, (○) 10 ppm Q, (◇) 100 ppm Q, (▷) 500 ppm Q.

5-10 ppm mennyiségben használva, a szilimarinhoz hasonlóan rontja a polimer feldolgozási stabilitását (3. ábra). A rutinóz csoport jelenléte kismértékben növeli a rutin fenolos hidroxil csoportjainak BDE értékeit és csökkenti az elérhető hidroxil csoportok számát, ám a természetes antioxidáns kis és nagy koncentrációk mellett tapasztalt eltérő hatékonyságát ez önmagában nem magyarázza. A természetes antioxidánsok és a PEPQ keverékei-

nek vizsgálata eltérő jellegű kölcsönhatások kialakulására utalt, amit molekuladinamikai számítások is megerősítettek: ezek alapján a kvercetin és a PEPQ között hidrogén hidas, illetve az aromás gyűrűk közötti  $\pi$ - $\pi$  kölcsönhatások, míg a rutin és a PEPQ között csak  $\pi$ - $\pi$  kölcsönhatások alakulnak ki. Ezek közül azonban egyik sem érinti a kvercetin, vagy a rutin B gyűrűjének hidroxil csoportjait, amelyek a stabilizálási hatékonyság szempontjából meghatározók lennének. A rutin kis koncentrációk melletti gyenge teljesítményének háttérében a rutinak a feldolgozás hőmérsékletén meginduló termo-oxidatív bomlása állhat, ami kihat a stabilizálási reakciókra is.

A kurkumin és a kvercetin, ahogy a megvizsgált természetes antioxidánsok mindegyike, jelentősen elszínezte a polimert már kis koncentrációk mellett

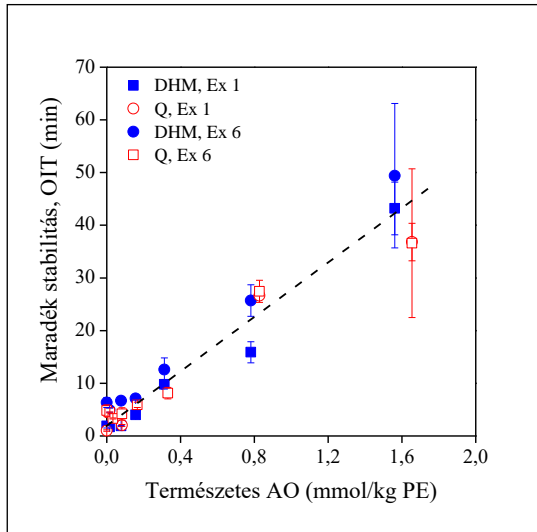


is. A flavonoidok közé tartozó dihidromiricetin (DHM) fehér antioxidáns, aminek szerkezeti oka egy kettős kötés hiánya a flavonoid molekula C gyűrűjében, ami megoldást jelenthet a nemkívánatos elszíneződésre is. A vegyület a kvercettinnél is hatékonyabban akadályozza meg a hosszúláncú elágazások kialakulását és a szekunder stabilizátor PEPQ fogyását a feldolgozási lépések során, ugyanakkor a két flavonoid közel

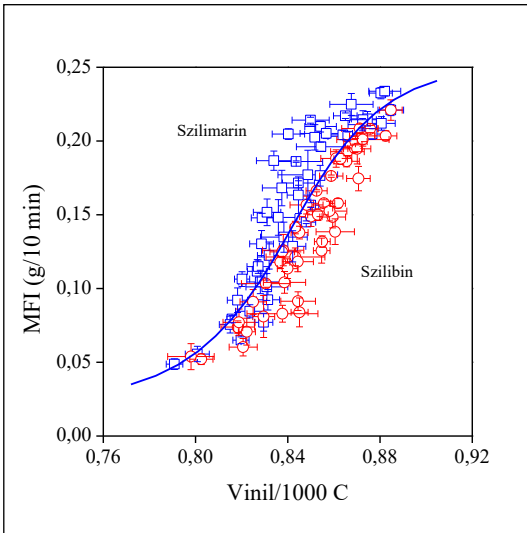
azonos maradék termo-oxidatív stabilitást biztosított a mintáknak (4. ábra). A tapasztalatok háttérében a fenolos hidroxil csoportok különböző BDE értékei, továbbá a két flavonoid és a PEPQ közötti eltérő kölcsönhatás áll, míg a fenolos hidroxil csoportok relatív mennyisége nem befolyásolja a hatékonyságot. A várakozásokkal szemben, feldolgozási körülmények között a dihidromiricetin

barnás árnyalatú elszíneződést okoz a mintákban, ami a hozzáadott stabilizátor mennyiségének és az extrúziós lépések számának növelésével tovább erősödik. Az elszíneződést a dihidromiricetin kinoidális szerkezetű reakciótermékének növekvő mennyisége okozza.

