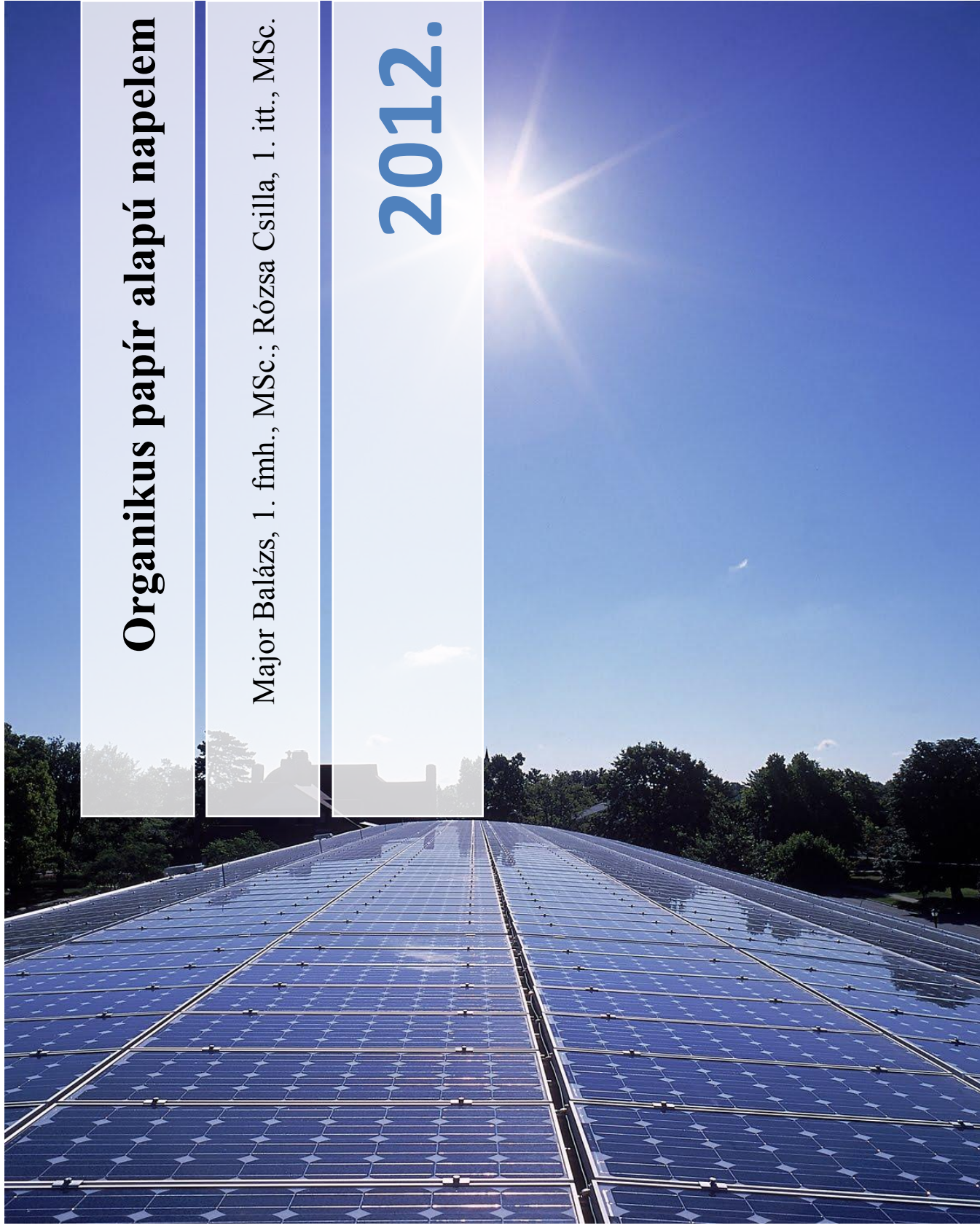


Organikus papír alapú napelem

Major Balázs, 1. fmh., MSc.; Rózsa Csilla, 1. itt., MSc.

2012.



Organikus papír alapú napelem

Konzulens: Dr. Csóka Levente, egyetemi docens

Készítette: Major Balázs, 1. fmh., MSc., Rózsa Csilla, 1. itt., MSc.

Sopron, 2012.11.02.

A dolgozat elkészítése a TALENTUM – Hallgatói tehetséggondozás feltételrendszerének fejlesztése a Nyugat-magyarországi Egyetemen c. TÁMOP – 4.2.2. B – 10/1 – 2010 – 0018 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Nyugat-magyarországi Egyetem
Faipari Mérnöki Kar
Fa- és Papíripari Technológiák Intézet

Organikus papír alapú napelem

Dolgozatot írta:
Major Balázs, 1. fmh., MSc.
Rózsa Csilla, 1. itt., MSc.

Témavezető:
Dr. Csóka Levente, egyetemi docens

Tartalom

1. Célkitűzés:.....	4
2. A napelemek története:	4
3. Az organikus napelemek:.....	8
4. Az LbL technológia:	9
5. A felhasznált anyagok, módszerek, mérések:	10
a. A vizsgált papírlapok előállítása:	10
b. Antocián tartalom kimutatása az egyes kísérleti alapanyagokban:.....	15
c. A szárazanyag tartalom meghatározása az egyes anyagokban:	17
d. Elektromos tulajdonságok meghatározása:	19
6. Mért eredmények, tapasztalatok:	21
7. További kutatási lehetőségek a témában:	34
8. Köszönetnyilvánítás.....	35
9. Irodalomjegyzék:	36
10. Melléklet:	37

1. Célkitűzés:

A kutatás célja, a manapság meglehetősen drága alapanyagokat és drága előállítást igénylő napelemek kiváltása. Olyan szerves napelem elkészítése, mely könnyen előállítható és olcsó alapanyagokat igényel. Egyetemünk Fa- és Papíripari Technológiák Intézetében papír alapú szerves napelemekkel kezdtünk kísérletezni.

2. A napelemek története:

A napelemek közvetlen őse a 19. század második feléből származik, amikor is a világ első óceánokon átívelő kommunikációs kábeleit lefektették. Ekkor a mérnökök a kommunikációs hibák csökkentésére a kábelek hiba ellenőrzéséhez szelént használtak. Az első kutatók, akik szelénrel dolgoztak rájöttek, hogy annak az anyagi tulajdonságait a ráeső napfény mennyisége is meghatározza. A napfény szelénre gyakorolt hatása felkeltette a kutatók figyelmét, különösen William Grylls Adamst és hallgatója Richard Evans Dayt foglalkoztatta a téma. Egyik szelénrel történő kutatásuk során megfigyelték, hogy a szilárd anyagú test képes elektromosságot létrehozni, ami teljesen új jelenség volt.

Akkoriban még nem tudták megmagyarázni a jelenség okát, és a tudósok többsége emiatt ki is gúnyolta a két kutatót. Szükség volt az elektronok és az energia kvantumok – fotonok – felfedezésére, hogy a fotovoltaikus rendszerek hitelt nyerjenek a tudományos közösségben. Az 1920-as évek közepén a tudósok feltételezni kezdték, hogy a fotonok megfelelő mennyiségű energiát hordoznak ahhoz, hogy egyes anyagok, mint például a szelén gyengén kötött elektronjait képesek kiűzni a pályáikról. Ha ezekhez az anyagokhoz vezetékot erősítettek az elektronok, elektromos áram formájában távoztak a vezetéken.

Egyes tudósok álma már akkor az volt, hogy szelén napelemek lesznek az energia termelőközpontok. Akárhogy is eddig senki sem tudott, olyan szelén napelemet építeni, ami a nap energiájának több mint az 50 százalékát képes lenne elektromossággá konvertálni, így bizonyítaná energiaforrásként való használhatóságát.

A szilícium napelemek feltalálása egy véletlennek köszönhető, attól fogva a Bell Laboratories 1953-ban forradalmasította a napelem technológiát. Gerald Pearson és Calvin Fuller vezette a szilícium tranzistorokkal kapcsolatos kutatásokat. Fuller kidolgozott egy módszert, hogy hogyan irányítsa a szilícium szennyezését a jobb elektromos vezető anyaggá való átalakításához. Adott egy darabot az általa szándékosan szennyezett szilíciumból Pearsonnak. A kísérletek között volt olyan, amikor a speciálisan kezelt szilíciumot napfény hatásának tette ki, és feszültség mérőt kapcsolt hozzá. Pearson meglepetésére megfigyelte, hogy a kimenő elektromosság majdnem 5-ször nagyobb, mint az eddig előállított legjobb szeléné. Azonnal rohant barátjához Daryl Chapinhoz, aki éppen akkor próbálta fejleszteni a szelént, hogy kis mennyiségű szakaszos áramot adjon.

Egy évnnyi kísérleti kutatás és fejlesztés után, a Bell Laboratories bemutatta a világ első napelemét, mely alkalmas volt hasznos mennyiségű áram termelésére. A kutatási eredményeket a New York Times is közölte Chapin, Fuller és Pearson munkáját egy új korszak kezdeteként jelölték meg, ami az emberiség egyik legjobban dédelgetett álmának megvalósításához fog vezetni: a nap majdnem végtelen energiáját kihasználni, felhasználni.

A nagy sajtó felhajtás ellenére a napelemek nem lettek kelendők a nagyon magas árak miatt. A gyártók eleinte csak játékok, csecsebecsék meghajtásához használták fel, valamint az akkor újonnan feltalált tranzistoros rádiókba szerelték be. A 3 felfedező érthetően csalódott volt.

Chapin számára nem volt ismeretes, hogy hatalmas támogatással a Pentagonban, kifejlesztették a szilícium napelemet. 1955-ben az amerikai kormány bejelentette, hogy szándékában áll kilőni egy műholdat. A prototípus energia ellátását napelemek biztosították. Mivel elektromos kábelt nem lehet az űrbe kifeszíteni, napelemeket kellett szerelni a műholdra, hogy legyen egy saját, megbízható, tartós energiaforrása.

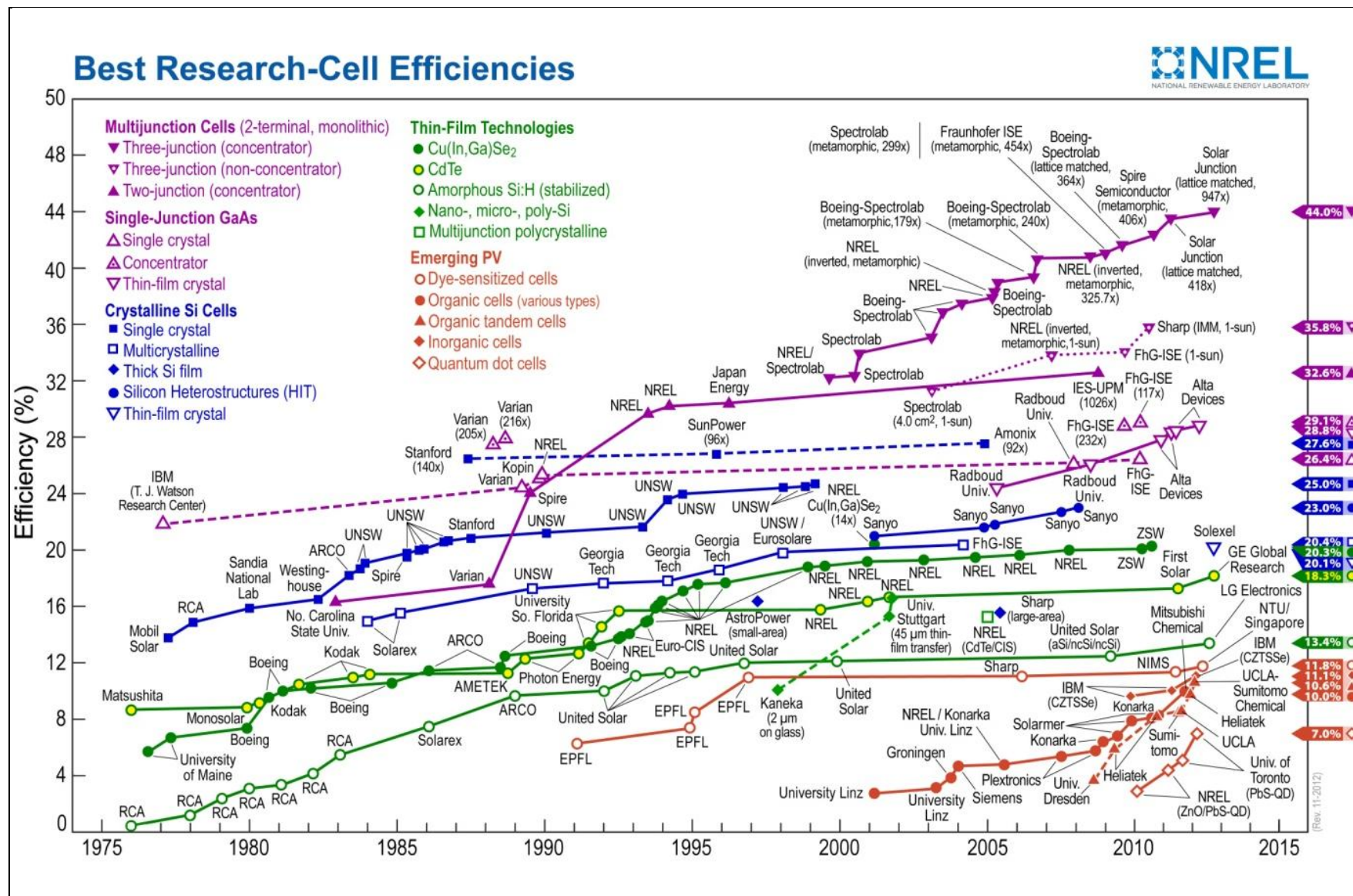
A Vanguard kilövése bebizonyította, hogy a napelem milyen értékes energiaforrás, mivel a korábbi műholdak elemekkel működtek és csak hetekig bírtak működni. A Vanguard képes volt évekig kommunikálni a Földdel és értékes új kísérleteket lehetett elvégezni. A műhold sikere eltüntette a napelemekről kialakult előítéletet az űrbeli használattal szemben. Ahogy az amerikai, orosz űrverseny erősödött mind a két félnek sürgős szüksége volt napelemekre. Emiatt megnőtt a kereslet a napelemek gyártására, a Nap energiája elengedhetetlen a társadalomnak, a napelemek nélkül az űreszközök és űrtechnológiák nagy tárháza nem valósulhatott volna meg.

