

SZAKDOLGOZAT

Klagyivik Mária

2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Kertészettudományi Intézet

**Gyógynövényismerő- és felhasználó szakmérnök
szakirányú továbbképzési szak**

**GYÓGYHATÁSÚ FESTŐNÖVÉNYEK ALKALMAZÁSA
A TEXTILIPARBAN**

Belső konzulens: Dr. Pluhár Zsuzsanna
egyetemi tanár

Belső konzulens

intézete/tanszéke: Kertészettudományi Intézet /
Gyógy- és Aromanövények
Tanszék

Külső konzulens:

Készítette: Klagyivik Mária

Budapest

2023

TARTALOMJEGYZÉK

I.	BEVEZETÉS	2
II.	CÉLKITŰZÉS	3
III.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	4
III.1.	Növényi festékek általános bemutatása	5
III.1.1.	Növényi festékek vs. szintetikus festékek	5
III.1.2.	Növényi festékek alkalmazási területei	6
III.1.3.	Növényi textilfestés hagyományos módszere	7
III.2.	Növényi festőanyagok csoportosítása kémiai szerkezetük alapján	9
III.2.1.	Kinonoidok	9
III.2.1.1.	Antrakinonok	9
III.2.1.2.	Naftokinonok	10
III.2.1.3.	Benzokinonok	10
III.2.2.	Flavonoidok	11
III.2.2.1.	Antocianidinek	12
III.2.3.	Tanninok	13
III.2.3.1.	Hidrolizálható tanninok	13
III.2.3.2.	Kondenzált tanninok	13
III.2.4.	Karotinoidok	14
III.2.5.	Indigoidok	16
III.3.	Funkcionális textilek előállítása növényi festéssel	18
III.3.1.	Antimikrobiális hatás	18
III.3.2.	Szagtalanító hatás	21
III.3.3.	UV-védelem	22
III.3.4.	Rovarriasztó hatás	23
III.4.	Néhány fontosabb festőnövénnyel kapcsolatos kutatás összefoglalása	24
III.4.1.	Rubia tinctorum – festő buzér (antrakinonok)	24
III.4.2.	Juglans regia – közönséges dió (naftokinonok)	25
III.4.3.	Cota tinctoria – festő pipitér (flavonoidok)	27
III.4.4.	Quercus spp. - tölgyfajok (tanninok)	28
III.4.5.	Isatis tinctoria – festő csülleng (indigoidok)	30
III.5.	További kutatások a növényi festés alkalmazásával kapcsolatban – környezetvédelem, egészségvédelem, fenntarthatóság	32
III.5.1.	Fémsó-pácok kiváltása	33
III.5.2.	Élelmiszeripari hulladékok felhasználása	34
IV.	KÖVETKEZTETÉSEK	35
V.	ÖSSZEFOGLALÁS	37
VI.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	39
VII.	IRODALOMJEGYZÉK	40
VIII.	ÁBRAJEGYZÉK	48
IX.	TÁBLÁZATJEGYZÉK	50
X.	MELLÉKLETEK	51

I. BEVEZETÉS

A növényi textilfestés több évszázados elfeledettség után újra reneszánszát éli. Manapság elsősorban a kézművesipar termékei között találkozhatunk növényi festett ruházattal, lakástextilekkel, egyéb szövetekkel, fonalakkal, illetve workshopokon vagy könyvekből is megismerkedhetünk a növényi festés világával, ha új hobbit keresünk magunknak, noha ezek többnyire csak felszínes tudást közvetítenek és azt sugallják, hogy a „természetes jobb”. Szakdolgozatom témaválasztása részben ebből adódik, szerettem volna ugyanis mélyebb betekintést nyerni a festőnövények hatásmechanizmusába, az ok-okozati összefüggésekbe, a festés kémiai hátterébe és mindenekelőtt abba, miért „jobb” a természetes, mi az a többlet, amit egy növényi festett textiltermék adhat számunkra a szintetikus festett textiltermékekkel szemben.

Szakirodalmi kutatásaim során derült számomra fény arra, hogy noha ma még elsősorban a kézművesipar használja a festőnövényeket, ám komoly kutatások folynak a világ minden táján azok nagyipari felhasználásával kapcsolatban is. Ezek a kutatások ugyanazokat az általam is megfogalmazott kérdéseket feszegetik, a hatásmechanizmus ismerete a megfelelő minőség (pl. színtartósság) kialakítása miatt jelentős, a növényi festékek által nyújtott „többlet” megismerése pedig a különböző funkcionális textilek gyártása esetén adhat új lehetőségeket elsősorban az antimikrobiális anyagok és az UV-védelem terén.

A textiliparban ma használt festékek legtöbbje egyrészt környezetterhelő hatása, másrészt potenciális rákkeltő összetevői miatt nem fenntartható. A természetes – növényi, állati, ásványi eredetű, illetve gombákból, mikroorganizmusokból előállított – festékek alternatívát kínálhatnak, mivel használatuk általában biztonságosabb, megújuló és könnyebben elérhető. A természetes festékek használatával csökkenthető a vízfelhasználás és a vízszennyezés is, a pozitív környezetvédelmi hatások pedig hosszabb távon visszahatnak a humán egészségre is.

A természetes festékek használata élelmiszerekben, gyógyszeriparban és a kozmetikaiparban már megjelent, elsősorban azonban csak mint egészségre ártalmatlan színezőanyag. A textiliparban való tömeges elterjedéséhez még számos kutatásra van szükség, több tudományterület eredményeinek szintetizálására. A gyógyhatású festőnövények témája egyaránt tartozik a kertészet, agrárium, botanika, gyógyszerészet, biokémia, mikro- és molekuláris biológia, orvostan, valamint a vegyészet, vegyészmérnök, textilmérnök vagy akár a környezetmérnök kutatási területébe.

A természetes festék mint új alternatíva megjelenése a textiliparban tehát fenntarthatósági és környezetvédelmi szempontból, valamint közvetlen egészségvédelmi szempontból is jelentős. A szakdolgozat e témát járja körbe, a természetes festékeken belül a növényi festékek csoportjára koncentrálva és betekintést nyújtva a festőnövények és textilek kapcsolatába.

II. CÉLKITŰZÉS

Jelen szakdolgozat célja, hogy bemutassa a kifejezetten textileken alkalmazott festőnövények gyógyhatásait és ennek eredményeként azok alkalmazási lehetőségeit. Egyrészt tehát a növényekben lévő festőanyagok, illetve a növényi kivonatok hatásával kapcsolatos kutatási eredményeket állítja a középpontba, másrészt pedig a festékek és textíliák közötti kapcsolat kialakítását és a festék textilen kifejtett hatását elemzi.

Mivel ma már világszerte megszámlálhatatlan mennyiségű kutatás született több szakterületről is e témához kapcsolódóan, ezért lehetetlen lenne teljeskörű bemutatást adni ezekről. A szakdolgozat ezért a főbb festőanyagcsoportok általános bemutatása mellett, azokhoz kapcsolódóan egy-egy olyan festőnövényt tárgyal részletesebben, amelyek a hazai növényi festő hagyományban is elterjedtek voltak korábban. Így ezek által – ha csak minimálisan is, de – betekintést nyerhetünk a növény belső felépítése és a festési módszerek, textilek közötti komplex és érzékeny kapcsolatba, az ezekben lévő hatóanyagok hatásmechanizmusába. A szakdolgozat céljai között szerepel továbbá a funkcionális textilek azon csoportjainak bemutatása, amelyekben a növényi festés is helyet kaphat a jövőben.

III. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Jelen szakdolgozat leíró jellegű munka, alapvetően a témával kapcsolatos szakirodalmi áttekintésre épül, már meglévő kutatások eredményein alapul, szisztematikusan bemutatva azokat. A felhasznált szakirodalom rendkívül sokrétű, az általános összefoglalókon át az egyes növényeket, vegyületeket vagy gyógyhatást vizsgáló publikációkig számos szakterület képviselői kutatták a témát.

Noha a témában már világszerte készülnek kisebb-nagyobb kutatások, a jelenleg elérhető szakirodalomból mégis az tűnik ki, hogy a legtöbb kutatási publikáció ázsiai országok (pl. Kína, India) kutatóitól kerül ki. Ez nem meglepő, tekintve, hogy jelenleg ezek az országok a világ legnagyobb textilexportőrei (és talán a növényi festés és a gyógynövényhasználat hagyománya is erősebb volt ezeken a vidékeken), viszont azt eredményezi, hogy a kutatások nagyon nagy százaléka olyan növényekkel kapcsolatos, amelyek Magyarországon nem őshonosak, illetve az eltérő éghajlati körülmények miatt nem is lennének termesztethők. Mindezek mellett természetesen európai kutatások is elérhetők (a hazai kutatások minimálisak), illetve több kozmopolita növény is szerepel a kutatásokban, de a publikációk arányából adódóan a szakdolgozat sokszor hoz fel itthon kevésbé ismert növénytípusokat.

A felhasznált szakirodalom egy része a szakdolgozathoz hasonlóan összefoglaló publikáció, többek között Che és Yang (2022), Pargai et al. (2020) és Uddin et al. (2022) munkái. Ezek egyaránt ismertetnek vegyületeket, funkcionális hatásokat és jövőbeli festési módszereket, számos növényi példát említve. Olyan összefoglaló munkák is felhasználásra kerültek, amelyek elsősorban nem a festőnövényekre, hanem kifejezetten a funkcionális textilekre fókuszálnak. Ilyen pl. Shakyawar et al. (2015) kutatása a rovarriasztó textilekről és Gupta et al. (2004) antimikrobiális textilekről szóló összefoglalása. A kifejezetten festésre fókuszáló számtalan tudományos igényű vagy inkább hobbi-könyvként megjelenő kiadvány közül az itthon legáltalánosabbnak számító könyvek (Kemendi 1989, Kemendi 2014) és egy világszerte ismert és elismert összefoglaló munka (Dean 2018) került felhasználásra, amelyek a rövid szakmai háttér mellett inkább a festés gyakorlati oldalára helyezik a hangsúlyt.