A dolgozat utolsó fejezetében a szilimarín és a termékelegy fő komponense, a szilibin stabilizáló hatékonyságát vetjük össze. 100 ppm-es koncentráció felett a szilimarín termékelegy már felülmúlja a fő komponens szilibint a



**4. ábra:** A minták oxidációs indukciós idejének változása dihidromiricetin, vagy kvercetin jelenlétében. Szimbólumok: (●) DHM 1. extrúzió, (■) DHM 6. extrúzió, (○) Q 1. extrúzió, (□) Q 6. extrúzió.



**5. ábra:** Általános összefüggés a polietilén vinil csoport koncentrációja és MFI értéke között. Szimbólumok: (O) szilibin, (□) szilimarín.

zonyos komponensek (szilidianin és szilikrisztin) a szilibinénél kisebb BDE értékkel jellemezhető hidroxil csoportokkal rendelkeznek. A kis koncentrációknál tapasztalt gyenge teljesítmény háttérben feltehetőleg a szilimarín termikus instabilitása és a PEPQ-val kialakított, a szilibinétől eltérő kölcsönhatása áll.

vinil csoportok reakcióinak visszaszorításában és a hosszú láncú elágazások megakadályozásában (5. ábra). Kis koncentrációk mellett azonban a szilimarín a rutinhoz hasonlóan elősegíti a degradációt. A tapasztaltak háttérben a szilimarín további komponensei állnak: a keverék amorf szerkezetű, ami megnöveli az oldhatóságát a tiszta, ám kristályos szilibinhez képest, továbbá bi-

---

## 4. Új tudományos eredmények, tézispontok

1. Bebizonyítottuk, hogy a gátolt fenolos stabilizátorok mellett a polietilén maradék termo-oxidatív stabilitását a szekunder stabilizátor is jelentősen befolyásolja [2].
2. Bemutattuk, hogy a kurkumin természetes antioxidáns hatékony feldolgozási stabilizátora a polietilénnek, valamint, hogy a fenolos hidroxil csoportok mellett a metoxifenil gyűrűket összekapcsoló konjugált kettős kötést tartalmazó lánc is részt vesz a stabilizálási reakciókban. A kettős kötések képesek reakcióba lépni az alkil gyökökkel, ezzel megakadályozzák a hosszú láncú elágazások kialakulását [2].
3. A polietilén stabilizálására használt természetes antioxidánsok kémiai szerkezetének vizsgálatával bemutattuk, hogy a vegyületek fenolos hidroxil csoportjainak O-H kötési disszociációs entalpiája fontos szerepet játszik a vegyület stabilizálási hatékonyságában a polietilén feldolgozási körülményei között, noha ezt más jellemzők is befolyásolják [5].
4. Bemutattuk, hogy a rutin, egy másik flavonoid típusú természetes antioxidáns is a polietilén egy hatékony feldolgozási stabilizátora, ugyanakkor a szacharid csoport részleges elbomlása miatt kis koncentrációk esetén hatékonysága leromlik [7].
5. Különböző mérések és modell számítások segítségével elsőként számoltunk be arról, hogy a természetes antioxidánsok és az adalék csomagban alkalmazott szekunder stabilizátor kölcsönhatásba léphetnek egymással. Előfordul, hogy a kölcsönhatás nem befolyásolja a természetes antioxidáns stabilizáló képességét, de bizonyos esetekben leronthatja annak hatékonyságát [7].
6. A dihidromiricetinnel végzett kísérletsorozat eredményeként bemutattuk, hogy a kölcsönhatás a szekunder stabilizátor fogyásának eredményes viszszaerősítéséhez is vezethet. A vegyület az általunk vizsgált más természetes

antioxidánsokhoz képest eredményesebben védte meg a foszfonit típusú szekunder stabilizátort, amiből így kevesebb reagált el a feldolgozás során, mint a többi vizsgált esetben [3].