A földi alkalmazással először Dr. Elliot Berman kezdett foglalkozni, célja az olcsóbban történő alkalmazhatóság volt. Olcsóbb technológiával és rosszabb minőségű anyagokkal sikerült is 1969-ben 200 \$/wattól 20 \$/watra csökkentenie a napelemek árát. Az olajtársaságok voltak az első alkalmazók, hisz nekik pénzük és igényük is volt az olajfűró tornyokon a nagy akkumulátorok helyett napelemeket felszerelni. A második nagyobb alkalmazási területet szintén az olajtársaságok megrendelésére sikerült elfoglalnia a napelemeknek: a víz alatti olajcsövek korrodálódásának megelőzését elektromos árammal oldják meg, az ehhez szükséges elektromos áramot is napelemekkel hozzák létre. Szintén amerikai alkalmazás volt, amikor a tengeri bóják lámpáinak elektromos ellátását először napelemekkel oldották meg.

Ettől kezdve gombamód szaporodtak az alkalmazási példák, mégis az igazi áttörést Ausztráliában a telekommunikációs átjátszó tornyok energiaellátásához való felhasználás idézte elő. Ma már az átlagember számára is elérhetőek a napelemes technológiák. Az elektromos hálózattól vagy épp a civilizációtól távol, elektromos áramot képesek vagyunk előállítani akár a hétfégi házunk tetejére szerelt napelemből, vagy tölthetjük a notebook-unk a hátizsákunkon lévő panel segítségével. (SAM-SHAJING SUN, NAYAZI SERDAR SRICIFTIC et al., 2005)

A napelemek fejlődéséről egy nagyon részletes képet ad az amerikai National Renewable Energy Laboratory által készített diagram (*1. ábra*). Az *1. ábra* szerint, a napelemes technológiák az alábbi csoportokra oszthatók (a jelenlegi dolgozat témáját képező napelem az 5. csoportba tartozik):

1. Multijunction Cells - *Több fényérzékelő rétegű cellák;*
2. Singel-Junction GaAs – *Egy fényérzékelő rétegű cellák;*
3. Crystalline Si Cells – *Kristály szilícium cellák;*
4. Thin-Film Technologies – *Vékony film technológiák;*
5. Emerging PV – *Erősödő/ feltörekvő fotovoltaiikus technológiák*



1. ábra: A napelem technológiák kutatásában elért legjobb hatásfokok (Best Research-Cell Efficiencies) a megjelölt pontok a gyártó, esetleg kutató cégek elért hatásfokbeli eredményei; *Efficiency – hatásfok*; Forrás: <http://www.nrel.gov/ncpv/>

3. Az organikus napelemek:

A fotoszintézis egy biológiai folyamat, mely során a Nap fénye összegyűlik és elraktározódik. A fény energiája az élethez szükséges biomechanikai energiává alakul. Ez a folyamat szolgáltatja az alapot majdnem az összes élőlénynek, mint tápanyag, és mint energiaforrás. A szó szoros értelmében a „fénnel való szintézist/ felépítést” jelenti.

Egy másik megfogalmazásban: a fotoszintézis egy olyan folyamat melyben egy organizmus/ szervezet a fényenergiát összegyűjti és tárolja, és ezt az energiát a sejtekben lejátszódó folyamatok irányítására használja fel. A szerves napelemeknél a klorofil bázisú fotoszintézisről beszélünk, melyekben fényvezető elektronok mozognak. Növények, algák, cyanobaktériumok és más sokkal primitívebb, nem oxigénnel fejlődő baktériumok is képesek a fotoszintézisre. Ezek hozzák létre a klorofil bázisú fotoszintézist, mely fényérzékeny elektron közvetítő reakciókkal működik.

A nap által kibocsátott fény hullámhossza tág határok között változik, a gamma sugartól a rádióhullámokig. A teljes látható spektrum és az infra sugárzás, ami nagyon befolyásolja a fotoszintetizációt (látható: 400-tól 700 nm, IR: 700-1000 nm hullámhosszúságig). A (fő) pigmentet tartalmazó klorofil organizmusok nem képesek a 700 nm-nél nagyobb hullámhosszúságú fényt hasznosítani. Nem ismert olyan élőlény, amely képes volna a fény 1000 nm-nél hosszabb hullámhosszú részét hasznosítani (pedig azok a napfény 30%-át adják). Az IR fény nagyon alacsony energiával rendelkezik fotononként, ami azt jelenti, hogy nagy mennyiséget kellene feldolgozni belőle, a fotoszintetizáció működéséhez. Ez lehetséges termodinamikailag, csak alapjában véve más molekuláris működést kíván meg. Minden esetben az energia tárolásáért a lipid kétrétegű membránok felelnek. A fotoszintetizáció korai reakcióit a pigment tartalmú membránok végzik.

(SAM-SHAJING SUN, NAYAZI SERDAR SRICIFTIC et al., 2005)

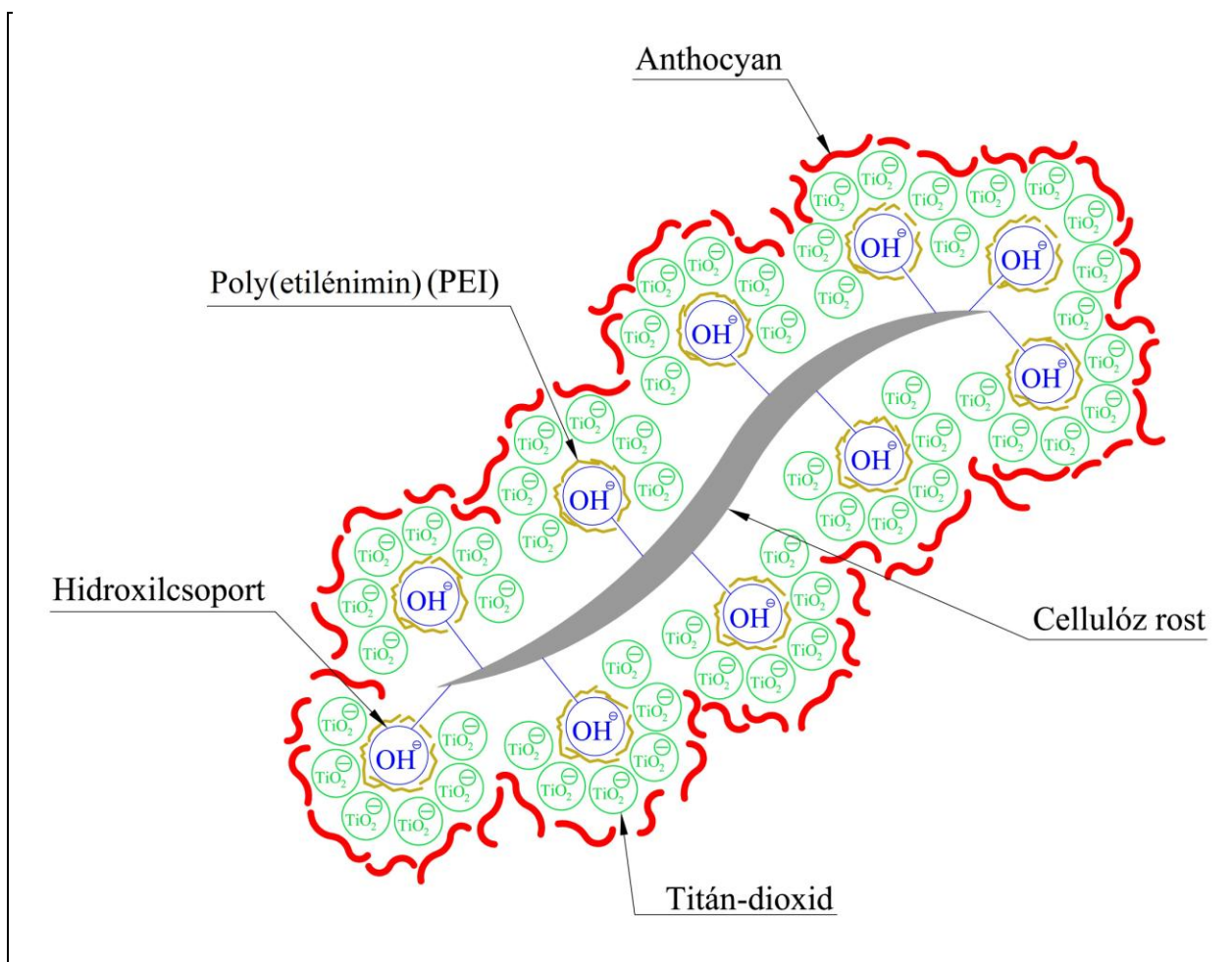
A fény energiájának gyűjtése és raktározása során egyrészt a klorofil másrészt az antocián molekulák vesznek részt, az antocián molekulákat azért nem látjuk pl. a leveleknél, mert a levelek színét csak késő ősszel határozzák meg mikor már más anyagok felszívódtak a levéltestből.

A mi esetünkben az egyes anyagokból etil-alkohol segítségével kinyertük az antocián típusú részecskéket és ezeket hordtuk fel a papír cellulóz rostjaira, LbL technológia segítségével (2. ábra).

4. Az LbL technológia:

Az LbL technológia rövidítése: layer by layer (réteg a rétegre, rétegeképzéses eljárás). Nanobevonatot tudunk képezni oly módon az anyagokon, hogy az adott anyag felülete ellentétes töltésű polielektrolitot viszünk fel. Legtöbbször ez a felviteli eljárás adszorpciós folyamatok útján megy végbe. A felület megszáradása után újabb adszorpciós lépésben egy ellentétes töltéssel rendelkező polielektrolit oldatba tesszük.

A mi esetünkben, a cellulóz szálakhoz kapcsolódó hidroxil csoportokra poly(etilénimin) (PEI) nanoanyagot adszorbeáltunk, majd 70 nm átmérőjű titán-dioxidot. A negatív töltésű titán-dioxid réteghez kötöttük hozzá az antocián molekulákat, melyek kékes, vörösés színt adtak (2. ábra).