A konkrét kutatási projekteket bemutató munkák is több csoportra oszthatók. Egyes publikációk adott növényre fókuszálva mutatják be azok fitokémiai (pl. Beiki et al. 2018, Speranza et al. 2020) vagy festési tulajdonságait (pl. Wilemen et al. 2018). Számos publikáció foglalkozik festék-/hatóanyagokkal vagy festék-/hatóanyagcsoportokkal, bemutatva azok gyógyhatását vagy festési tulajdonságait. Ilyenek többek között Blackburn et al. (2023), Majdi et al. (2023), Chen et al. (2016), Do et al. (2023) vagy McNab et al. (2009) tanulmányai. Mindkét szempontú vizsgálat és fejlesztési kísérlet rendkívül fontos, hiszen a növények gyógyhatását és festékanyagait érvényesíteni is kell tudni a textileken, amely nem mindig egyszerű feladat.

A növényi festés ökológiai, környezetvédelmi, fenntarthatósági hatásait vizsgálva egyrészt a különböző festési technológiák fejlesztésével (pl. Lohtander et al. 2020, Singh et al. 2021), másrészt a növényi hulladék újrahasznosításával (pl. Phan et al. 2021, Sukemi et al. 2023) foglalkozó publikációkat használtam fel.

Jelen szakdolgozatban terjedelmi keretek miatt nem kerül mélyebb kidolgozásra a növényi festéssel szembeni kételyek, esetleges problémák bővebb bemutatása, mégis érdemes megemlíteni az esetleges

árnyoldalakat is. Ehhez kiváló gondolatébresztő kérdéseket vet fel de Farias et al. (2023) tanulmánya, amely arra hívja fel a figyelmet, hogy egyes növényi festékanyagok is lehetnek toxikusak a környezet számára, ezeket azonban jóval ritkábban vizsgálják ma még, mint jótékony hatásaikat.

A gyógyhatású festőnövények textilipari alkalmazásának ismertetéséhez öt nagyobb fejezetet állítottam össze. Az általános bemutatás mellett a festőanyagok csoportosítása, azok textileken kifejtett hatása, néhány fontosabb festőnövény bővebb ismertetése és végül a témához kapcsolódó egyéb, környezetvédelmi szempontú kutatások ismertetése a szakdolgozat főbb irányai.

III.1. Növényi festékek általános bemutatása

A természetes festékek használata nagyjából egyidős az emberiséggel, a legkorábbi színjelek a 30000 évvel ezelőtti Ardeche-völgyi őskőkori barlangból származnak. A kezdetben ásványi anyagokból, földből képzett festékek mellett a neolitikumban, a letelepedéssel és gazdálkodással egy időben kerültek használatba a különböző növényi festékek és ekkor jelent meg a szövetek, bőrök festése is. A festékanyagok körének bővülésével, az egyre bonyolultabb festőeljárások kidolgozásával az ókorra már külön mesterséggé vált a szövetfestés a nagyobb városokban, mindemellett azonban a hagyományos gazdálkodó-önellátó életformát folytató emberek körében évszázadokon át fennmaradt a tudás (Kemendi 2014).

A növényi festést a 19. században váltotta fel a szintetikus festékek alkalmazása. 1856-ban William Henry Perkin véletlen felfedezése hozta létre az ún. mauveint („bíborszínű mályva”, élénklila) színt. Ezzel a felfedezéssel született meg a festékvegyipar és kezdték meg a szintetikus festékek tömeges gyártását. Az új technológia ellen már megjelenésének kezdetén, az 1860-as években sokan fellázadtak, és művészeti körökben – például az Arts and Crafts mozgalom vagy Magyarországon a Gödöllői Művésztelep alkotói – ragaszkodtak a természetes festőanyagok használatához (Kemendi 2014), jellemez a szintetikus festékek térnyerését ez nem állította meg. A 20. század végén, a globális méretű környezet- és természetvédelmi problémák reakcióiként megjelent öko- és biomozgalmakban a növényi festés ismét előtérbe került, és bár a textiliparban még mindig elsősorban csak a kézművesség szintjén, de mindemellett – ahogy az a későbbiekben bemutatásra kerül – világszerte számos tudományos kutatás is elindult ezekkel kapcsolatban. A növényi festőanyag egy limitált szegmensét azonban az élelmiszeriparban és a kozmetikaiparban már használják színezőanyagként.

III.1.1. Növényi festékek vs. szintetikus festékek

A 19. század közepétől megjelenő szintetikus festékek, amelyek ma is használatosak a textiliparban, számos olyan tulajdonsággal rendelkeznek, amelyeket a növényi festékek nem, vagy csak kisebb mértékben tudnak felmutatni. A szintetikus festékek olcsón előállíthatók és nagyipari körülmények között is alkalmazhatók. A különböző textíliákon alkalmazott szintetikus festékek nagy előnye a növényi festékekkel szemben, hogy jobban kötődnek az anyaghoz, ezáltal mosással, fénnel és dörzsöléssel szembeni színtartósságuk nagyobb.

A növényi festékek előállítása lassabb és költségesebb folyamat, hiszen a növények termesztésétől kezdve a festőanyag kivonásáig tart, ezáltal munkaerőigényesebb is. A növényi festékeknek továbbá csak egy kis része képes közvetlenül a textíliákhoz kötődni, ezért általában szükség van egy áthidaló megoldásra: a textil felületének kémiai vagy fizikai megváltoztatására, vagy egy olyan komponens bevonására, amely hidat képez a textíliafelület és a festékanyag között, ezek az ún. páccok (csávák – angolul mordant), amelyek pre-, meta- vagy poszt-mordánsként is megjelenhetnek. Még ezekkel is nehéz sokszor olyan mértékű színtartósságot elérni, amire a szintetikus festékek képesek.

A két festéktípus színiskálája is különböző, a szintetikus festékek élénkebb és hidegebb árnyalatokat is elérhetnek velük, a növényi festékek ugyanakkor szinte mindig melegebb árnyalatúak, lágyabb megjelenésűek, nyugtatóak a szemnek. Jelenleg a növényi festékek standardizálása sem megoldott még, csak néhány festékanyag esetén sikerült állandó színeket létrehozni (Hossain 2020). Ennek legfőbb oka a növényekben lévő számos színes és színtelen vegyület együttes jelenléte és változó aránya.

Ugyanakkor a szintetikus festékek 40%-a bizonyítottan tartalmaz karcinogén anyagokat, tehát káros az egészségre, továbbá felhalmozódhat a folyóvizekben, és toxikus anyagokat kibocsátva veszélyessé válhat az élővilágra (Srivastava és Singh 2019). A növényi festékek könnyebben elbomlanak (bár némelyik csak hosszabb idő alatt) és akár gyógyhatást is kifejthetnek. Noha a legtöbb növényi festékre valószínűleg igaz, tudományos alátámasztás nélkül azt mégsem mondhatjuk ki rájuk általánosságban, hogy nem toxikusak (habár számos tanulmány mégis megteszi), bizonyos antrakinonok toxikus hatására ugyanis például már vannak kutatási eredmények is (de Farias et al. 2023). Ennek ellenére környezetvédelmi és fenntarthatósági szempontból biztosan jobb választás a növényi festékek használata.

Ahhoz, hogy a növényi festésű termékek elterjedhessenek, a fogyasztók érdekeivel való összhang megteremtése is fontos feladat, önmagában a környezetvédelmi célok hangsúlyozása nem elég. Szükség lehet arra, hogy a szintetikus festékekéhez hasonló színiskála elérhető legyen, változatos megjelenésűek legyenek, jó színtartóssággal rendelkezzenek, ugyanakkor mégis megfizethető árúak maradjanak (Mabuza et al. 2023). A kutatások és a technológiai fejlesztések ezért részben ezekre a fogyasztói igényekre összpontosítanak a fenntarthatósági irányok mellett. Ugyanakkor a fogyasztók érzékenyítése is fontos feladat, hogy az igényeket és az elérhető eredményeket közelebb lehessen hozni egymáshoz, ez azonban nem tárgya e dolgozatnak.

III.1.2. Növényi festékek alkalmazási területei

A növényi festékek alkalmazása évszázadok óta elterjedt módszer a különféle szakterületeken. Textilfestésre, ahogy fentebb említettem, már a neolitikumtól kezdve használták. Testfestésre, testdíszítésre (vagy éppen elrettentés céljából) is számos növényi festéket használtak már az ősi törzsek.

Újkori elterjedésében több funkciója is szerepet játszott. Esztétikai szerepe van az élelmiszeripari adalékanyagként alkalmazott természetes és természetes eredetű ételszínezékeknek (pl. E160 – karotin, E163 – antocián, E140 – klorofill), valamint a kozmetikaiparban, elsősorban a sminkben felhasznált természetes pigmenteknek (pl. natúrkozmetikumként készített rúzsok, púdere, hajfestékek esetén). Papírgyártásban és a

faiparban is lehet szerepük, utóbbi esetén a fák színét mélyítő diópác a mai napig alkalmazott eljárás. Mindemellett a gyógyszergyártásban is megjelenhetnek természetes színezékek, amelyeknek részben szintén lehet esztétikai szerepe.

Orvosi, orvosbiológiai alkalmazásban elsősorban a különböző mikroszkopikus eljárások során használt megfestéseknél alkalmaznak még ma is olykor növényi eredetű festékanyagokat. Vélhetően az első növény, amelyet a színezés nélkül láthatatlan humán szövetekre alkalmaztak, a sáfrány volt. Festőanyagát 1714-ben alkalmazták először izomrostok kimutatására (Kiernan 2006).