7. Elsőként mutattuk be, hogy egy természetes flavonolignán extraktum hatékonyabb stabilizátor lehet, mint az abból kinyert tiszta, fő komponens. A jobb eredmény hátterében az extraktum néhány hatékony komponensének jelenléte, valamint a nem-flavonolignán típusú kísérő komponensek miatti amorf szerkezet és megnövekedett oldhatóság állnak [8].

## **5. Az új tudományos eredmények gyakorlati alkalmazása**

A kutatás egy részét a Tiszai Vegyi Kombinát, (később MOL Petrolkémia) poliolefin gyártóval közösen végeztük, a kurkumin felhasználásával valós adalékanyagot és az azt tartalmazó polietilén fóliát is gyártottunk, a kurkumin UV érzékenysége miatt azonban a továbblépéshez további kutatás szükséges. A flavonoid típusú antioxidánsok kémiai szerkezet-kölcsönhatás-hatékonyosság összefüggéseinek megértése fontos tudásanyagot jelent a jövőre nézve, ha az előírások kötelezővé teszik majd az olyan adalékok alkalmazását, amelyek bizonyítottan nem hathatnak károsan az emberi szervezetre.

---

## 6. Publikációk

### 6.1. A Ph.D. dolgozat a következő publikációk alapján készült

1. Tátraaljai D, Kirschweng B, Kovács J, Földes E, Pukánszky B.: *Processing Stabilization of PE with a Natural Antioxidant, Curcumin*, European Polymer Journal, **49**:1196-1203, 2013, IF: 3,477, I: 28.
2. Kirschweng B, Tátraaljai D, Földes E, Pukánszky B.: *Efficiency of curcumin, a natural antioxidant, in the processing stabilization of PE: Concentration effects*, Polymer Degradation and Stability, **118**:17-23, 2015, IF: 3,120, I: 11.
3. Kirschweng B, Bencze K, Sárközi M, Hégyely B, Samu Gy, Hári J, Tátraaljai D, Földes E, Kállay M, Pukánszky B.: *Melt stabilization of polyethylene with dihydromyricetin, a natural antioxidant*, Polymer Degradation and Stability, **133**:192-200, 2016, IF: 3,120, I: 40.
4. Kirschweng B, Bencze K, Sárközi M, Hári J, Tátraaljai D, Földes E, Pukánszky B.: *Phillips típusú polietilén feldolgozási stabilizálása a dihidromyricetin természetes antioxidáns felhasználásával*, Polimerek, **3(5)**:151-155, 2017, IF: 0.
5. Kirschweng B, Vörös B, Tátraaljai D, Földes E, Pukánszky B.: *Natural antioxidants as melt stabilizers for PE: comparison of silymarin and quercetin*, European Polymer Journal, **90**:456-466, 2017, IF: 3,477, I: 4.
6. Kirschweng B, Tátraaljai D, Földes E, Pukánszky B.: *Natural antioxidants as stabilizers for polymers*, Polymer Degradation and Stability, **145(11)**:25-40, 2017, IF: 3,386, I: 12.
7. Kirschweng B, Tilinger MD, Hégyely B, Samu Gy, Tátraaljai D, Földes E, Pukánszky B.: *Melt stabilization of PE with natural antioxidants: Comparison of rutin and quercetin*, European Polymer Journal, **103**:228-237, 2018, IF: 3,531, I: 2.
8. Kirschweng B, Vörös B, Arroussi M, Tátraaljai D, Pukánszky B.: *Melt stabilization of polyethylene with natural antioxidants: comparison of a natural extract and its main component*, **beküldve**.