2. ábra: A TiO_2 -dal, PEI-vel és anticiánokkal kezelt cellulóz felépítése

5. A felhasznált anyagok, módszerek, mérések:

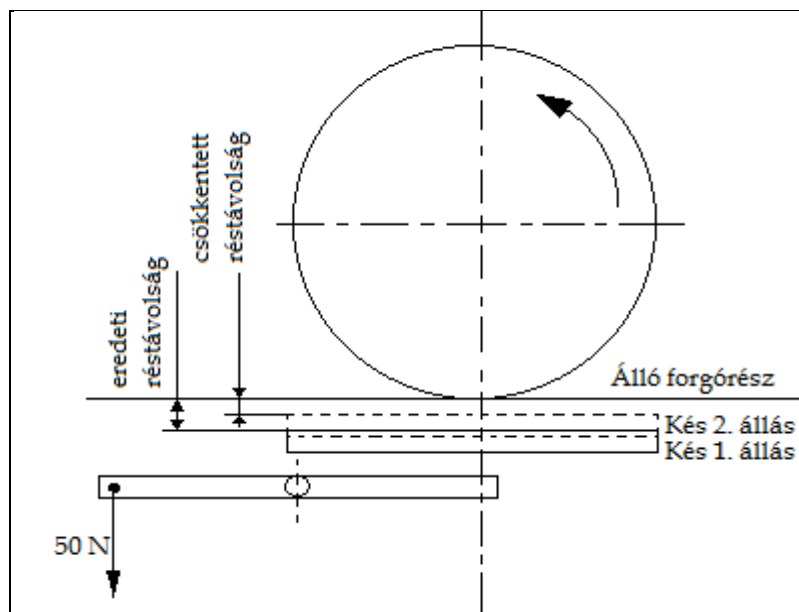
a. A vizsgált papírlapok előállítása:

A kísérlethez összesen 30 (3x10) db 314 cm² kör alapterületű, darabonként ~1g-os papírlapot készítettünk. A lapok közös tulajdonsága, hogy mindegyiket antocián tartalmú vegyülettel keverve gyártottuk. 10 különböző anyaggal kísérleteztünk (3. ábra).



3. ábra: A 10 kísérleti anyag, balról jobbra: szőlő héja, lilakáposzta, főtt cékla, padlizsán, lilahagyma, cékla héja, szilva héja, vörösbor, vörös levél és Happy Day fekete ribizlilé

A papír gyártása a „Hollandi” gépben kezdődik, amiben 200 g cellulózt, vízzel vegyítve foszlatuk körülbelül 10 percig. Ekkor a gépben a forgókés és ellenkés közötti távolság nagy. Miután durva szuszpenziót kaptunk, az anyagot tovább őröljük 50 N terhelés mellett. Ekkor a súlyt felhelyezve az erőkarra a kések közelítenek egymáshoz. A csökkentett réstávolsággal további 20 percig járattuk a gépet, így megkaptuk azt a szuszpenziót, mellyel tovább dolgozhattunk. A „Hollandi” működési vázlatát az 4. ábra mutatja.



4. ábra: A Hollandi működési elve

A továbbiakban, lapképző berendezéssel dolgoztunk. A lapképzővel leszűrtük a vizet, így megkaptuk a papír alapjául szolgáló pépet. Ennek a $\sim 200\text{g}$ pépnek az elsődlegesen számított szárazanyagtartalma $\sim 16,5\%$. A minőség javításával a kísérlet alatt folyamatosan növekedett a pép szárazanyagtartalma.

Ezek után a célunk az volt, hogy a szuszpenzióba poli(etilén-imin) módosított cellulóz anyagot (PEI) és a titán-dioxidot (TiO_2) keverve olyan abszolút száraz rostot kapjunk, melyen van $(\text{PEI})^+$ és $(\text{TiO}_2)^-$ töltés, így az antocián részecskék meg tudnak tapadni a felületen. (A poli(etilén-imin), az ioncserés kromatográfián belül válogatott alkalmazási területeken használják. A PEI-vel kezelt cellulóz erősen bázikus anoincserélőként működik. Ezért alkalmazzák leggyakrabban az aktív ioncseréjű anyagok elemzésére, mint pl. az aminosavak, peptidek, nukleotidek vagy neukleozidek elemzéséhez, (<http://www.merckmillipore.hu>). A TiO_2 nanorészecskék pozitív PEI felületre történő adszorpciójának elősegítéséhez a pH-t savassá állítottuk be néhány csepp HNO_3 -al.



5. ábra: Az előzőleg ultrahangos homogenizátorban elkevert, majd a papírpéphez adott por alakú TiO_2 , Forrás:

http://zoldabc.hu/custom/zoldabc/image/cache/w500h500m00/Titanium_Dioxide.jpg

A szükséges PEI és TiO_2 koncentráció 2 mg/g rost volt. Ebből adódóan 30 g rosttal dolgozva 60 mg 50 %-os koncentráció kellett, 60mg desztillált vizet, 60 mg PEI-vel összekevertünk. Ezt egy kisebb adag rostba alaposan belekeverve, homogenizáló berendezés segítségével, homogén vegyületet kaptunk, melyet az egész, 30g rost anyaggal összekevertünk. A lapképző berendezés (6. ábra) segítségével, pépet képeztünk, mely tartalmazta a szükséges PEI mennyiséget amely létrehozta a felület + töltését molekuláris szinten. A pép nedvességtartalma közel 20 %-os lett.

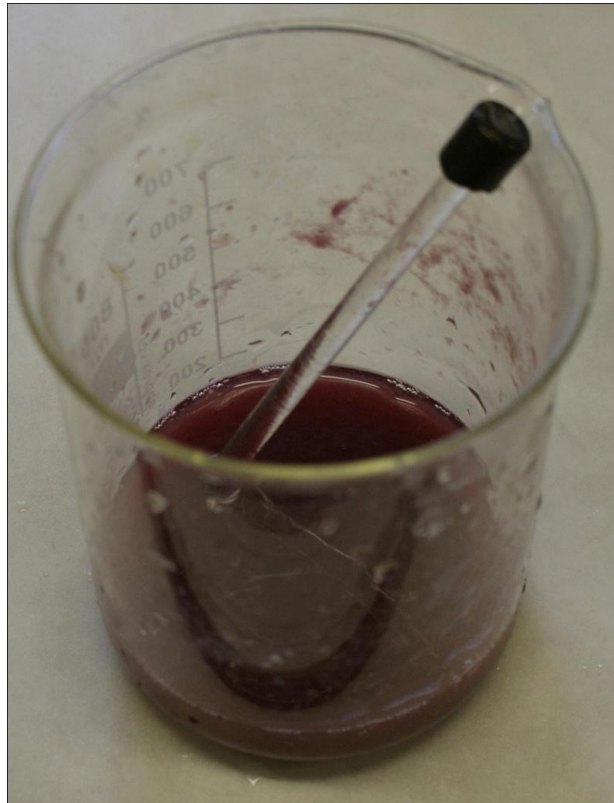
A következő lépésben a 60 mg TiO_2 –ot mértük ki, melyet szintén 60 mg desztillált vízzel, és a pépből kivett kevés rosttal összekeverve homogenizáltunk. Fontos, hogy ezt követően savassá kellett tennünk újra a közeget a jobb adszorpció elérése érdekében. Ehhez 6 csepp salétromsavat (HNO_3) használtunk, így pH 2-3-t kaptunk, ez megfelelő volt a továbbiakban. Ezt a salétromsavas elegyet, kb. 30 g anyagba keverve és vízzel hígítva, újra lapképzőbe raktunk. Megkaptuk azt a negatív töltésű alap pépet, amellyel tíz különböző növény, antociános kivonatával elkeverve, 3-3 db kör alakú papírlapot állítottunk elő alapanyag fajtánként.



6. ábra: A Papíripari intézet G épületi földszinti laborjában található lapképző gép Ribizli leves papírpép buborékkal történő oszlatása közben



7. ábra: A lapképző szitájára vákuummal leszívott papírlapot, segédpapírra mángoroljuk



8. ábra: Főzőpohárban kevés cellulózzrost hozzáadásával elkevert ribizli lé

A kiinduló 200 g mennyiségű cellulóz az első PEI keverés után 190,74 g lett nedvesen. A 4. után 157,53 g, az 5. után 151,56 g volt. Az utolsó keverés után 146,73 g anyaggal kellett dolgoznunk. Ezt 10 részre osztottuk és külön-külön 1db laphoz:

$$14,67 \text{ g} / 3 = 4,89 \text{ g}$$

anyagot, plusz az antociánt tartalmazó vegyületet használtuk fel.

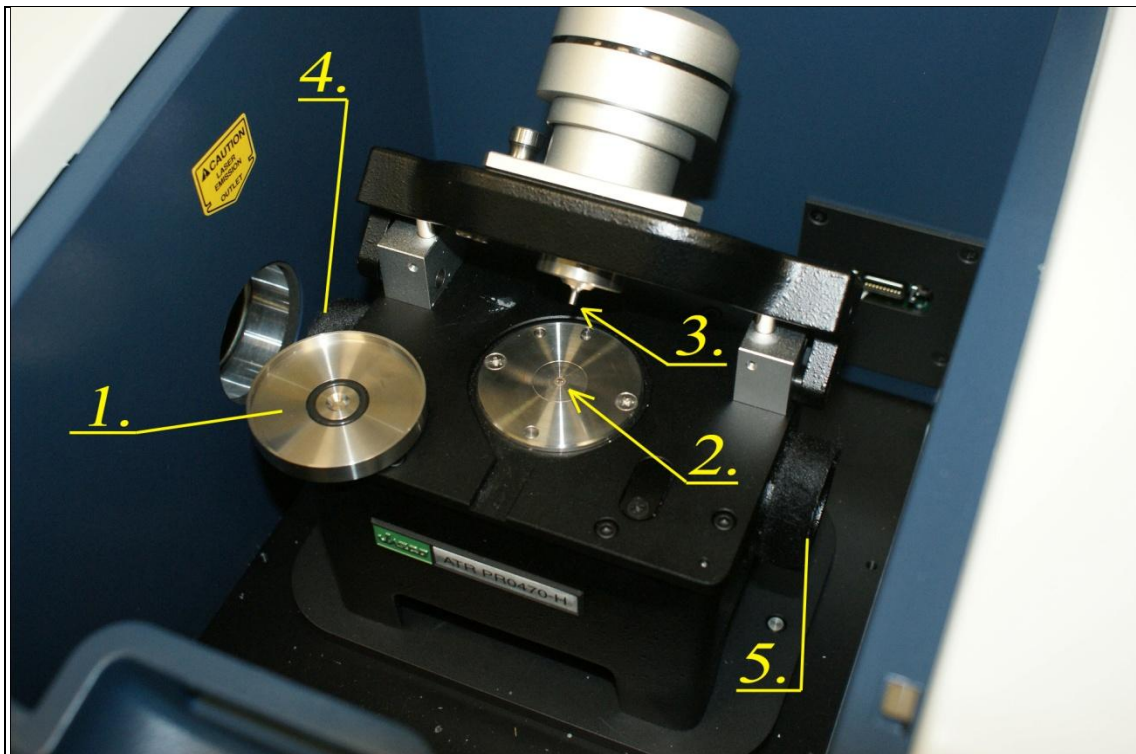
b. Antocián tartalom kimutatása az egyes kísérleti alapanyagokban:

A vizsgálatot az NRRC FT/IR, Fizika laboratóriumában végeztük el, az intézet rendelkezésére álló Jasco FT/IR-6300 Fourier Transform Infrared Spectrometer típusú lézeres spektrófotométerrel (9. ábra).



9. ábra: A Jasco FT/IR-6300 Fourier Transform Infrared Spectrometer típusú lézeres spektrófotométerrel

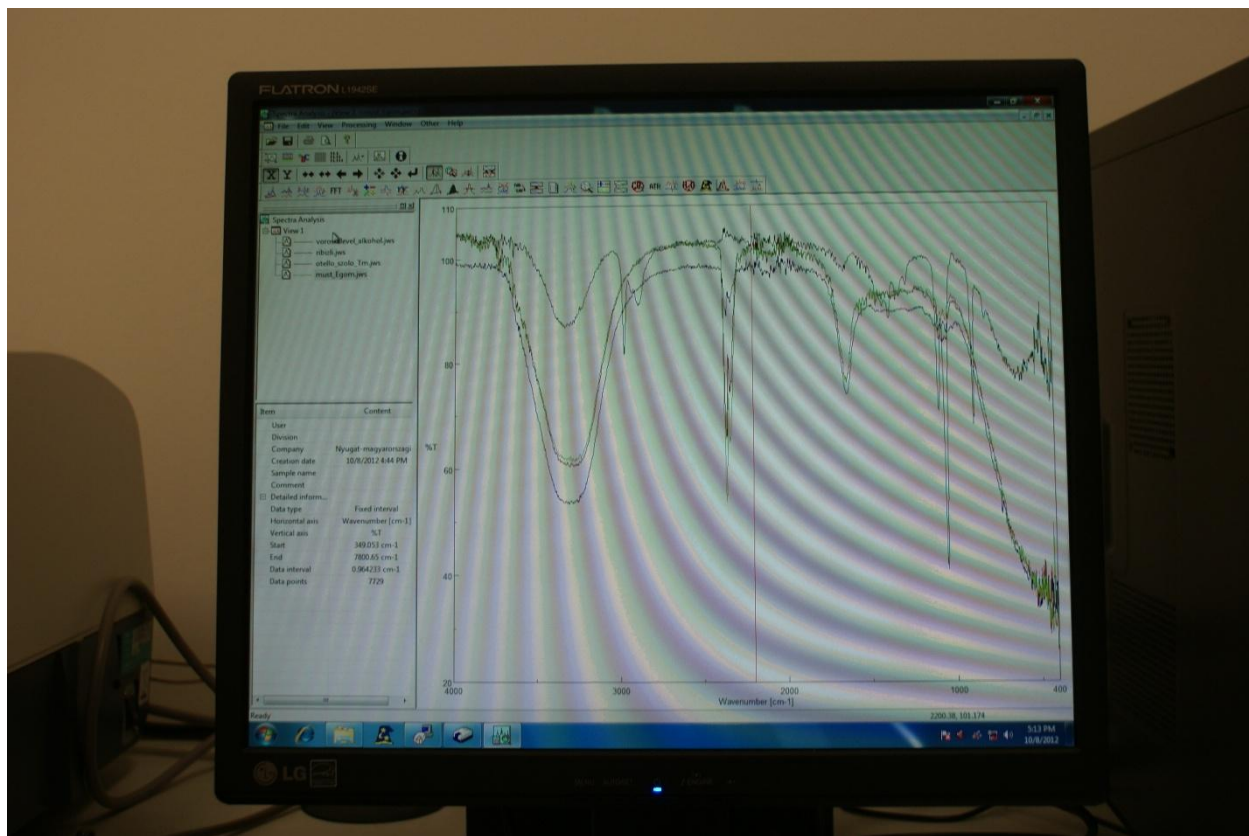
A vizsgálat során a mintákat pasteur pipettával felszívva egy-egy cseppet cseppentettünk a minta asztalra. A mintaasztal közepébe épített vizsgáló kristályra cseppentjük a vizsgálandó anyagot. A gép a kezelőprogramok elindítása után mérésre készen áll. Először a háttér állapotot kell beolvastatni vele, melyet hívhatunk háttérmérésnek vagy vak mérésnek is, ekkor az érzékelő kristályra nem cseppentünk semmit. Erre azért van szükség, mert az adott levegő páratartalma és egyéb a környezetben lévő anyagok, melyek torzíthatnák a mérést, kivonásra kerülnek a további minták mért értékeiből. A mérés során a gép a minta által elnyelt fény mennyiségét méri, majd ezekből az adatokból a kezelőnek egy spektrumot rajzol a