A gyógyszer- és kozmetikaiparban a festőnövényeknek természetesen számos olyan felhasználása van, amelyben a növénynek nem festő-, hanem gyógyhatását használják ki. Ezek azonban jelen szakdolgozat témáján kívül esnek, gyógyhatás szempontjából csak azon irányok kerülnek bemutatásra, amelyek egyúttal a növények festőhatását is kihasználják. Ilyen például a funkcionális textilek kérdése, amely részletesen a III.3. fejezetben kerül kifejtésre. A textilipar és azon belül a gyógyhatású textilek gyártása jelenleg még gyerekcipőben jár a növényi festékek alkalmazási körében. A számos kutatás-fejlesztési kezdeményezés, a napról napra sokasodó részeredmények azonban remélhetőleg a közeljövőben megalapozzák egy egészségesebb, környezetbarát textilipari ágazat létrejöttét.

III.1.3. Növényi textilfestés hagyományos módszere

A hagyományos, önellátó gazdálkodásokban élő emberek természetesen a szövetet, és az annak alapjául szolgáló fonalat is maguknak állították elő, ezért a festés sem korlátozódott csupán a kész textíliára; fonalat, cernát, gyapjúsöszöt is festettek és festenek ma is. A szakdolgozatban használt „textilfestés” fogalom alatt az egyszerűség kedvéért ezek összességének festését értem, a gyapjúsösz és a gyapjúból szőtt szövet között festés szempontjából ugyanis nincs különbség, ugyanolyan kémiai tulajdonságaik vannak. A „festés” pedig valójában színezés, a festékanyagok ugyanis nemcsak a felületen rögzülnek, hanem a szálak teljes keresztmetszetében, mégis a festés maradt az elterjedt szóhasználat, így jelen szakdolgozatban is ezt használom.

Ellentétben sok ázsiai országgal, Magyarországon szinte teljesen kiveszett a növényi textilfestés ismerete a köznapi életből, csak néhány idős embernek, a székely festékes szőttes hírének és néprajzkutatók munkáinak köszönhető, hogy nem merült végleg feledésbe és remélhetőleg újjá tud születni. A növényi festés során felhasznált növények, növényi részek a gyógynövényekhez hasonlóan lehetnek gyűjtöttek vagy termesztettek, illetve a festőanyagok növénybeli elhelyezkedésétől függően a gyökér, szár, levél, virág, termés, mag, kéreg vagy akár a teljes növény is felhasználásra kerülhet a festés során. A növények felhasználhatók frissen vagy szárítva is, bár színeltérés előfordulhat a két módszer között. A festőnövények zöme gyakorlatilag gyógynövény is egyben, festékanyagaik tulajdonképpen gyógyászatban egyaránt használt hatóanyagok. A hazánkban leggyakrabban használt festőnövények listáját a X. *Mellékletek* fejezet tartalmazza.

A legáltalánosabb hagyományos festési módszer: a festőnövényekből áztatással, többnyire meleg/forró vízben kivonjuk a festékanyagokat, majd ebbe a festőlébe kerül az előzetesen pácolt szövet, illetve fonal. A növények, majd a festőlében a textil áztatásának hossza, hőmérséklete az adott növénytől és az elérni kívánt

színtől, színmélységtől, színárnyalattól is függ. A növényi alapú szálak forralhatók is, a fehérje alapú szálaknál viszont 80-85 °C a maximális hőmérséklet. Emellett ismert eljárás még a növények és textil együttes vízben áztatása lezárt üvegedényben, több hétig napon érlelve. Az így kinyert színek általában tisztábbak, fényesebbek, mert az eljárás során nem keletkeznek oxidáció miatti színváltozások (Kemendi 2014). Egyes festőnövények esetén a festőlé előállítása, festékanyagok kinyerése is erjesztéssel történik (pl. festő csülleng).

A textilek pácolását a festékanyagok jobb kötődése céljából végzik. A természetes szálak anyagok növényi vagy állati eredetűek lehetnek, amelyeknek különböző összetétele miatt kémiai tulajdonságai is különbözőek. Az állati eredetű szálak (gyapjú, selyem) ismétlődő aminosav-egységekből épülnek fel, az egymáshoz kapcsolódó aminosavakhoz pedig savas és bázisos oldalláncok tartoznak. Ezek a +/- töltéssel rendelkező oldalláncok alkotnak kémiai kötést a festékmolekulák funkció csoportjával (Eser et al. 2016). A kétféle töltés miatt az állati eredetű szálakat gyakorlatilag bármilyen festőanyaggal könnyű festeni (1. ábra). A fémsó pácolatok fokozhatják egyes festőanyagok kötődését, de túlzott alkalmazásuk károsíthatja a fehérje alapú szálak szerkezetét (Kemendi 2014). A növényi, cellulóz alapú szálak (pl. Magyarországon hagyományosan a len és kender, ázsiai országokban a pamut) glükózegységekből épülnek fel, amelyek hidroxilcsoportja (-OH) kapcsolódik a festékmolekulával (Eser et al. 2016), amelyek ebből következően csak + töltésű csoporttal képesek kötést kialakítani. A fémsópácolatok ebben segítenek, a hidroxilcsoporthoz és a festékmolekulához egyaránt kapcsolódva hidat képeznek a két anyag között.

A leggyakrabban használt fémsó a timsó ($KAl(SO_4)_2$), de a vas(II)-szulfátot ($FeSO_4$) és rézgálicot ($CuSO_4$) is sűrűn használják, kifejezetten akkor, ha a színek módosítására is szükség van. A festéshez használt fazék anyagára is ügyelni kell, réz- és vasfazék a pácolatokhoz hasonló színmodosítást eredményezhet. A festőlé pH értéke is befolyásolhatja a végeredményt, a gyengén savas festőlé a fehérjeszálat felduzzasztja, így több növényi festékanyagot tud a szál felvenni, a lúgos közeg (pl. erős mosószer használata) azonban roncsolhatja a fehérje alapú szálakat. A cellulóz alapú szálak esetén fordított a helyzet, lúgok hatására duzzadnak a szálak, a savas közeg azonban törkölheti azokat (Kemendi 2014). A cseranyagok enyhén savas kémhatásukkal kiválthatják a fémsó-pácolatokat, illetve közvetlenül is könnyebben kötődnek a textilekhez, ezért magas cseranyagtartalmú növények esetén nem szükséges pácolni a textileket.



1. ábra: Festő buzér gyökerével, fagyalbogyóval és bűdöskevirággal festett, timsóval pácolt gyapjú és alpaka fonal (saját felvétel)

III.2. Növényi festőanyagok csoportosítása kémiai szerkezetük alapján

A növényekben található festőanyagokat többféleképpen csoportosíthatjuk: színük alapján (pl. sárga, vörös, kék, barna stb. színek), a növényben történő elhelyezkedésük alapján (pl. virág, levél, kéreg, gyökér stb.), a szükséges festési technológia alapján (pl. direkt festék, pác szükséges hozzá, fermentálás szükséges stb.). A festés során lezajló kémiai folyamatok értelmezéséhez, illetve a hatásmechanizmus megértéséhez azonban a legkézenfekvőbb a festőanyagok kémiai szerkezetük alapján történő csoportosítása. A csoportosítást eszerint végeztem, az öt fő anyagosztályon belül kiemelten három anyagosztályban találhatók színes vegyületek: a fenoloidok, terpenoidok és azotoidok osztályában. Az alább felsorolt festő-/hatóanyagcsoportok ezekbe az osztályokba tartoznak.

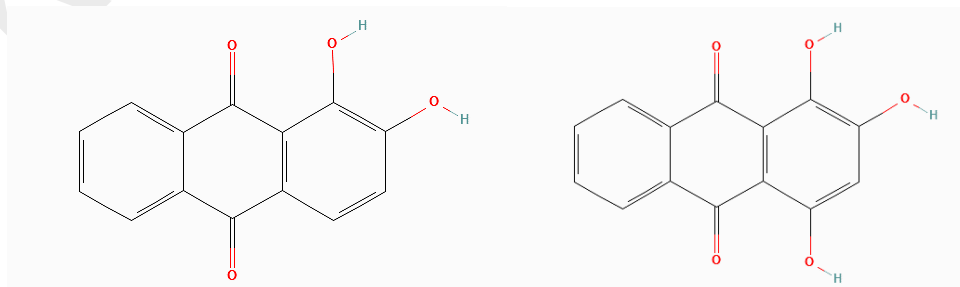
III.2.1. Kinonoidok

A kinonoidok a fenoloidok anyagosztályába tartoznak, három fő csoportra oszthatók: antrakionok, naftokinonok és benzokinonok. Az egyéb fenoloidokra jellemzően ezek a csoportok is számos festőanyagot tartalmaznak.

III.2.1.1. Antrakionok

Az antrakionok rendkívül stabil vegyületek, vízben egyáltalán nem, de szerves oldószerekben is csak mértékkel oldódnak, továbbá nagyon lassan oxidálódnak. A mosással és fénnel szemben is jó színtartósággal rendelkeznek, és e tulajdonságaik kiváló festőanyaggá teszik őket textilfestés esetén is. A sárgától a vörösig sokféle színűek lehetnek, a legtöbb vörös festék ebbe a csoportba tartozik. A 9,10-antracéndion alapszerkezettel rendelkező csoportba tartozik az alizarin ($C_{14}H_8O_4$), ami a festő buzér (*Rubia tinctorum*) festőanyaga, valamint a purpurin ($C_{14}H_8O_5$), amely többek között a *Rubia cordifolia*-ban található meg nagy mennyiségben (2. ábra), de ezek közé tartozik az emodin, morindon és a rubiadin is (Do et al. 2023). A *Rubia sp.* több, mint 35 fajta antrakiont tartalmaz, és hasonlóan sok antrakion található a rebarbarában is (Uddin et al. 2022, Orbán 2008). Antrakionok különböző ízeltlábúakban is találhatóak, ezeket szintén használták festésre (Uddin et al. 2022).