## 6.2. Konferencia előadások

1. Tátraaljai D., Kirschweng B., Kovács J., Földes E., Pukánszky B.: A kurkumin hatása a polietilén feldolgozási stabilitására Kutatóközponti Tudományos Napok 2011, Budapest, MTA-KK, 2011. November 24. (*oral presentation*)
2. Tátraaljai, D., Kirschweng, B., Kovács, J., Földes, E., Pukánszky, B.: The Effect of Curcumin on the Processing Stability of Polyethylene, International Conference on Bio-Based Polymers and Composites 2012, Siófok, Hungary, May 27-31, 2012 (*poster*)
3. Tátraaljai, D., Kirschweng, B., Péntes, G., Szabó, P.T., Földes, E., Pukánszky, B.: Natural antioxidants – study of the processing stabilizing efficiency and mechanism of curcumin in polyethylene, Modification Degradation Stabilization Conference 2012, Praha, Czech Republic, September 2-6, 2012 (*oral presentation*)
4. Kirschweng, B., Tátraaljai, D., Földes, E., Pukánszky, B.: Processing stabilization of polyethylene with curcumin: effect and mechanism, International Conference on Bio-Friendly Polymers and Polymer Additives: From Scientific Aspects to Processing and Applications 2014, Budapest, Hungary, May 19-21, 2014 (*poster*)
5. Kirschweng, B., Tátraaljai, D., Földes, E., Pukánszky, B.: Processing stabilization of polyethylene with curcumin: effect and mechanism, 2nd International Conference on Bio-Based Polymers and Composites 2014, Visegrád, Hungary, August 24-28, 2014 (*poster*)
6. Kirschweng, B., Tátraaljai, D., Földes, E., Pukánszky, B.: Stabilization of Polyethylene with Natural Antioxidants, CEITEC - Polymer service-life: Estimation, durability and controlled performance, Brno, Czech Republic, October 22, 2014 (*oral presentation*)
7. Kirschweng, B., Tátraaljai, D., Földes, E., Pukánszky, B.: Processing stabilization of polyethylene with curcumin: effect and mechanism, XII. Oláh György Doktori Iskola Konferencia, Budapest, Hungary, February 5, 2015 (*poster*)

- 
8. Tátraaljai, D., Kirschweng, B., Havas, Zs., Földes, E., Pukánszky, B.: Stabilization of polyethylene with natural antioxidants: advantages and drawbacks, Biomaterials International, Kenting, Republic of China, June 1-5, 2015 (*oral presentation*)
  9. Kirschweng, B., Tátraaljai, D., Zsuga, M., Földes, E., Pukánszky, B.: Study of the stabilizing efficiency of rutin, a flavonoid type natural antioxidant in polyethylene under processing conditions, Polymer Degradation Discussion Group Conference, Stockholm, Sweden, August 30 - September 3, 2015 (*poster*)
  10. Kirschweng, B., Tátraaljai, D., Földes, E., Pukánszky, B.: Study of the stabilizing efficiency of dihydromyricetin, a flavonoid type natural antioxidant in polyethylene under processing conditions, Bratislava Young Polymer Scientist Workshop 2016, Zdiar, Slovakia, March 14-17, 2016 (*oral presentation*)
  11. Kirschweng, B., Hári, J., Tátraaljai, D., Földes, E., Pukánszky, B.: Efficiency of different flavonoid type natural antioxidants in the melt stabilization of polyethylene, 3rd International Conference on Bio-Based Polymers and Composites 2016, Szeged, Hungary, August 28 - September 1, 2016 (*poster*)
  12. Kirschweng, B., Tátraaljai, D., Földes, E., Pukánszky, B.: Stabilizing efficiency of quercetin and rutin under processing conditions - A comparative study, 9th International Conference on Modification, Degradation and Stabilization of Polymers, Cracow, Poland, September 4-8, 2016 (*oral presentation*)
  13. Kirschweng, B., Vörös, B., Tátraaljai, D., Földes, E., Pukánszky, B.: Processing stabilization of polyethylene with silymarin, a natural flavanolignan, 32nd Polymer Degradation and Discussion Group Conference, Taormina, Italy, September 3-7, 2017 (*oral presentation*)
  14. Kirschweng, B., Vörös, B., Arroussi, M., Tátraaljai, D., Földes, E., Pukánszky, B.: Processing stabilization of polyethylene with natural antioxidants: comparison of an isolated component and a natural extract, 4th International Conference on Bio-Based Polymers and Composites 2018, Balatonfüred, Hungary, September 2-6, 2016 (*poster*)

15. Kirschweng, B., Vörös, B., Arroussi, M., Tátraaljai, D., Földes, E., Pukánszky, B.: Processing stabilization of polyethylene with silymarin, a natural flavonolignan, International Conference on Automotive, Manufacturing, and Mechanical Engineering (IC-AMME) 2018, Bali, Indonesia, September 26-28, 2018 (*oral presentation*)