10. ábra: A nyitott mérőeszköz, 1.: mintaasztal sapka, gumitömítéssel; 2.: érzékelő kristály; 3.: nyomás határolás lezorító túske; 4.: lézertény műszerbe bemeneti nyílás; 5.: lézertény műszerből kimeneti nyílás

képernyőre, a kezelő programmal képesek vagyunk ezt módosítani, az egyes adatait megmérni a csúcspontokat megvizsgálni. Mérhetünk transzmittanciát ($T\%$) vagy abszorbanciát (A).

A minta becseppentése után a mintaasztal sapkát visszahelyezzük a mintaasztalra, majd a nyomáshatárolás túske segítségével lezorítjuk, ezután kezdhetjük meg a PC-n megnyitott mérőablakban a mérést, ezt követően kerül a diagram a szerkesztőbe. Egy másik programmal kerestethetünk jellegzetes csúcsokat a spektrumon, így a gép a benne lévő adatok segítségével azonnal kiírja az adott mintában talált anyagok típusát vegyi képletét és egyéb adatait (11. ábra).



11. ábra: A mérőműszer Spectra Analysis nevű spektrumvizsgáló szoftverének kezelőfelülete, baloldalon felülről lefelé: parancs gombok, betöltött spektrumok, a kijelölt spektrum adatai

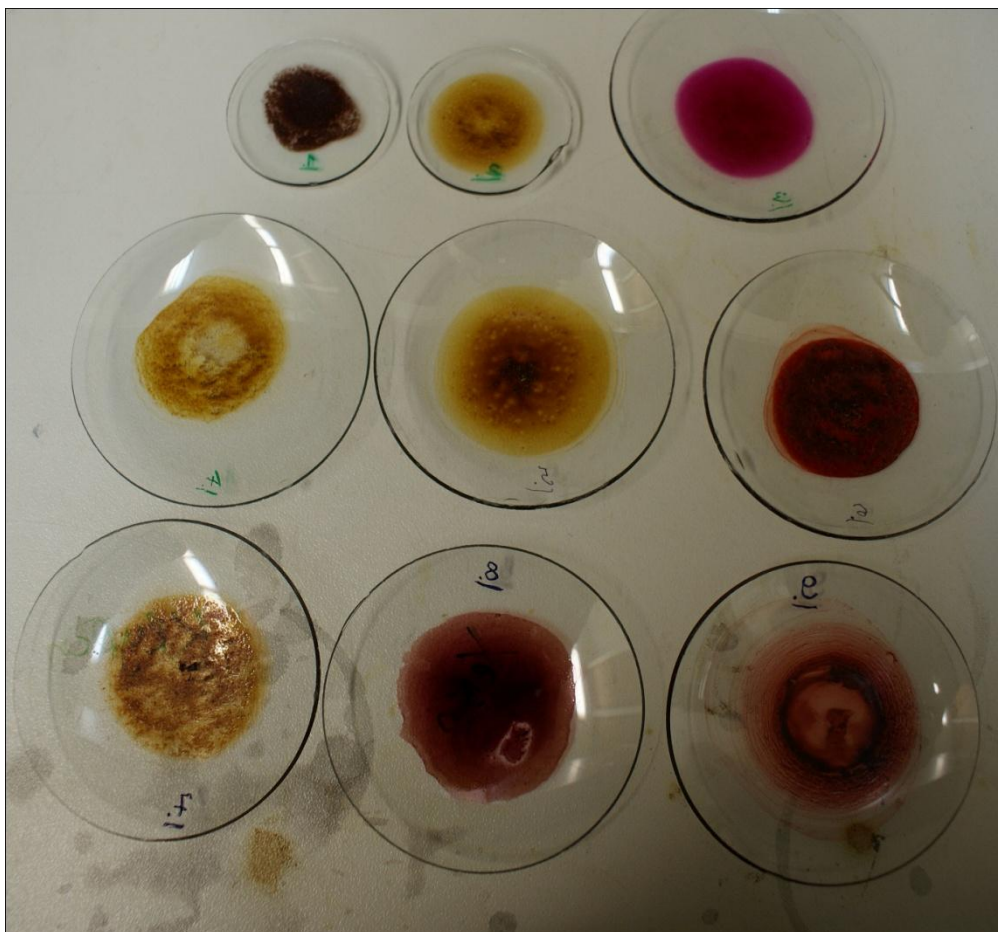
A mérési eredményeket *.txt exportálás segítségével Excel táblázatban is lehet ábrázolni, ez segített jelen dolgozat megírásában is.

c. A szárazanyag tartalom meghatározása az egyes anyagokban:

A szárazanyagtartalom meghatározása során először megmértem egy sartorius analytic típusú precíziós mérlegen az üres üveg mérőedény tömegét, majd üveg edényekbe töltöttem egy kevés mintát, megmértem az edényt a mintával együtt, majd szárítószekrénybe került a minta addig amíg már csak a szárazanyag maradt a mérőedényen. Ezt követően a szárazanyagot a mérőedénnyel együtt megint megmértem. A kapott értékeket a *1. melléklet* mutatja.



12. ábra: Balról a sartorius analytic mérőműszer, jobbról pedig a használt szárítókamra



13. ábra: A kiszáradt minták; 1.: szőlő héja, 2.: lilakáposzta, 3.: főtt cékla, 4.: padlizsán, 5.: lilahagyma, 6.: cékla héja, 7.: szilva héja, 8.: vörösbor, 9.: vörös levél

d. Elektromos tulajdonságok meghatározása:

Ennél a mérésnél kisméretű és nagyméretű papírlapoknál a napfény hatására keletkezett legnagyobb áramerősséget és feszültséget mértük meg. A kísérlet során 1 cm^2 -es próbalapokat vágunk ki az elkészült papírlapokból, ezt $2\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ -es alumínium fóliára raktuk úgy, hogy egy szélső pontját grafitral beszíneztük a jobb elektron átadás érdekében, majd jóddal bekentük a lapot. Az alumínium fólia papírral nem takart részét szintén beszíneztük amennyire lehetett grafitral, ezt követően napfénynek tettük ki az egészet. A grafitral színezett területre helyeztük az elektródákat, majd leolvastuk a mért eredményeket μA -ban és mV -ban.



14. ábra: A különböző kezelt papírokból készült próbatestek (balról): 1./1.: szőlő héja, 2./2.: lilakáposzta, 3./2.: főtt cékla, 4./2.: padlizsán, 5./2.: lilahagyma, 6./2.: cékla héja, 7./2.: szilva héja, 8./3.: vörösbör, 9./2.: vörös levél, valamint a próbatestek felépítése (jobbról)

6. Mért eredmények, tapasztalatok:

A lapképzés számszerű végeredményei:

- 1) (Othello) szőlő héjának levét (alkoholban oldva) kevertük a péphez.
Ekkor egyenként $23,40 \text{ g} / 3 = 7,8 \text{ g}$ pépet hígítottunk vízzel, aztán lapképző berendezéssel legyártottuk a 3 db lapot, melyeknek tömege egyenként:
 $1,07 \text{ g} / 1,12 \text{ g} / 0,93 \text{ g}$.
- 2) Lilakáposzta levével (alkoholban oldva) kevertük a pépet.
Ekkor egyenként $24,92 \text{ g} / 3 = 8,3 \text{ g}$ pépet hígítottunk vízzel, aztán lapképző berendezéssel legyártottuk a 3 db lapot, melyeknek tömege egyenként:
 $0,95 \text{ g} / 0,91 \text{ g} / 0,86 \text{ g}$
- 3) Főtt cékla lével kevertük a pépet.
Ekkor egyenként $17,73 \text{ g} / 3 = 5,9 \text{ g}$ pépet hígítottunk vízzel, aztán lapképző berendezéssel legyártottuk a 3 db lapot, melyeknek tömege egyenként:
 $1,04 \text{ g} / 1,08 \text{ g} / 1,09 \text{ g}$
- 4) Padlizsán (lila tök) héjával (alkoholban oldva) kevertük a pépet.
Ekkor egyenként $23,97 \text{ g} / 3 = 7,9 \text{ g}$ pépet hígítottunk vízzel, aztán lapképző berendezéssel legyártottuk a 3 db lapot, melyeknek tömege egyenként:
 $1,16 \text{ g} / 0,87 \text{ g} / 0,88 \text{ g}$
- 5) Lilahagymával (alkoholban oldva) kevertük a pépet.
Ekkor egyenként $25,55 \text{ g} / 3 = 8,5 \text{ g}$ pépet hígítottunk vízzel, aztán lapképző berendezéssel legyártottuk a 3 db lapot, melyeknek tömege egyenként:
 $0,90 \text{ g} / 0,90 \text{ g} / 0,96 \text{ g}$
- 6) Cékla héjával (alkoholban oldva) kevertük a pépet.
Ekkor egyenként $21,5 \text{ g} / 3 = 7,2 \text{ g}$ pépet hígítottunk vízzel, aztán lapképző berendezéssel legyártottuk a 3 db lapot, melyeknek tömege egyenként:
 $1,02 \text{ g} / 0,95 \text{ g} / 1,02 \text{ g}$
- 7) Szilva héjával (alkoholban oldva) kevertük a pépet.
Ekkor egyenként $17,66 \text{ g} / 3 = 5,9 \text{ g}$ pépet hígítottunk vízzel, aztán lapképző berendezéssel legyártottuk a 3 db lapot, melyeknek tömege egyenként:
 $0,96 \text{ g} / 1,02 \text{ g} / 0,99 \text{ g}$
- 8) Vörösborral kevertük a pépet.
Ekkor egyenként $16,45 \text{ g} / 3 = 5,5 \text{ g}$ pépet hígítottunk vízzel, aztán lapképző berendezéssel legyártottuk a 3 db lapot, melyeknek tömege egyenként:

0,98 g / 1,00 g / 0,88 g

- 9) Vörös falevéllel (alkoholban oldva) kevertük a pépet.