Do et al. (2023) tanulmánya az alizarin számos jótékony tulajdonságát bemutatja, történeti textilekkel bizonyított színtartóssága mellett bizonyítékok vannak antimikrobiális, antioxidáns, UV-elnyelő és rovarriasztó hatásaira is, amelyek alapján kiválóan alkalmazható funkcionális textilek gyártásában is.

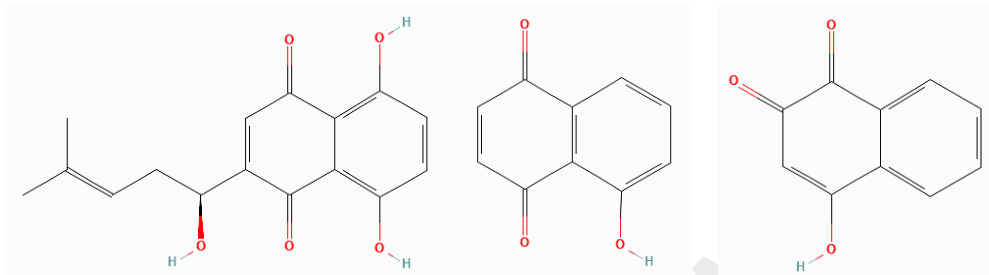


2. ábra: Alizarin és purpurin

(forrás: National Center for Biotechnology Information, National Library of Medicine – NCBI-NLM)

III.2.1.2. Naftokinonok

A naftokinonok színes, zsiírdékony vegyületek, festőanyagnak ezért kiválóan használhatók. Ide tartozik a festőanyagként használt *Alkanna tinctoriában* (homoki báránypirosító) lévő alkannin ($C_{16}H_{16}O_5$), a *Juglans régiában* (közönséges dió) lévő juglon ($C_{10}H_6O_3$), valamint a híres hennafestés növényének (*Lawsonia inermis*) lawson ($C_{10}H_6O_3$) nevű festőanyaga is (3. ábra). Textilfestésben narancs, vörös, vörösesbarna árnyalatokat ad (Uddin et al. 2022).

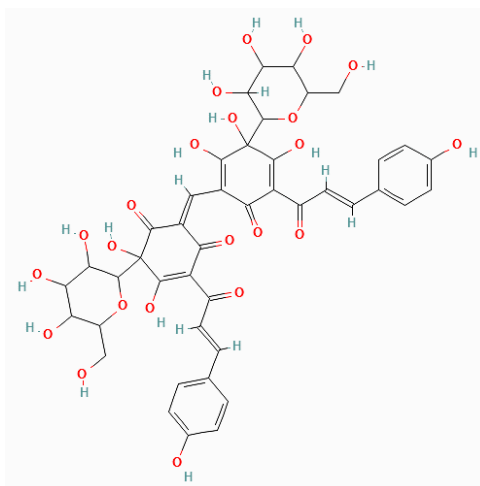


3. ábra: Alkannin, juglon és lawson (forrás: NCBI-NLM)

Általános gyógyászati használatuk főleg külsőleg történik, gyulladáscsökkentő hatásúak. Az 1,4-naftokinonok antioxidáns, antifungális, antivirális és mindenekelőtt antibiotikus hatása közismert. Újfajta antibiotikumok gyártásában kiemelt szerepet játszanak az antibiotikus hatású festőanyagok, ezért több kutatást végeztek már 1,4-naftokinonok – juglon, plumbagin, naftarazin, lawson – módosításával, szintetizációjával kapcsolatban. Az elsősorban *Juglandaceae*, *Plumbaginaceae*, *Boraginaceae* és *Lythraceae* családokban előforduló hatóanyagcsoportot eddig főleg a kozmetikaiparban használták természetes festőanyagként, humán keratinos felületek és szálak (haj, szempilla, szemöldök, bőr) festésére (Majdi et al. 2023).

III.2.1.3. Benzokinonok

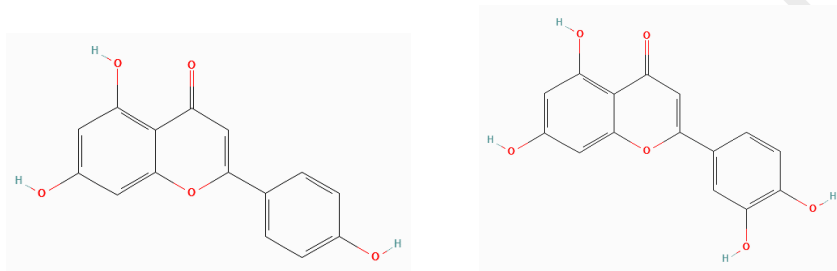
A benzokinonok között nem tartunk számon sok festőanyagot, és ezek legtöbbje is gombában vagy zuzmóban található. Ide tartozik viszont a sáfrányos szeklice (*Carthamus tinctorius*) festőanyaga, a kartamin ($C_{43}H_{42}O_{22}$ 4. ábra). A benzokinonok bonyolult szerkezetűek és általában könnyen hidrolizálhatók (Uddin et al. 2022).



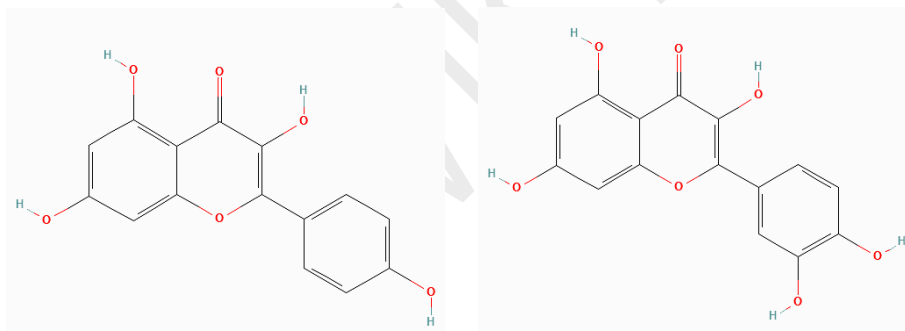
4. ábra: Kartamin (forrás: NCBI-NLM)

III.2.2. Flavonoidok

A flavonoidok hatóanyagcsoportja a fenoloidok anyagosztályába tartozik, közülük kerülnek ki a legáltalánosabb természetes sárga színezékek, habár a növényi színanyagok közül – többek között fotooxidációs tulajdonsága miatt – talán a legkönnyebben degradálódó csoport is egyben. Színtartósságát azonban bizonyítja, hogy különböző műszeres eljárásokkal számos történeti textílián a mai napig kimutathatók. A történelem során leggyakrabban használt, ma is kimutatható flavonoidok a teljesség igénye nélkül az alábbiak: flavonok – chrysin, apigenin ($C_{15}H_{10}O_5$), luteolin ($C_{15}H_{10}O_6$), flavonolok – galangin, kempferol ($C_{15}H_{10}O_6$), datiscetin, morin, kvercetin ($C_{15}H_{10}O_7$), fisetin, miricetin, izorhamnetin (McNab et al. 2009, **5-6. ábra**). A nagyjából 6000-féle flavonoid közül azonban szintelen anyagok is vannak (Uddin et al. 2022).



5. ábra: Apigenin és luteolin (forrás: NCBI-NLM)



6. ábra: Kempferol és kvercetin (forrás: NCBI-NLM)

A flavonoidok leggyakrabban glikozidok formájában találhatók meg a növényi szervezetben és rendkívül változatos hatásúak lehetnek (Bernáth 2013). Jelen téma szempontjából fontosnak tekinthető gyulladáscsökkentő hatásuk (pl. apigenin), de emellett a flavonoidok közül különösen a flavonoloknak kiemelkedő az antioxidáns hatása. A flavonolok több hidroxilcsoportot is tartalmaznak, amelyek közül a C-3 helyen lévő OH-csoportnak kifejezetten nagy szabadgyökmegkötő képessége van. Ilyen flavonolok pl. a kvercetin és a rutin is (Speranza et. al 2020). A flavonoidok továbbá a növény védekezését is segítik, elnyelik az UV-B fényt (Uddin et al. 2022).

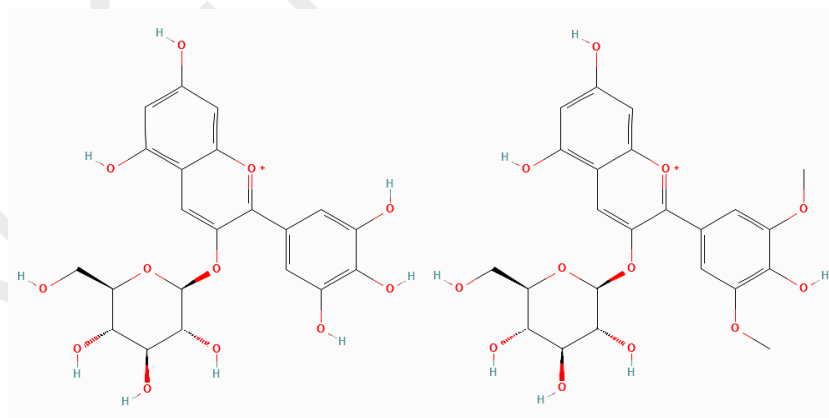
Flavonoidok szinte minden növényben találhatók, az élénk vagy halványsárga virágok színéért legtöbbször ezek a festőanyagok a felelősek. Flavonoidtartalmúak például az olyan általánosan elterjedt és nagy hagyománnyal rendelkező sárga festőnövények, mint a festő pipitér (*Cota tinctoria*), a festő rezeda (*Reseda luteola*), a festő rekettye (*Genista tinctoria*), a gilisztaűző varádics (*Tanacetum vulgare*) és az aranyvessző (*Solidago sp.*). Egyes szakirodalmi források a teában található katechint is a flavonoidok közé sorolják (Sukemi et al. 2018), míg más források alapvetően a tanninok között tartják számon.