Ekkor egyenként $19,05 \text{ g} / 3 = 6,4 \text{ g}$ pépet hígítottunk vízzel, aztán lapképző berendezéssel legyártottuk a 3 db lapot, melyeknek tömege egyenként:

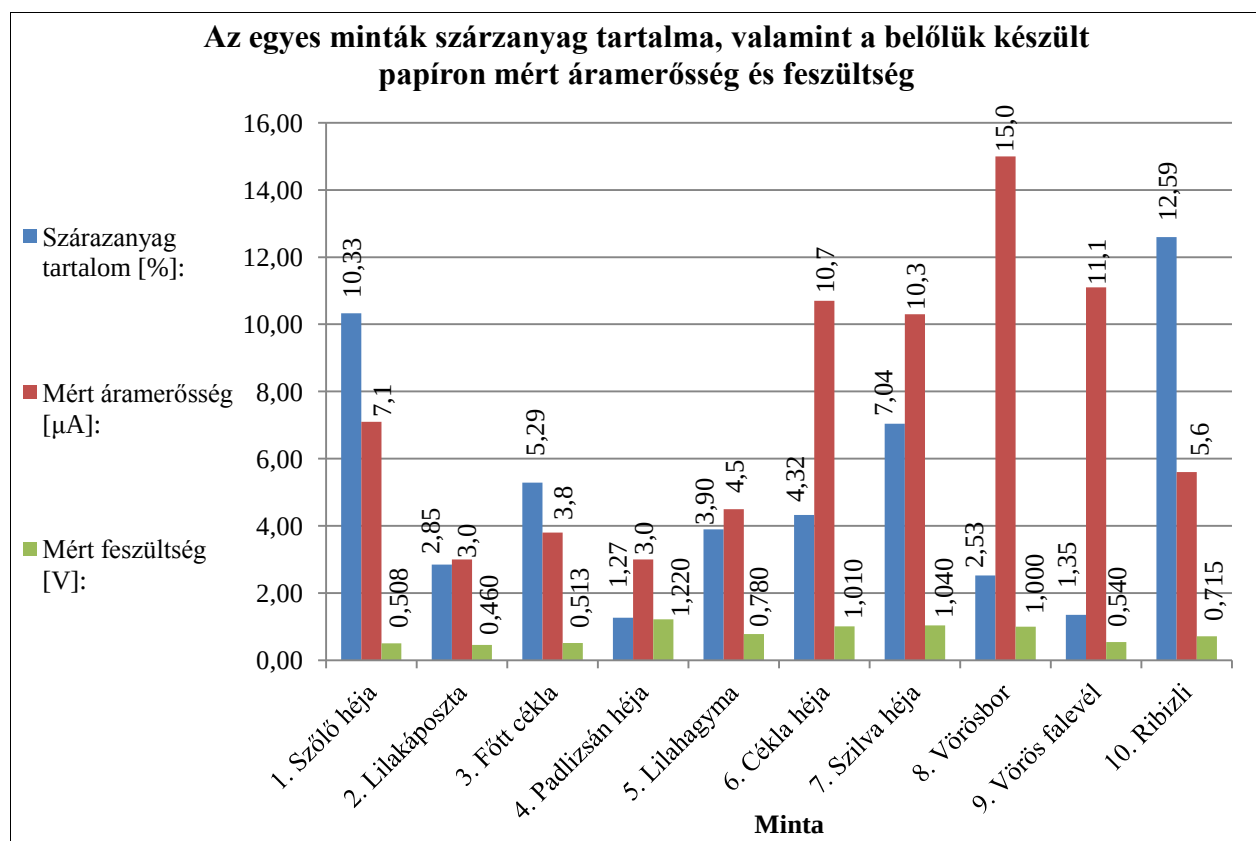
0,99 g / 0,96 g / 0,94 g

- 10) Happy Day ribizli lével kevertük a pépet.

Ekkor egyenként $17,12 \text{ g} / 3 = 5,7 \text{ g}$ pépet hígítottunk vízzel, aztán lapképző berendezéssel legyártottuk a 3 db lapot, melyeknek tömege egyenként:

1,03 g / 0,94 g / 0,96 g.

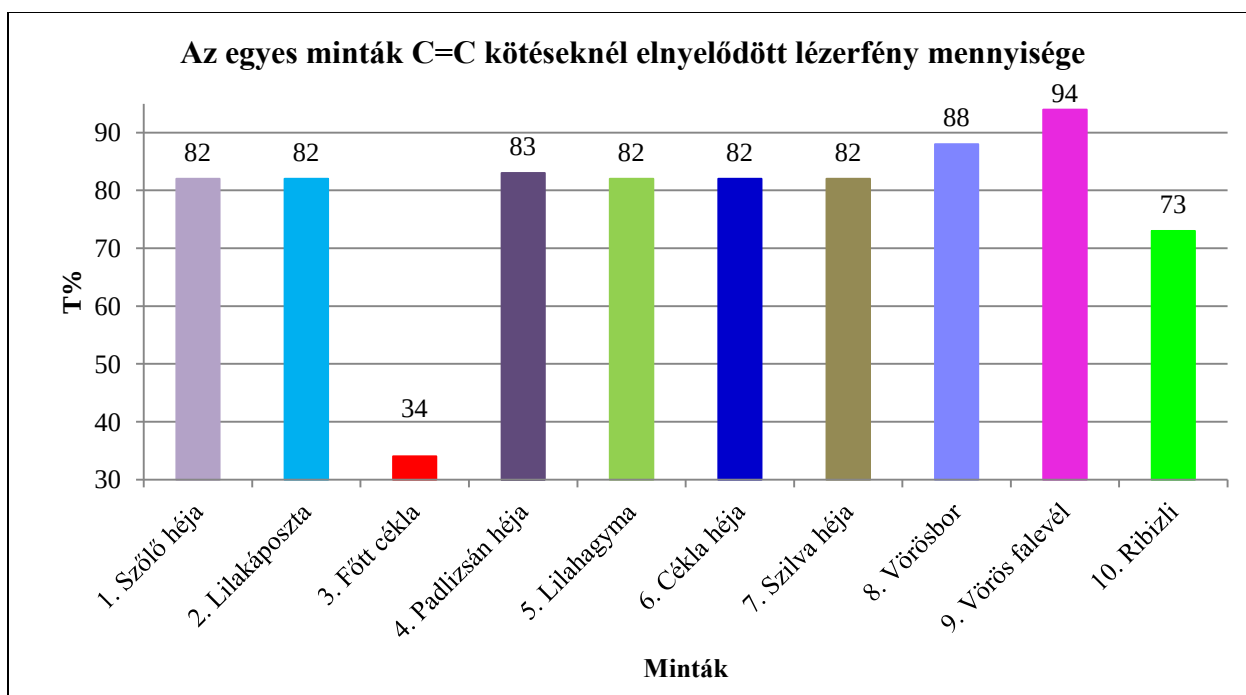
A lapképzéshez használt antociánt tartalmazó anyagok szárazanyagtartalmát és a belőlük készült papírok elektromos tulajdonságait az alábbi diagram mutatja:



15. ábra: A minták a szárazanyag tartalom, a mért áramerősség és a mért feszültség függvényében ábrázolva

A kivont antocian tartalomra utaló fény elnyelődés mennyiségét a 16. ábra mutatja, az anyagokhoz tartozó spektrumokat az alább következő 17. ábrától a 26. ábráig láthatjuk. Minden anyagnál megjelent az antocián tartalomra utaló szén-szén kettős kötés ($C=C$) kb. 1636 cm^{-1} -nél, a Happy Day ribizli lé esetében még másfajta antociánra is utaló glikozidos kötést is találtunk 1061

cm^{-1} -nél és 1034 cm^{-1} közelében. 1636-1650-ig legtöbbször széles a csúcs képe mert az FT/IR nem volt képes pontosabban megszűrni az anyagokat, ezért találhatunk egy csúcs csúcspontjában szélesebb spektrumot több csúcspontal.



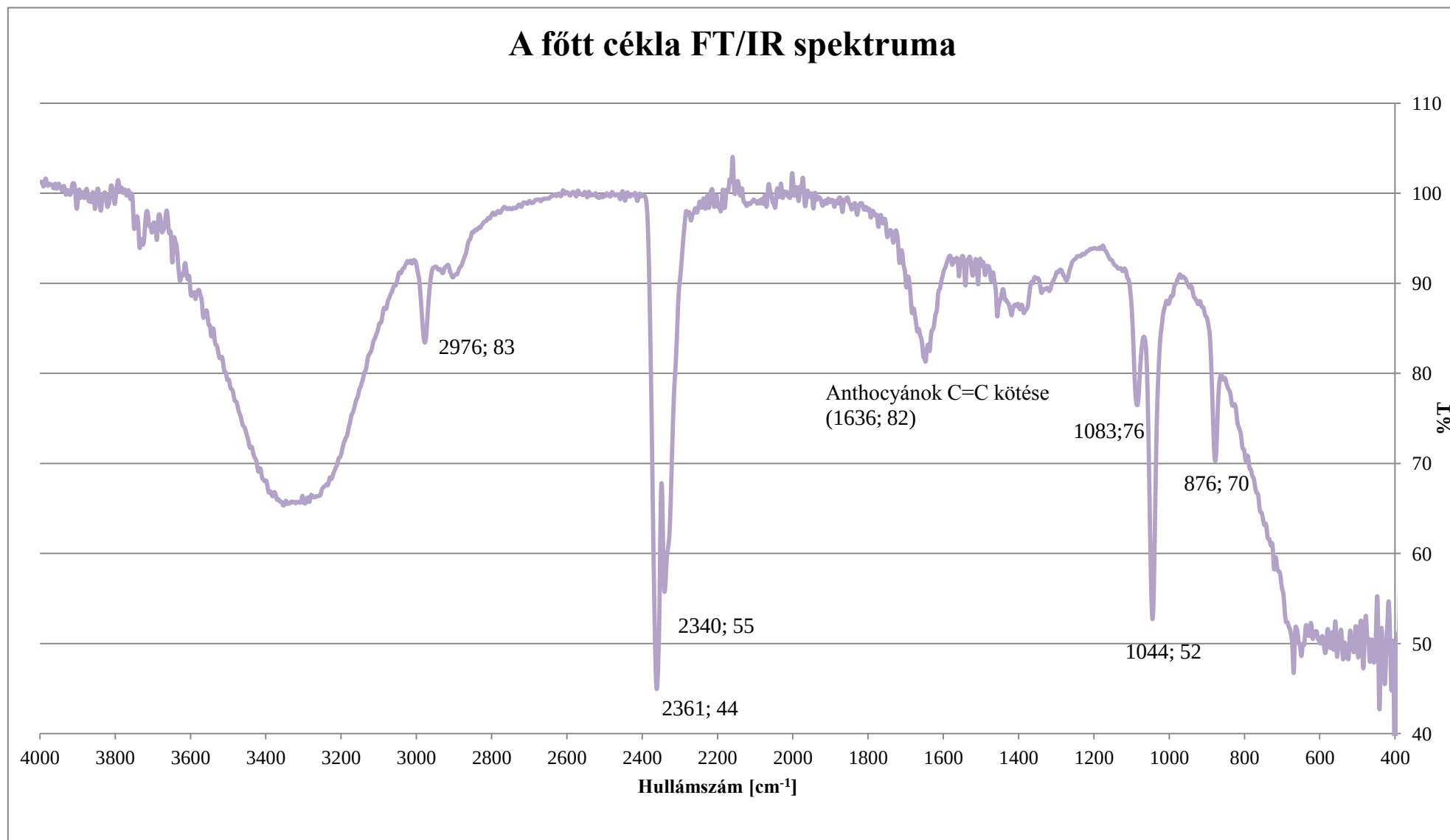
16. ábra: Az antocián molekulákban megtalálható C=C kötés 1636 cm^{-1} hullám mennyiségénél az elnyelődött fény mennyisége transzmittanciával (T%) ábrázolva

A legjobb elektromos tulajdonságokkal a szilva héjából kinyert anthocyánnal készített papír rendelkezett, viszont a ribizli lé sem marad el sokkal az elektromos tulajdonságokat tekintve és igaz hogy csak 73 T% az elnyelődés 1636 cm^{-1} hullám mennyiségénél, de másfajta antocián is van benne. Sajnos a mért áramerősség nem elegendő még LED-ek működtetéséhez, de további kutatásokkal még orvosolható ez a probléma is.