III.2.2.1. Antocianidinek

Az antocianidinek vagy antociánok flavonoidszármazékok, amelyek a dihidro-flavonolok karbonil csoportjának leszakadásával alakulnak ki, és nagyrészt észterek vagy glikozidok, olykor szabadon álló vegyületek formájában színezik a növényeket (Fodor 2013). Az antociánok a polifenolos pigmentek legnagyobb csoportja, nem toxikusak, vízben oldódnak. Különleges vegyületek, pH<3 értéknél a flavánmag stabil flavilium kationként (AH⁺) jelenik meg, amely vörös színt eredményez, a pH érték emelkedésével pedig először egy semleges kinonoidos formát (A – lila), majd magas pH esetén ionizált kinonoidos formát (A⁻ – kék) vesz fel (Blackburn et al. 2023). Mivel a növényi citoplazmában uralkodó pH-érték nagyrészt 7-7,5, ezért gyakorlatilag soha nem biztosítja az antociánok kék színéhez szükséges körülményeket. A kék szín megjelenése tehát az antociánok fémionokkal alkotott komplexeiből adódik, amelyhez más kapcsolódó vegyületek (pl. glükóz, poliszacharidok) is járulhatnak (Fodor 2013).

Az antociánok a növényi szervezeten kívül is rendkívül érzékenyek a pH-ra, kutatási eredmények szerint a festés során a legmagasabb szorpció a semleges, A formánál történik. A fehérjetartalmú szálak, textilek (pl. gyapjú, kazein alapú textilek) amfoterként viselkednek, savként és bázisként is működhetnek, izoelektromos pontjuk, amely esetén semlegesnek tekinthetők, egy meghatározott pH érték mellett alakul ki. A semleges formájú antociánok a neutrális textilekre, szálakra kötődnek leginkább, így festésnél figyelni kell az adott alapanyagok alapján a megfelelő pH érték beállítására (Blackburn et al. 2023).

Antociánok számos lilás, bordós, vöröses virág, illetve termés hatóanyagaként ismertek. A fekete mályvarózsa virágában (*Alcea rosea* var. *nigra*) delfinidin és malvidin glikozidok (C₂₁H₂₁O₁₂⁺, **7. ábra**) (C₂₃H₂₅O₁₂⁺), a fekete bodza (*Sambucus nigra*) termésében sambucianin található (Bernáth 2013) A fekete ribizskében (*Ribes nigrum*) található antociánok pedig Blackburn et al. (2023) kutatási eredményei alapján az alábbiak: delfinidin-3-O-rutinozid 22,6%, cianidin-3-O-rutinozid 20,4%, delfinidin-3-O-glükózid 7,7%, cianidin-3-O-glükózid 4%. De található antociánok a szederben, málnában vagy akár a lilakáposztában is.



7. ábra: Delfinidin-3-O-glikozid kation és malvidin-3-O-glikozid kation (forrás: NCBI-NLM)

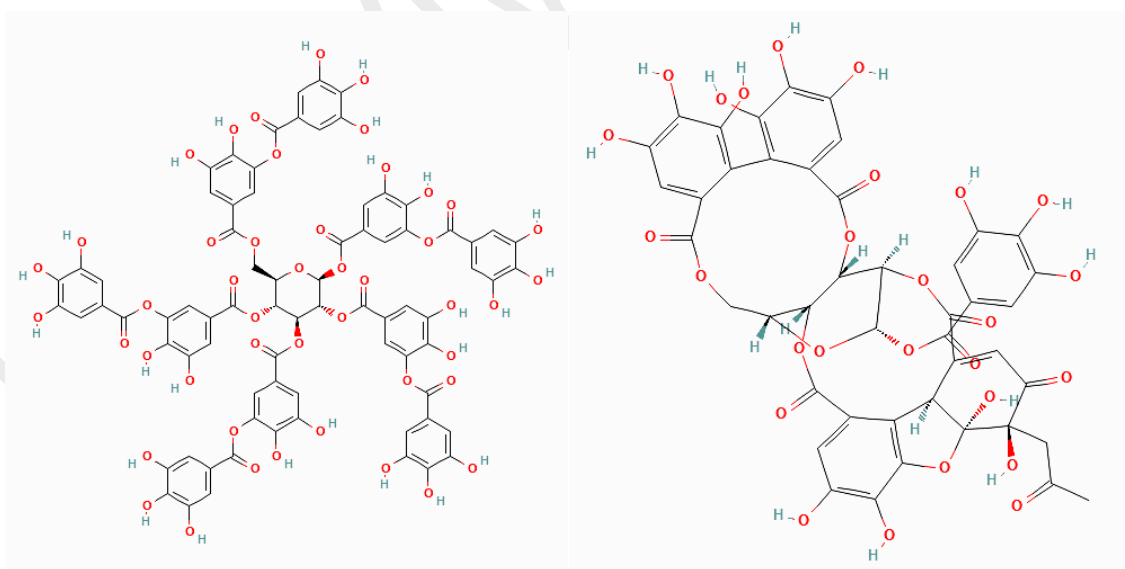
A flavonoidok és a flavonoidszármazék antocianidok tehát kiváló festőanyagok, farmakológiai tulajdonságaik is kiválóak, anitoxidáns, antibakteriális és UV-védő hatást is kimutattak velük kapcsolatban (Pargai et al. 2020). Nehézség azonban velük kapcsolatban a fényvel és mosással szembeni hosszútávú szintartósság megőrzése.

III.2.3. Tanninok

A tanninok, vagyis cseranyagok a fenoloidok degradatív átalakulásának eredményeként jönnek létre, észterkötéssel kapcsolódó galluszsavakból és glükózból épülnek fel. Ennek eredményeként viszonylag könnyen oldódnak vízben (Fodor 2013). Nagy molekulatömegűek, kicsapják a fehérjéket, ezért régen bőrcserzésre használták őket (Bernáth 2013), valamint természetes általános csávázószer. Mindemellett színes vegyületek, a világossárgától a világosbarnáig terjedő színeket lehet cseranyagokkal festeni (Uddin et al. 2022). Összehúzó hatásúak külsőleg és belsőleg is, ezért gyulladások ellen és az izzadságmirigyek összehúzására is használhatóak (Bernáth 2013), továbbá antioxidáns, antivirális, antibakteriális hatásúak és az UV-védelemben is szerepet játszhatnak (Pargai et al. 2020). Cseranyagokat tartalmaznak például a *Quercus spp.* fajok (nevével ellentétben a csertölgyben található közülük a legkevesebb tannin), és számos más fás szárú növény. Példaként említhető még a magas kőris (*Fraxinus excelsior*) kérge, amelyben ugyan kisebb mennyiségben (4 %), de megtalálható (Bechtold et al. 2007), vagy akár a fűzfélék (*Salix sp.*) is (Lohtander et al. 2020). Tanninok továbbá a rozmarinban, zsályában, teában (*Camellia sinensis*) is megtalálhatóak. Három nagy csoportra oszthatók, a hidrolizálható, kondenzált, illetve florotanninok közül azonban utóbbiak a barnamoszatokban fordulnak elő, így jelen téma szempontjából csak a másik két csoport jelentős.

III.2.3.1. Hidrolizálható tanninok

A hidrolizáló tanninok stabil vegyületek, a gallotanninok ($C_{76}H_{52}O_{46}$) és az ellagitanninok ($C_{44}H_{32}O_{27}$) tartoznak ebbe a csoportba (8. ábra). A tölgy cserzőanyagkeverékében ezek is megtalálhatók (Uddin et al. 2022).

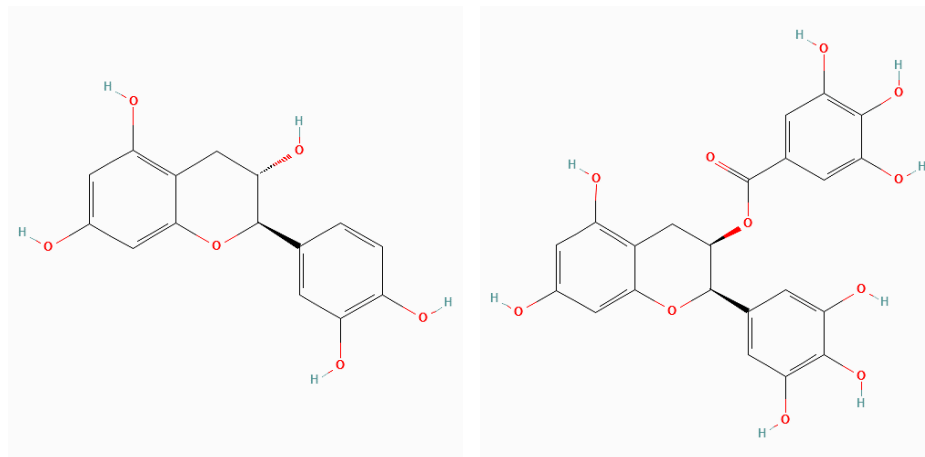


8. ábra: Gallotannin és ellagitannin (forrás: NCBI-NLM)

III.2.3.2. Kondenzált tanninok

A kondenzált tanninok közé sorolhatjuk az egyes szakirodalmi források alapján flavonoidok között számontartott katechint ($C_{15}H_{14}O_6$), amely a teában (*Camellia sinensis*) található meg nagy mennyiségben többféle formában,

katechin, epikatechin, epigallokatechin és epigallokatechin-gallát (EGCG – $C_{22}H_{18}O_{11}$) formájában (**9. ábra**), és a teában található hatóanyagok közül részben ezek azok, amelyek festőanyagként megjelennek a textileken (Sukemi et al. 2018). Kondenzált tanninok továbbá a proantocianidinek is. Mindkettő megjelenik a *Quercus spp.* fajokban is. A kondenzált tanninok a hidrolizáló tanninokhoz viszonyítva kevésbé stabilak, könnyebben oxidálódnak (Bernáth 2013).