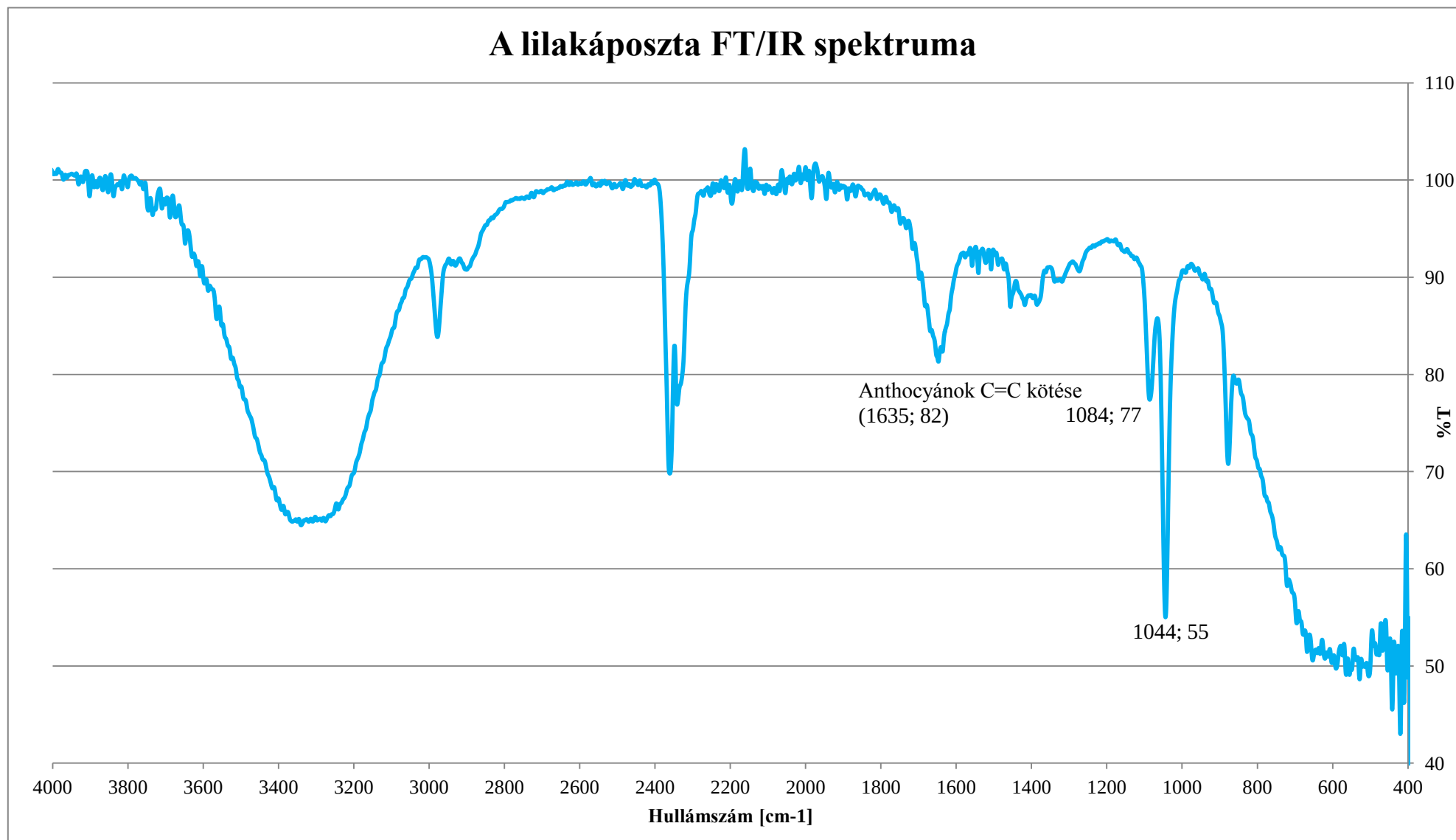
Az előtanulmányok alapján a szakirodalmak és internetes oldalak leírásai a legnagyobb antocián tartalomra a ribizli, a padlizsán és a vörösbor esetében utaltak. A várakozásoknak megfelelően a legjobb eredményeket ezek produkálták.

Érdekes módon a legtöbbször hasonlóan piros vagy lila színű antocián kivonat, a kész, megszáritott papíron a sötétlilától, a barna árnyalatain át egészen a szürkésfehérig sokfajta végleges színt produkált (14. ábra, bal oldali kép).

Összességében kijelenthetjük, hogy a kész papírokkal képesek vagyunk a Nap fényerejével áramot előállítani, ezt még szabályozni kell, mert eléggé tág határok között változnak a mért értékek.