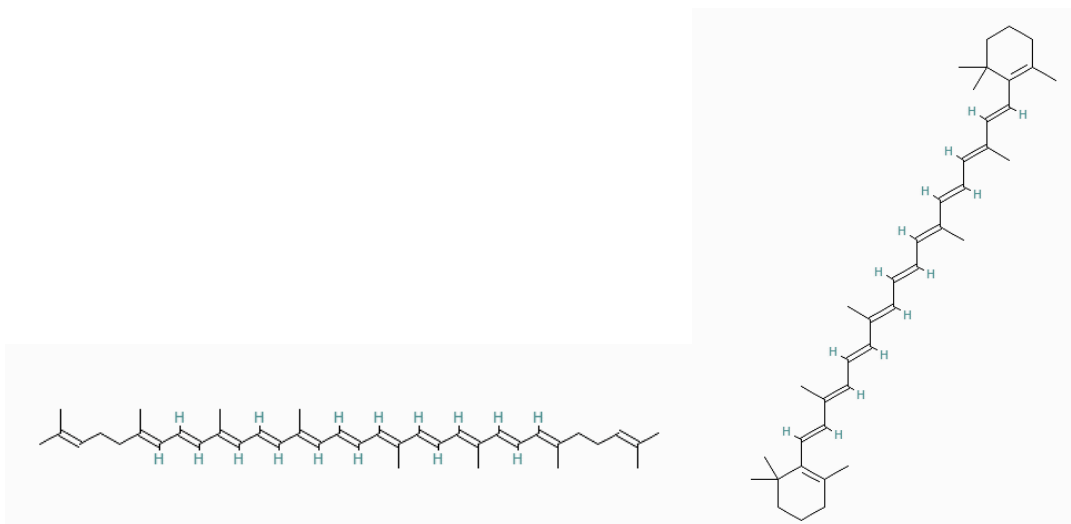


9. ábra: Katechin és epigallokatechin-gallát / EGCG (forrás: NCBI-NLM)

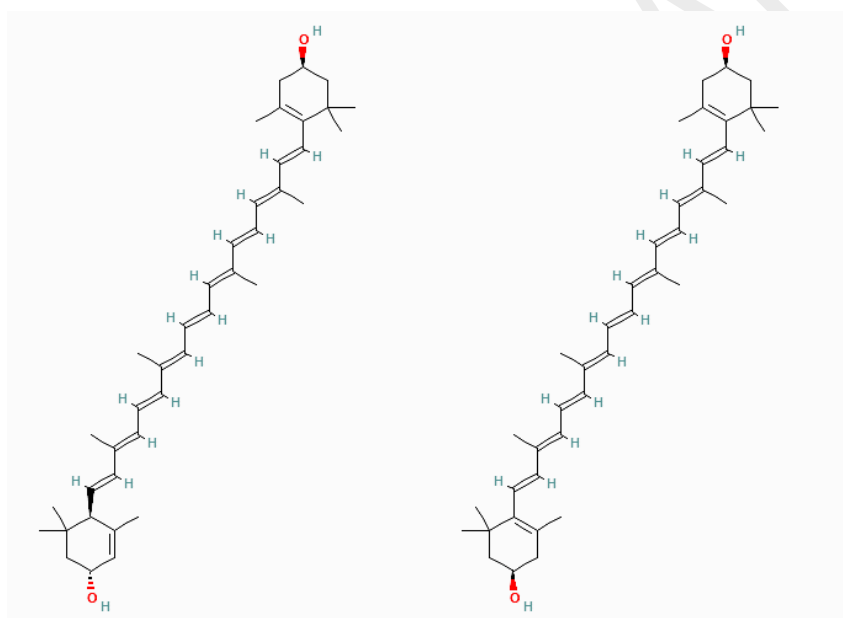
III.2.4. Karotinoidok

A flavonoidokhoz hasonló sárgás, valamint narancsos, vörös színekért felelősek a karotinoidok. Kb. 750 különböző típusú karotinoidot ismer ma a tudomány, ezek legtöbbje xantofill és karotin. Poliizoprenoid szerkezetűek, lineáris, szimmetrikus kialakításúak és a tetraterpenoidok (C_{40}) közé tartoznak. A hosszú, váltakozóan egyszeres és kétszeres kötésű rendszer jó fényelnyelő képességű és kémiai igen reaktív (Uddin et al. 2022). A növényekben a klorofillhoz kapcsolódva a fotoszintézisben játszanak kiemelt szerepet, kísérő pigmentként funkcionálnak. Magas fényintenzitás esetén elősegítik a klorofillok alapállapotba jutását és így gátolják a káros oxigénformák kialakulását, tehát fontos védekező szerepük van (Fodor 2013).

Az egyik leggyakoribb karotinoid a likopin ($C_{40}H_{56}$), amely a paradicsom vörös színét adja, hatékony antioxidáns. Az α -, β -, γ -karotinok (szintén $C_{40}H_{56}$) pedig jelentős A-vitaminforrásként szolgálnak (Fodor 2013, **10. ábra**). A xantofillok oxigénatomot (jellemzően hidroxilcsoportban) tartalmazó karotinoidok, jellegzetes képviselői a lutein és a zeaxantin (mindkettő $C_{40}H_{56}O_2$, **11. ábra**). A xantofill felelős többek között a levelek őszi sárga elszíneződéséért. Hidrofób tulajdonsága miatt nehéz egyenletes eloszlású, stabil festékfürdőt készíteni belőle. Érzékenyen reagál továbbá a hőre, fényre, oxigénre, ezért a hagyományos textilfestési eljárásokban nem használható, felhasználása csak oldószerrel és stabilizátorral kivitelezhető. Étfestékként viszont általánosan használt (Chen et al. 2016).

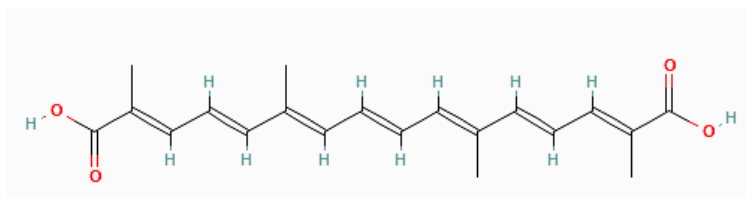


10. ábra: Likopin és β -karotin (forrás: NCBI-NLM)



11. ábra: Lutein és zeaxantin (forrás: NCBI-NLM)

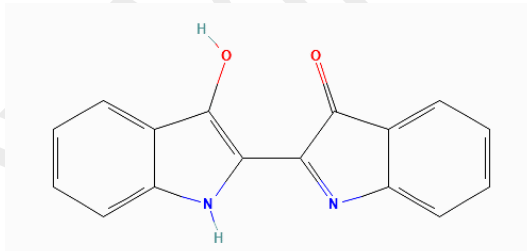
Az annatto vagy orleánfa növényben (*Bixa orellana*) található bixin és norbixin, illetve a sáfrány (*Crocus sativus*) sárga színét adó krocetin ($C_{20}H_{24}O_4$, **12. ábra**) szintén a karotinoidok közé tartoznak (Uddin et al. 2022), utóbbi azonban már egy ún. apokarotinoid, amely az általános C40-es szerkezeti felépítéssel szemben csak 20 C-atom hosszúságú (Fodor 2013). A közismert festőanyag, a bűdöske vagy bársonyvirág (*Tagetes sp.*) nagy mennyiségű luteint tartalmaz, ám a textilfestésben elsősorban a flavonoidtartalma játszik szerepet (Chen et al. 2016). Flavonoidok mellett luteint és β -karotint tartalmaz a körömvirág (*Calendula officinalis*) is, a sáfrányhoz hasonlóan pedig a szöszös ökörfarkkóró (*Verbascum phlomoides*) virágszínét is (Bernáth 2013).



12. ábra: Krocetin (forrás: NCBI-NLM)

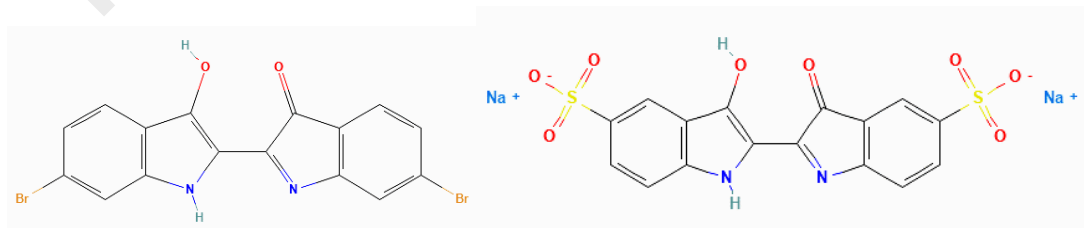
III.2.5. Indigoidok

Az indigó talán a legismertebb természetes festékenyag a világon, noha ma már ezt is szintetikus úton állítják elő a textiliparban. Az indigó, más néven indigotin (2,2'-bisz(2,3-dihidro-3-oxoindolilidén)) egy sötétkék, vízben nem oldódó kristályos por, kémiai képlete $C_{16}H_{10}N_2O_2$, amely azonban nem ilyen formában fordul elő a növényekben, hanem az ún. indikán vegyületként, amely a triptofán aminosav szintelen, vízben oldódó származéka, amely tehát egy azotoid. Az indikán hidrolizálása során β -D-glükóz és indoxil szabadul fel, az indoxil pedig a hosszan tartó fermentáció hatására dimerizálódik és sárga vízdoldékony leukoindigó keletkezik belőle. A leukoindigó oxidációjával csapódik ki végül a kék színű kristályos indigó/indigotin az oldatból (13. ábra). Az indigotint festékként történő felhasználása során ezután újra vízdoldékonná kell tenni. Az indigó fotostabilitása kiváló, amely általában véve nem jellemző a természetes festékekre (Lohtander et al. 2021). Kutatások kimutatták, hogy az indigotin kiváló UV-védelmet biztosít, antibakteriális hatása viszont csak részlegesen érvényesül, több vizsgált faj és szövettípus közül pamut textílián és *Staphylococcus aureus* ellen volt csak kimutatható (Pargai et al. 2020).