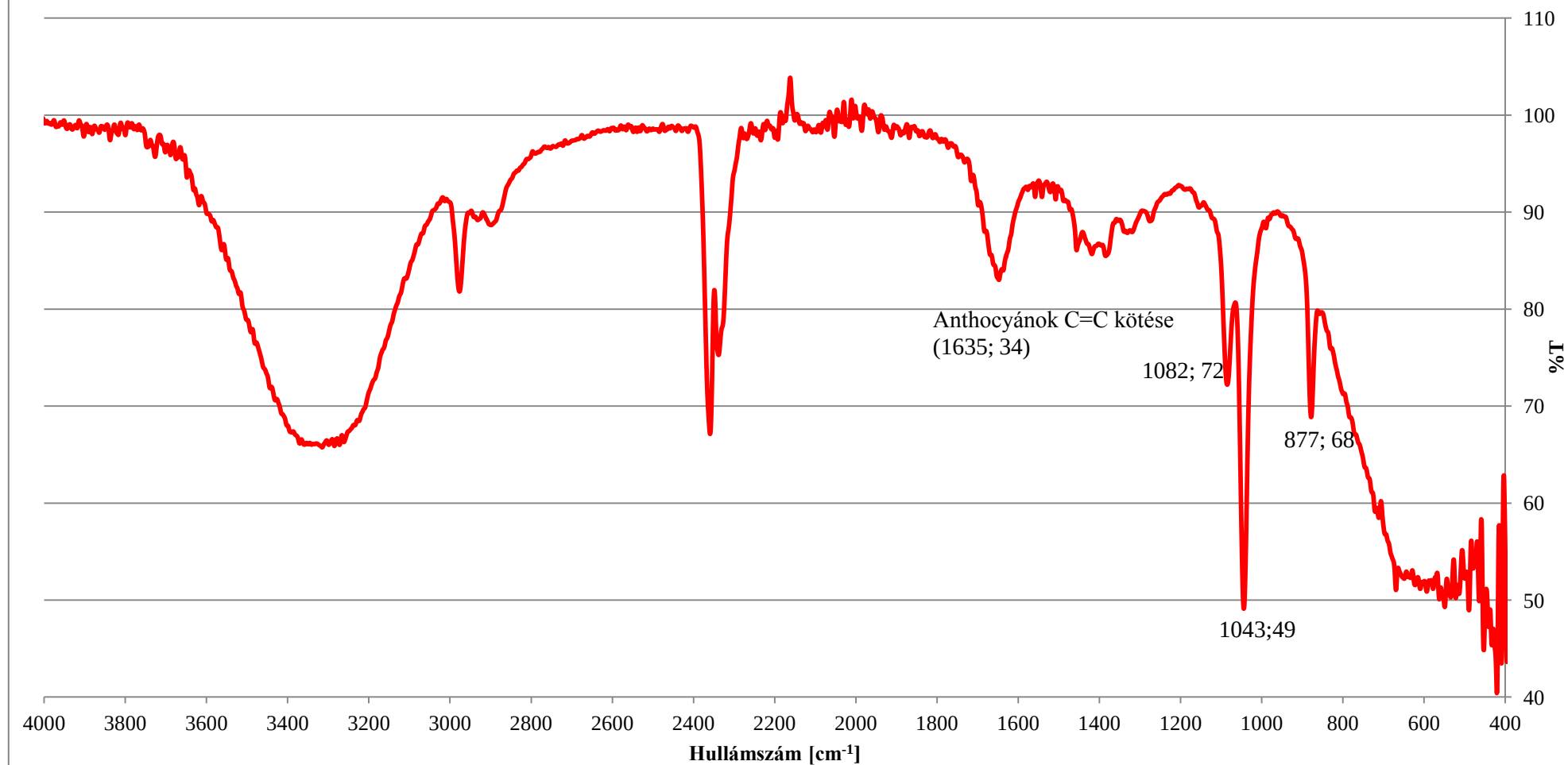


17. ábra: A főtt cékla FT/IR spektruma

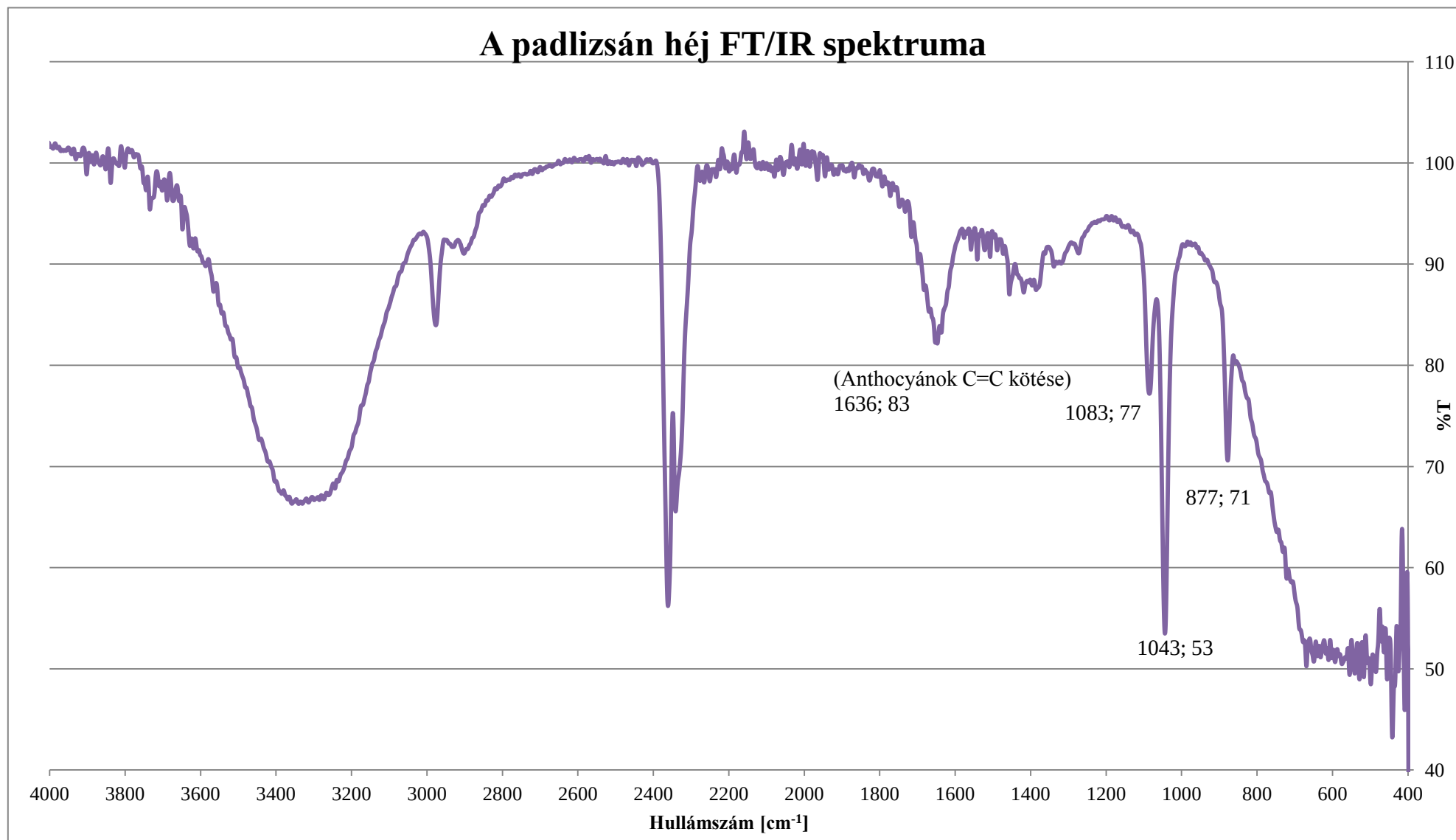


18. ábra: A lilakáposzta FT/IR spektruma

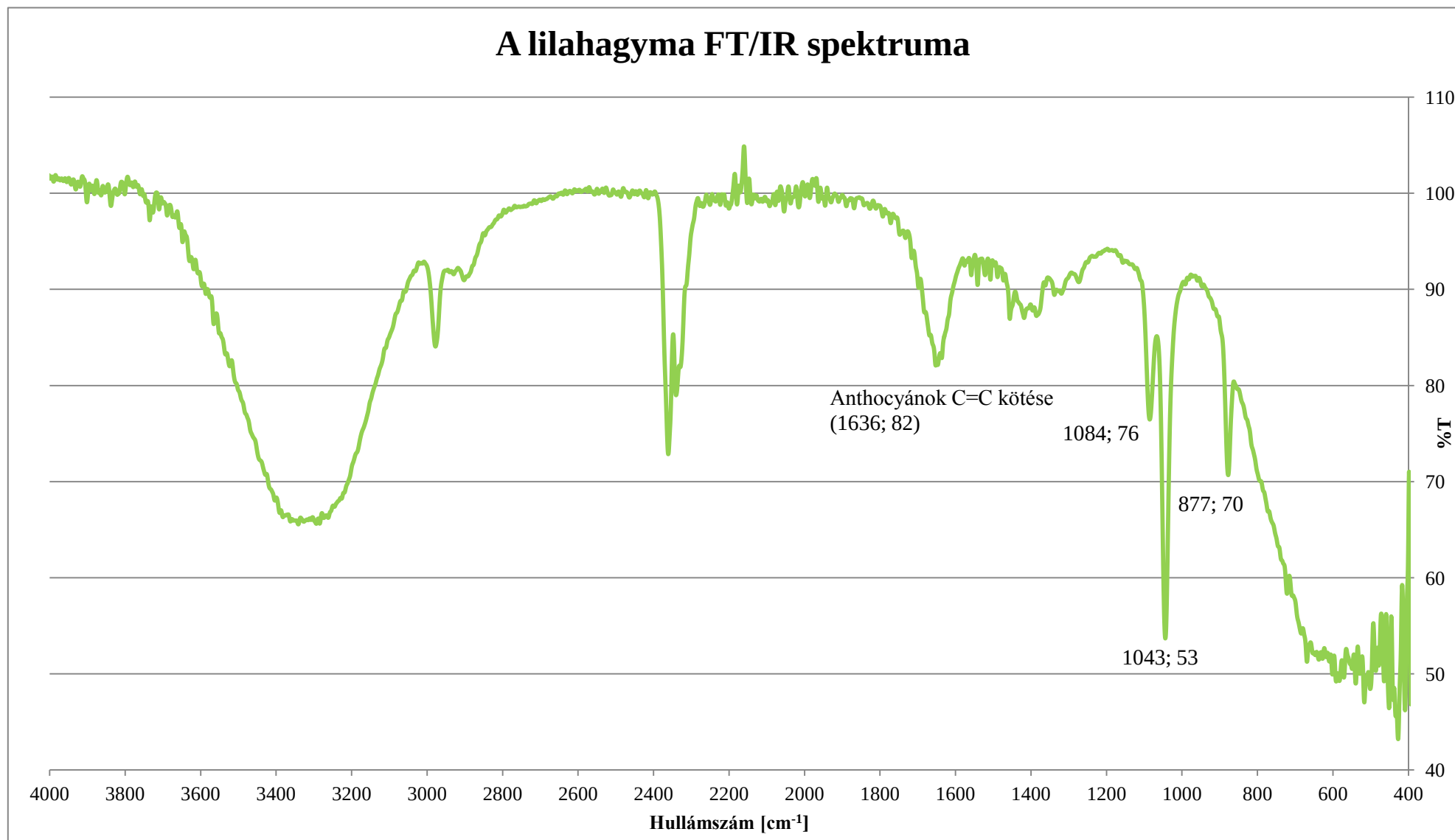
A szőlő héj FT/IR spektruma



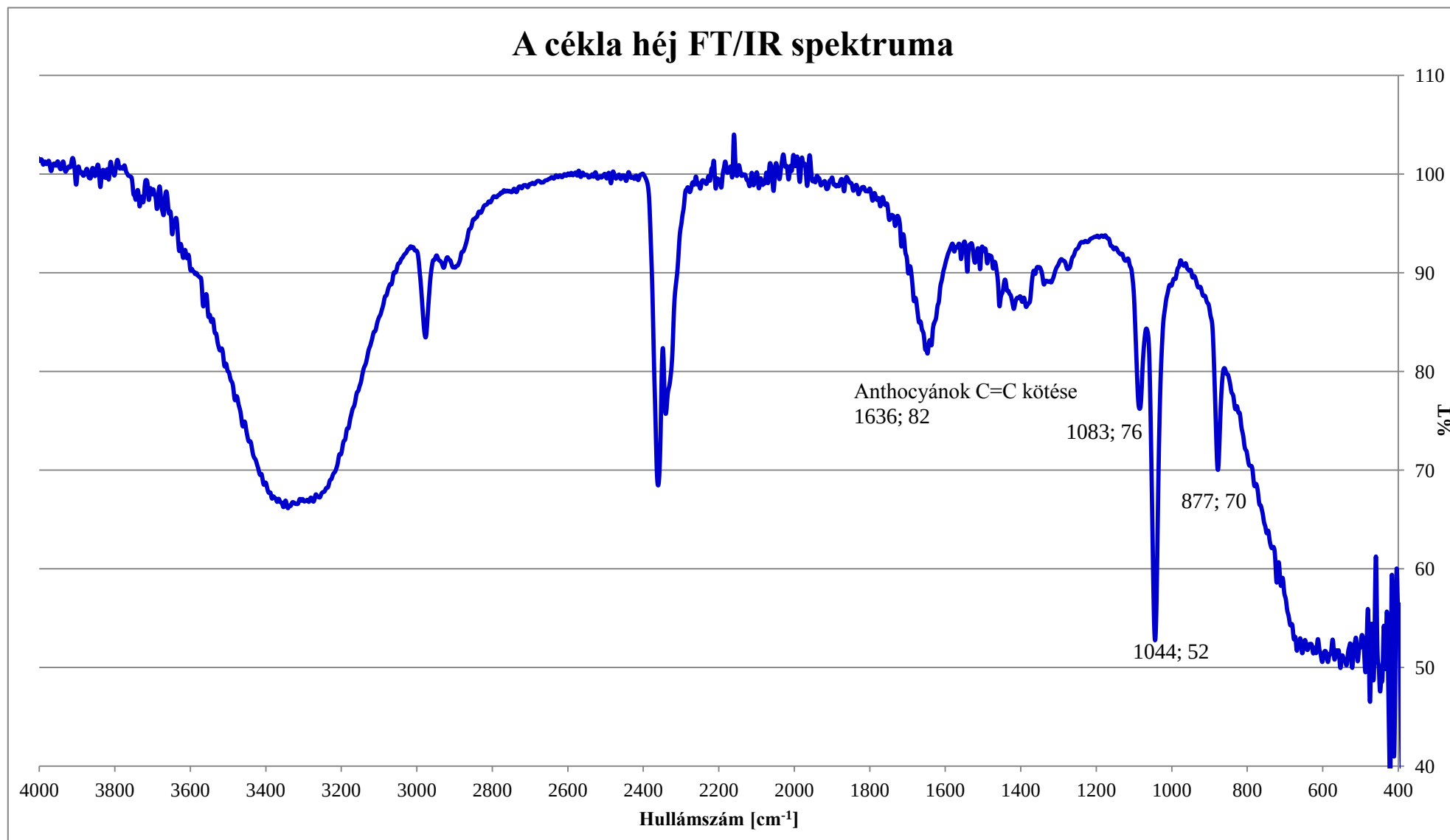
19. ábra: A szőlő héj FT/IR spektruma



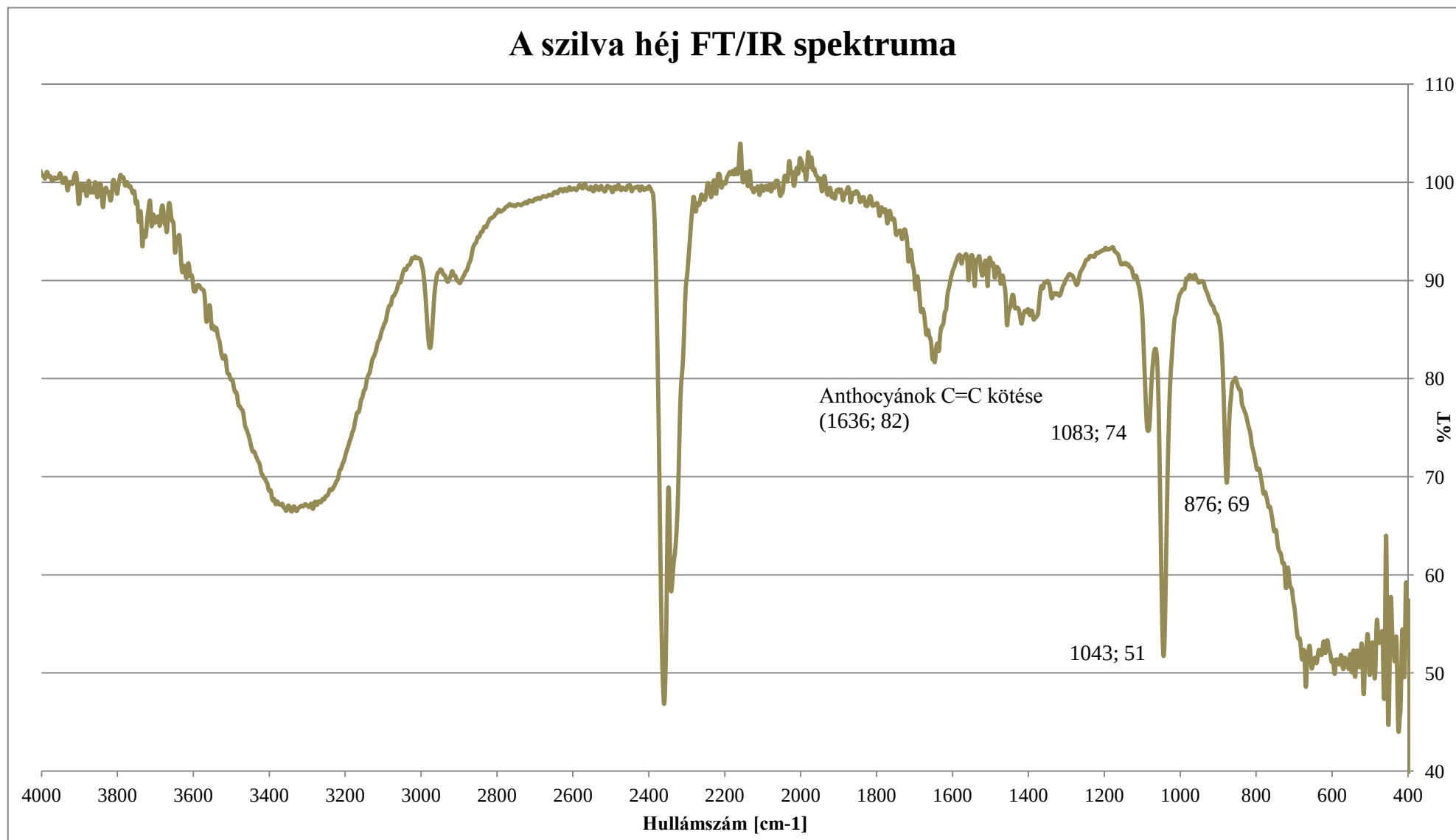
20. ábra: A padlizsán héj FT/IR spektruma