13. ábra: Indigó (forrás: NCBI-NLM)

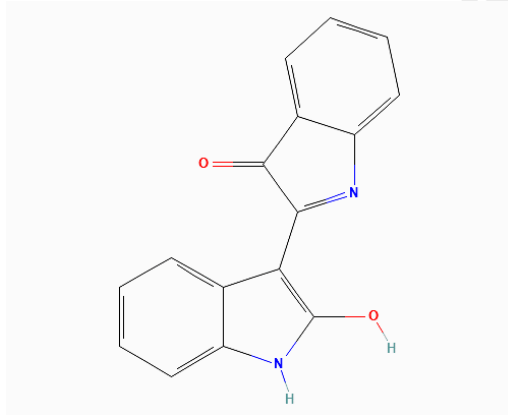
Az indigotint nemcsak kék színeként, hanem más anyagokkal keverve lilás, vöröses, illetve zöldes színek előállítására is használták. Ilyen többek között a tyrosi vagy tíriai bíbor szín, amely a brómot is tartalmazó 6,6'-dibromoindigó ($C_{16}H_8Br_2N_2O_2$), vagy a kéntartalmú thioindigó (4,7,4',7'-tetrachlorothioindigó – $C_{16}H_8O_2S_2$) és indigókármin ($C_{16}H_8N_2Na_2O_8S_2$) is (14. ábra).



14. ábra: Tíriai bíbor és indigókármin (forrás: NCBI-NLM)

Az indigót az *Indigofera* nemzetség növényeiből, azon belül is az ázsiai *Indigofera tinctoria* fajból állították elő legnagyobb mennyiségben, ez az ún. „valódi indigó”. Az indikán azonban más növényekben is megtalálható, a Közép- és Dél-Amerikában használt *Indigofera suffruticosa* és az Indiában használt *Indigofera arrecta* fajokon kívül fontos szerepet játszott Kelet-Ázsiában a *Polygonum tinctorum*, Európában pedig – köztük Magyarországon is – az *Isatis tinctoria*, magyar nevén festő csülleng is. Utóbbi az importált indigó bevezetéséig hazánkban a kékfestés alapnövénye volt (Az *Isatis tinctoria*-val kapcsolatos kutatásokat bővebben I. a III.4.5. fejezetben).

A természetes indigófesték – a szintetikus úton előállított indigotinnal ellentétben – nemcsak az indigotin festékegyületet tartalmazza, hanem számos más vegyületet is, többek között a szintén indigoid indirubint ($C_{16}H_{10}N_2O_2$) is, amelynek gyógyhatását már a tradicionális kínai gyógyászatban is kihasználták (15. ábra). Manapság számos kutatás foglalkozik az indirubin gyógyhatásával és lehetséges felhasználásával, többek között többféle rákellenes terápiában (tüdőrák, leukémia) való alkalmazási lehetőségeit is vizsgálják, in vitro kísérletekben pedig bizonyított gyulladásgátló és angiogenezist gátló hatása (Speranza et al. 2020).



15. ábra: Indirubin (forrás: NCBI-NLM)

III.3. Funkcionális textilek előállítása növényi festéssel

A növényi festékek kutatása az elmúlt évtizedekben több szempontból is egyre jelentősebbé válik. Egyrészt alternatívát kínálhatnak a szintetikus festékek előállítása és az azokkal való festés során keletkező káros környezeti hatásokkal szemben. Másrészt pedig alkalmasak lehetnek pozitív élettani tulajdonságokkal rendelkező, ún. funkcionális textilek készítésére, amely szintén nagy előny a szintetikus festékekkel szemben. Tekintve, hogy a növényi festéssel előállított színek önmagukban a jelenlegi divatiparban nem biztos, hogy fel tudnák venni a versenyt szintetikus társaikkal szemben, más tulajdonságaikat is hangsúlyozni kell. Bioaktív tulajdonságaikkal utat törhetnek maguknak a textiliparban, amely egészségvédelmi és környezetvédelmi szempontból is jelentős előrelépés lehet a jövőben. A természetes festékek segítségével antimikrobiális (antibakteriális, antifungális), szagtalanító, UV-védő és rovarűző textilek is készülhetnek. Az alábbiakban ezek lehetőségeit, az ezekkel kapcsolatos kutatási eredményeket mutatom be.

A textilanyagok funkcionalitását a természetes festékek vegyületeinek funkciók csoportja (pl. $-OH$, $-NH_2$, $-COOH$) és a textilszálak funkciók csoportjai (pl. $-OH$, $-SO_3H$, $-COOH$, $-C_6H_5OH$) egyaránt meghatározzák, a két anyag közötti interakció a különböző funkciók csoportok miatt sokféle lehet, ezáltal a festett anyag funkcionális tulajdonságai is különbözőek lehetnek attól függően, hogy milyen textíliát milyen festékekkel kezelünk (Pargai et al. 2020).

III.3.1. Antimikrobiális hatás

Az emberi környezetben számos olyan mikroorganizmus él, amelyek betegségek okozói lehetnek, ilyen többek között számos baktériumfaj is. A baktériumokat sajtófaluk kémiai és fizikai tulajdonságai alapján két nagy csoportra oszthatjuk, az ún. Gram-pozitív és Gram-negatív baktériumokra (**1. táblázat**). A különböző textíliák táptalajt szolgáltathatnak a különböző mikrobiális fajok szaporodásához. Megjelenésük és elszaporodásuk az anyagokon számos nemkívánt hatást eredményezhet: a textilek elszíneződésén és az anyag szerkezeti károsításán kívül bőrfertőzés, szagképződés és allergiás válaszreakciók is kialakulhatnak. A textilanyagok az emberi bőrrel érintkezve kiváló környezetet biztosítanak a mikroorganizmusok fejlődéséhez, mivel azok oxigént, vizet, meleget és a testváladékokból tápanyagot is találnak. A pamut az egyik legérzékenyebb textília ebből a szempontból. A szintetikus textíliák esetén – mivel azok limitált nedvszívó képessége miatt a bőrön marad az izzadság – kifejezetten nagy az elvárás már manapság a biosztatikus felületkezelésre, sportruházattal kapcsolatban szinte követelmény. Orvosi-egészségügyi területen – kórházakban, hotelekben – is kiemelt szempont a textíliák antimikrobiális képessége.

Az antimikrobiális textíliák alapvetően elvárt funkciói közé tartozik, hogy megelőzzék a mikrobák általi fertőzést, illetve elkerülhető legyen a különböző kórokozók általi keresztfertőzés, továbbá, hogy megakadályozzák azon mikrobák anyagcseréjét, amelyek szagképzőek lehetnek, illetve, hogy védekezzenek a textil mikroorganizmusok miatti minőségromlása ellen. Mindezeket higiéniai és esztétikai, valamint minőségromlás elleni kezelésekkel, főként felületkezeléssel érik el (Singha et al. 2022).

1. táblázat: A növényi festékek antimikrobiális hatásának vizsgálata során leggyakrabban tesztelt baktériumfajok
(forrás: György 2021)

	Baktérium neve	Tipikus előfordulása, fertőzési területe
Gram-pozitív	<i>Bacillus cereus</i>	A leggyakoribb B. faj, talajban, levegőben fordul elő. Spórakeltő, hányással, hasmenéssel járó ételmérgezést okozhat, de krónikus bőrgyulladást és a szemben szaruhártyagyulladást is eredményezhet.
	<i>Bacillus subtilis</i>	Talajlakó, nem humánpatogén, de tudományos kísérletekben modellszervezetként szokták alkalmazni.
	<i>Staphylococcus aureus</i>	Melegvérű állatok és ember bőrén, nyálkahártyáján fordul elő. Bőrfelületen gyakran tüszők, sebek, mirigyek gennyesedését okozza, de felső légúti fertőzést, hányást, hasmenést is előidézhethet.
Gram-negatív	<i>Escherichia coli</i>	A legjobban tanulmányozott mikroorganizmus. A normál bélflóra tagja. Könnyen mutálódik, patogén csoportjai bélfertőzést, húgyúti fertőzést okozhatnak.
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	A normál bélflóra tagja, de vízben, talajban is előfordul. Patogén változatai tüdőgyulladást, fülgyulladást, agyhártyagyulladást, hólyaghurutot okozhatnak. Multirezisztens, opportunist.
	<i>Proteus vulgaris</i>	Emberi bélrendszerben megtalálható, talajban is. Kiválasztórendszer súlyos fertőzését okozhatja. Kórházi fertőzésekben gyakori. Rezisztens.
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Állat- és humánpatogén, sebgennyesedést, húgyúti fertőzéseket okoz. Multirezisztens, opportunist. Kórházi fertőzések tipikus okozója.
	<i>Shigella flexneri</i>	Emberre adaptálódott patogén, a bélrendszer hámrétegét fertőzi és hasmenést, vastagbélgyulladást okoz.