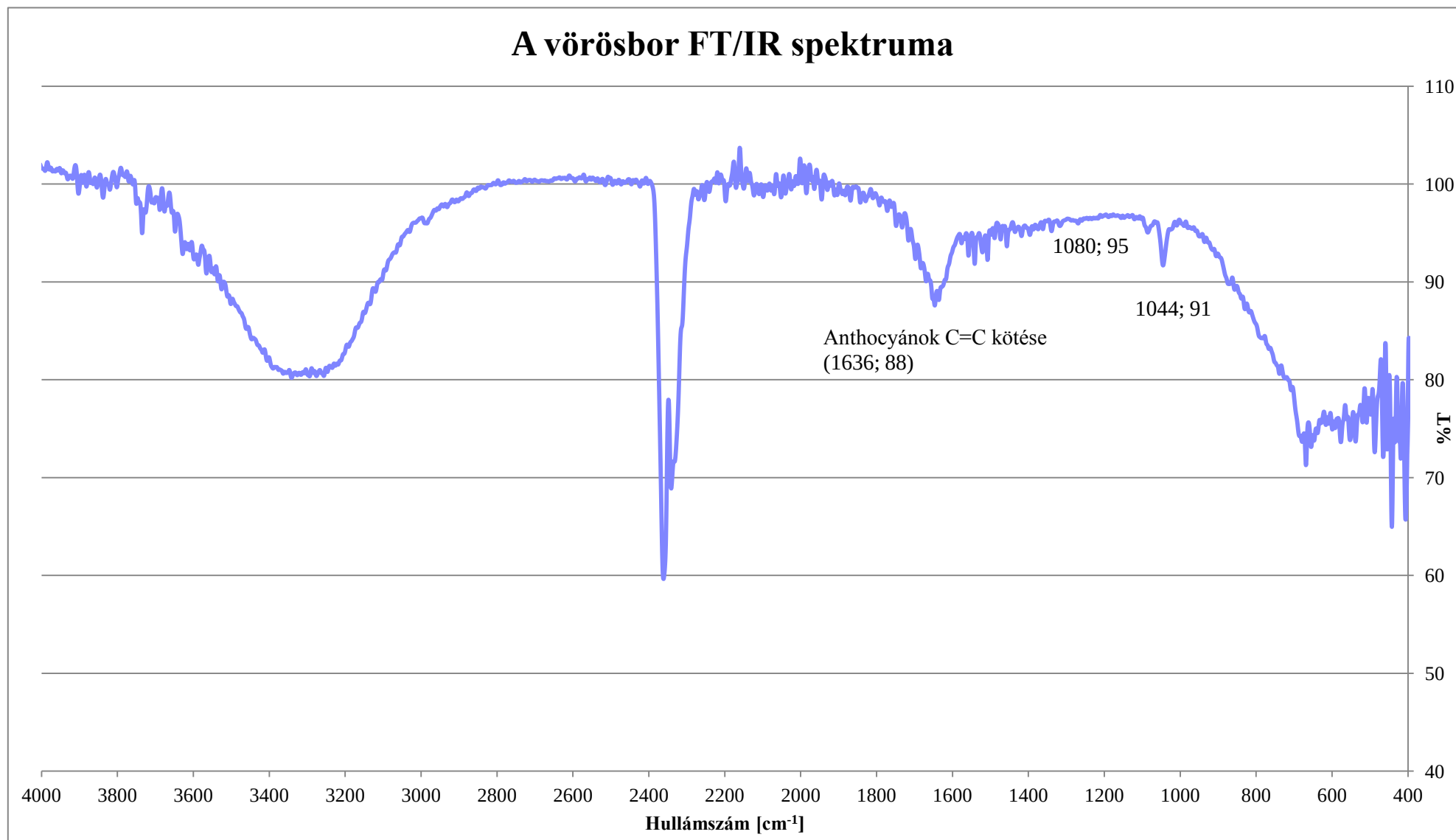
21. ábra: A lilahagyma FT/IR spektruma



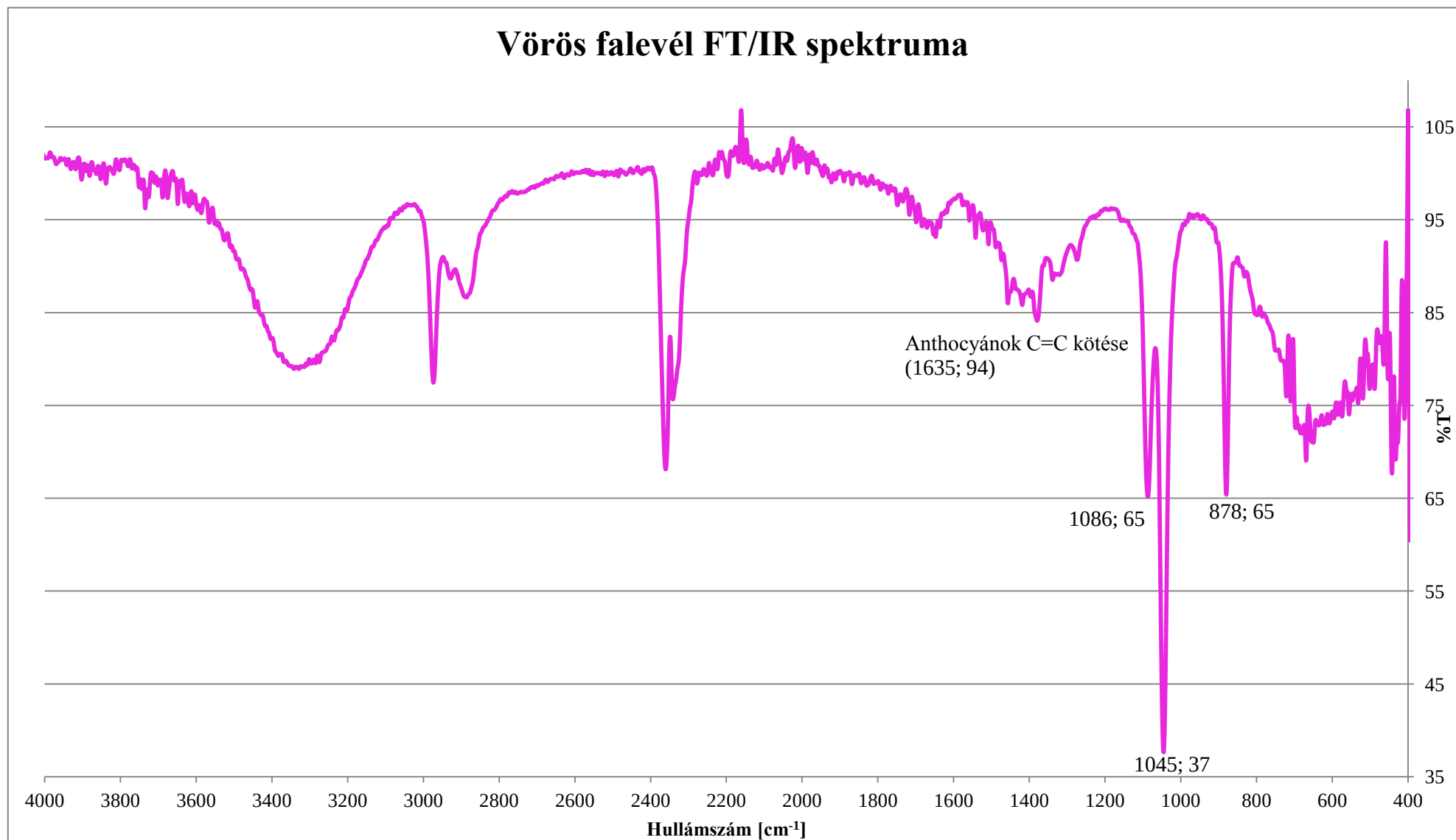
22. ábra: A cékla héj FT/IR spektruma



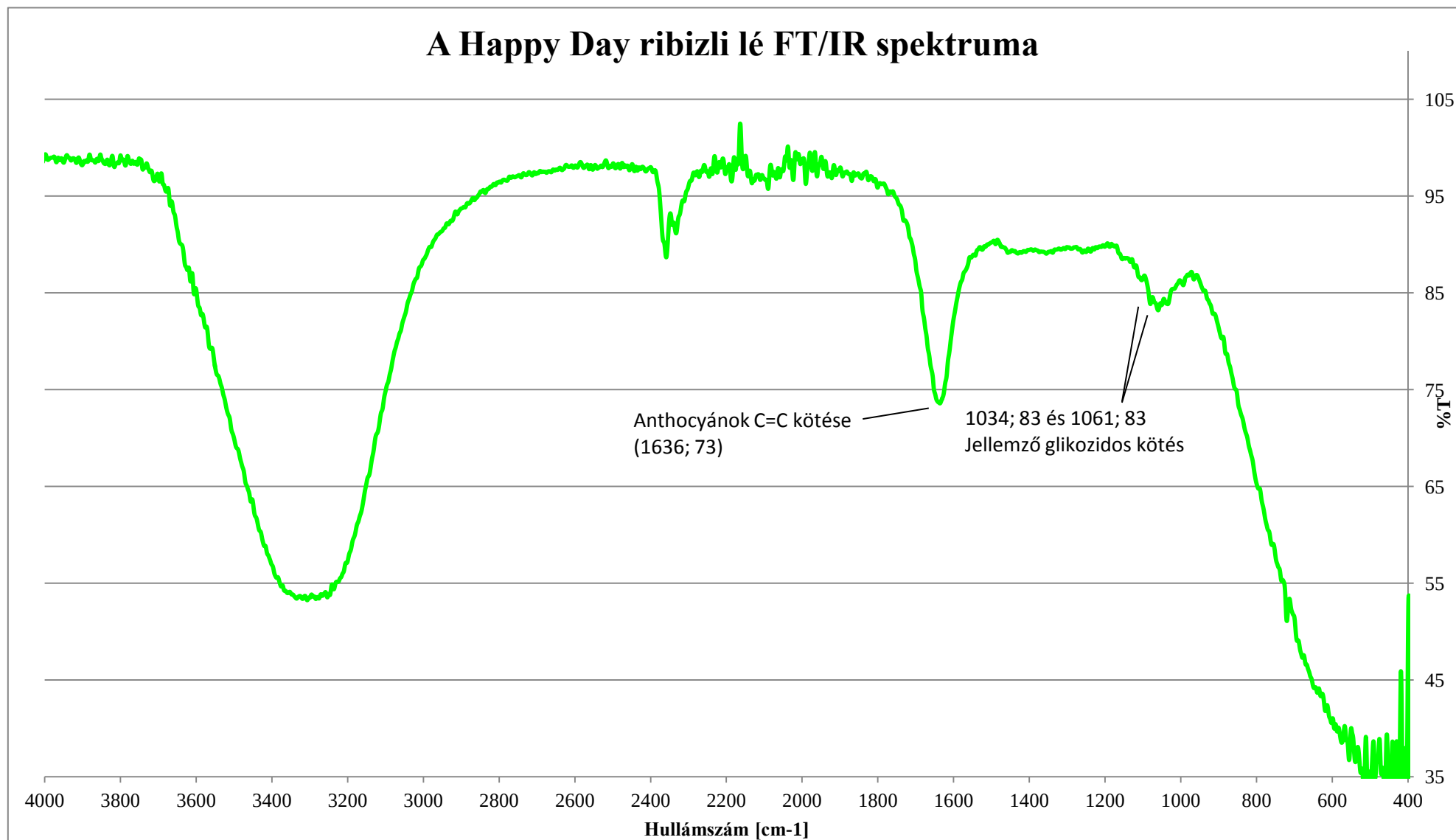
23. ábra: A szilva héj FT/IR spektruma



24. ábra: A vörös bor FT/IR spektruma



25. ábra: A vörös falevél FT/IR spektruma



26. ábra: A Happy Day ribizli lé FT/IR spektruma

7. További kutatási lehetőségek a témában:

A szerves napelem technológia, egy még nagyon gyerekcipőben járó szegmense a napelem gyártó iparnak. A maga jelenlegi 10%-os hatásfokával nem marad le nagyon, a ma forgalmazott tetőkre szánt napelemek teljesítményétől. Legnagyobb problémája az, hogy a Nap UV sugárzása rövid idő alatt tönkreteszi a napelemet.

- Módszerek kidolgozása a cellák élettartamának, UV állóságának megnövelésére a jelenlegi hatásfok megtartása, esetleg növelése mellett.
- Különböző anyagok felhasználásakor meg kellene ismerni az adott anyagok elérése mennyi időt vesz igénybe adott felületnél?

Ha találunk az eddigieknél nagyobb mennyiségű antociánt tartalmazó anyagot, abból új lap képzése és új kísérletek végzése elektromos tulajdonságok vizsgálatára.

Esetlegesen lehetne több réteg antocián felvitelénél megmérni újra az elektromos tulajdonságokat.

8. Köszönetnyilvánítás

Végezetül köszönetet mondunk Dr. Csóka Levente docens úrnak dolgozatunk elkészítésénél nyújtott segítségért.

Sopron, 2012.11.12.

Major Balázs

1. éves Faipari Mérnök hallgató

Rózsa Csilla

1. éves Ipari Terméktervező hallgató

9. Irodalomjegyzék:

- SUN, SAM-S. – SERDAR SRICIFTIC, N. et al. (2005): Organic Photovoltaics Mechanisms, Materials and Devices; Taylor & Francis Group, LLC; 6000 Broken Sound Pkwy NW, Boca Raton, FL 33499-2742; ISBN-13: 978-0-8247-5963-6 (Hardcover)

10. Melléklet:

1. melléklet: A bemért anyagok szárazanyagtartalma, és az adott anyagból készült papír elektromos tulajdonságai

Minta:	Mérőedény tömege [g]:	Teljes tömeg [g]:	Száraz tömeg [g]:	Bemért anyag nedves tömege [g]:	Bemért anyag száraz tömege [g]:	Mért áramerősség [μA]:	Mért feszültség [V]:	Szárazanyag tartalom [%]:	Szárazanyag tartalom [g/g]:
1. Szőlő héja	15,7681	16,2676	15,8197	0,4995	0,0516	7,1	0,508	10,33	0,1033
2. Lilakáposzta	14,7846	16,0840	14,8216	1,2994	0,0370	3,0	0,460	2,85	0,0285
3. Főtt cékla	41,6478	43,5770	41,7498	1,9292	0,1020	3,8	0,513	5,29	0,0529
4. Padlizsán héja	30,7536	32,9056	30,7809	2,1520	0,0273	3,0	1,220	1,27	0,0127
5. Lilahagyma	41,7212	45,9110	41,8846	4,1898	0,1634	4,5	0,780	3,90	0,0390
6. Cékla héja	39,3534	41,4675	39,4448	2,1141	0,0914	10,7	1,010	4,32	0,0432
7. Szilva héja	39,7252	42,0650	39,8899	2,3398	0,1647	10,3	1,040	7,04	0,0704
8. Vörösbör	39,2345	43,5263	39,3429	4,2918	0,1084	15,0	1,000	2,53	0,0253
9. Vörös falevél	40,5268	44,0892	40,5749	3,5624	0,0481	11,1	0,540	1,35	0,0135
10. Ribizli	57,2246	64,1846	58,1011	6,9600	0,8765	5,6	0,715	12,59	0,1259
Minimum:						3,0	0,460	1,27	0,0127
Maximum:						15,0	1,220	12,59	0,1259