Számos szintetikus antimikrobiális hatású hatóanyagot kifejlesztettek már a textilek felületkezelésére vonatkozóan (pl. szerves fémvegyületek, fenolok, szilikonok stb.), de mellékhatásaik és környezeti rizikóik miatt szükség van ezek természetesebb, környezetbarát megoldásaira is, olyan anyagokra, amelyek gátolják vagy el is pusztítják a kórokozókat anélkül, hogy a gazdasejtekre toxikus hatással lennének. Kísérletek folynak környezetbarát felületkezelőkkel is, többek között a neem olajjal, aloe verával, teafával kapcsolatban (Singha et al. 2022). Ez azonban továbbra is egy külön lépést jelent a textiliák előállításánál, míg antimikrobiális hatású növényi festékekkel egyetlen lépésben el lehetne végezni a festést és a felületkezelést is. Az olyan növényi festékek, amelyek nagy mennyiségű tannint, flavonoidokat, antrakinonokat, illetve naftokinonokat tartalmaznak, kiváló antimikrobiális hatással rendelkezhetnek. Kutatások alapján a természetes festékek antimikrobiális hatásának oka a fenolos komponensek jelenléte. A fenolos komponensek a textilszállhoz komplexet képezve kapcsolódnak, és amikor a textil kapcsolatba kerül a mikróbákkal, ezek a fenolos komponensek akadályozzák a mikróbák enzimtermelését, így nem alakul ki sejtreakció, a sejt pedig végül elpusztul (Pargai et al. 2020).

A textilek különböző minőségi és mennyiségi paramétereit standard tesztekkel vizsgálják, ezen belül az antimikrobiális hatásukat is. A leggyakoribbak az úgynevezett AATCC standardok, amelyeket az American Association of Textile Chemists and Colorists szervezet dolgozott ki (Pargai et al. 2020). A tudományos kutatások többsége ezek alapján vizsgálja a természetes festékek megfelelőségét és funkcionális tulajdonságait.

A számos növényi festékekkel végzett kutatást nehéz lenne e helyt felsorolni, a teljesség igénye nélkül mutatok be ezért néhányat. Egy 2004-es vizsgálat 11 növény (*Acacia nilotica*, *Indigofera tinctoria*, *Kerria lacca*, *Mallotus philippinensis*, *Punica granatum*, *Quercus infectoria*, *Acacia catechu*, *Terminalia chebula*, *Rheum emodi*,

Rubia cordifolia, *Rumex maritimus*) antibakteriális hatását vizsgálta három Gram-negatív baktérium, az *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* és a kórházi keresztfertőzésekért nagyon gyakran felelős *Proteus vulgaris* esetén. A vizsgált 11 növényi festékből mindhárom baktérium ellen a *M. philippinensis*, *P. granatum* és *Q. infectoria* mutatott hatást, az *E. coli* baktériummal szemben csak ezek voltak aktívak. A másik két baktériummal szemben hatásosnak bizonyult a *T. chebula* és az *A. catechu*, míg a *K. lacca* és a *R. emodi* csak a *K. pneumoniae* ellen volt hatásos. Az oldatban kiválóan teljesítő *Q. infectoria* festéket a pamutanyagon is megvizsgálták, a textil tömegéhez mért 15%-os festékanyagkoncentráció esetén éles emelkedést láttak az antibakteriális hatás erősségében, az *E. coli* esetén a baktériumtelepek 97,4 %-os, a *P. vulgaris* esetén pedig 99,5 %-os csökkenését eredményezte, amely jobb teljesítmény volt, mint a kontrollként használt, kereskedelmi forgalomban lévő antimikrobiális hatóanyag eredménye. Ugyanakkor a vasszulfát és rézsulfát páccal előkezelt pamutanyagok esetén nem, illetve csekély antimikrobiális hatás volt csak megfigyelhető. A szerzők szerint a magyarázat az lehet erre, hogy ha a festékmolekulában jelenlevő hidroxicsoprot a kromofórhoz képest orto (1, 2) helyzetben helyezkedik el, akkor az könnyebben részt vehet más, jelen esetben a fémsókkal kialakított koordináló kovalens kötés kialakításában, amely során a fémsó és a színmolekula kelátot képez. Ez a koordináló kötés pedig blokkolja az antibakteriális hatásért felelős csoportokat (Gupta et al. 2004).

Singh et al. (2005) vizsgálata a fent említett növények közül kettőről, a *Q. infectoriáról* és az *A. catechuról* mutatott ki erős baktericid hatást, amelyet gyapjún is teszteltek. Eredményeik alapján azonban így jóval mérsékeltebb hatást mutatott a két növényi festék, mivel a gyapjún a festékanyag sokkal kisebb koncentrációjú volt, mint önmagában vizsgálva. A kezeletlen gyapjúanyaghoz mint kontrollhoz képest az *A. catechu*val festett gyapjún 10-15%-os, a *Q. infectoriával* festett gyapjún 15-25%-os baktériumcsökkenést észleltek, és kimutatták, hogy a tömény oldattal ellentétben már nem baktericid, hanem csak bakteriosztatikus hatású volt a növényi festék.

Da Silva et al. (2018) kutatásában az eukaliptusz levél pamuton kifejtett hatását vizsgálta. A kutatási eredmények alapján a festett pamut *S. aureus* baktériumra és *Candida albicans* gombára baktericid hatású, habár az eukaliptusz festékanyaga önmagában a Gram-negatív *E. coli*ra is hatásos volt. A festék antibakteriális hatását pamuton a kitozán mint biopác használata fokozza a *S. aureus* esetében, amelyre a kitozánnal kezelt pamut festés nélkül is jól reagált. E kutatásnál is – a fentiekhez hasonlóan – egyértelművé vált, hogy a festék textilen kifejtett antimikrobiális hatása egyenes arányban van a festék koncentrációjával, tehát minél több festékanyagot tud felvenni a szövet, annál erősebb antimikrobiális hatással rendelkezik.

Pargai et al. (2020) összefoglaló tanulmánya kiemeli, hogy a gránátalmában lévő hidrolizáló tanninok tencel anyagon is kiemelkedő antimikrobiális eredményt értek el, a hennalevél lawson tartalma pedig hatékonynak bizonyult a *Candida glabrata* gomba ellen gyapjún alkalmazva. A *Rumex maritimus* és *Quercus infectoria* festékanyagai továbbá – Gupta et al. (2004) eredményeit részben felülírva – hatásosak voltak az *E. coli*, *Bacillus subtilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus vulgaris* és *Pseudomonas aeruginosa* ellen. Az *Acacia catechu*ból kinyert katechu kivonat, a gránátalma héjából kinyert festékanyag, továbbá a *Melia composita* leveléből kinyert festékanyag (alkaloidok) esetén Singh et al. (2021) is leírta az antimikrobiális hatást.

Noha a természetes festékek felhasználása leggyakrabban természetes (fehérje vagy növényi alapú) anyagokhoz kapcsolódik, a funkcionális textíliák esetében más alapanyagok használata is fontossá válhat. A festő

buzérban lévő alizarin többféle páccal (timsó, cinkszulfát, csersav) együtt alkalmazva poliamid (PA6) anyagon is antibakteriális hatásának bizonyult (Pargai et al. 2020). Sabyrkhanova et al. (2023) a cipőgyártásra fókuszálva kevert, pamut-poliészter textileket vizsgált, amelyek antibakteriális és antifungális hatását elemezte négy, hazánkban is könnyen elérhető növényi festék, a dióhéj, vöröshagymahéj, gilisztáűző varádics és orbáncfű esetén. A vizsgált baktériumok a Gram-pozitív *Staphylococcus aureus* és a Gram-negatív *Escherichia coli*, a vizsgált gomba pedig a *Candida albicans* volt. A négyféle növényi festett anyag mindegyike antibakteriális hatásának bizonyult, a fémsóval pácolt anyagok esetén azonban magasabb volt a hatás. A négy növény közül a *Hypericum* mutatta a legerősebb hatást, a *S. aureus* esetén a *Hypericum* és hagymahéj bizonyult legjobbnak, *E. coli* esetén pedig e két növényi festés páccal kezelt verziója. A dióval és *Tanacetum*mal festett anyagok rézgálicos pác esetén közepes hatást mutattak. A *C. albicans* ellen a timsóval és rézgáliccal pácolt textilek voltak kiválóak (Sabyrkhanova et al. 2023). Az eredmény látszólag több más kutatási eredménnyel is ellentmondásos, a fent említett korábbi kutatásban ugyanis a fémsókkal pácolt textilek egyáltalán nem mutattak antimikrobiális hatást (Gupta et al. 2004), továbbá a Gram-negatív baktériumok esetén sem mindig voltak sikeresek (Beiki et al. 2018). A látszólagos ellentmondások megértéséhez a reakciókban részt vevő vegyületek pontosabb ismeretére lenne szükség.

Sabyrkhanova et al. (2023) kiemeli továbbá, hogy a fémsók használata jótékony hatású is lehet, a timsó ugyanis nyílt sebek esetén hemosztatikus, fertőtlenítő hatású, a rézgálicot pedig antiszeptikus szerként is használják. Utóbbi környezetre és egészségre ártalmas hatásai miatt azonban megfontolandó.

Az antimikrobiális hatás hosszantartó fennmaradásának biztosítása azonban még további kutatásokat igényel. Néhány kutatás foglalkozott a mosás után megmaradó antimikrobiális hatás mérésével, de a hatás fenntartásával kapcsolatban nem találtam kutatás-fejlesztési eredményeket. Pargai et al. (2020) megjegyzi, hogy kísérletek bizonyították, hogy a hatáserősség legalább fele megmarad néhány mosás után is, a különböző pácok (pl. tannin) vagy más „térhálósító szerek” (pl. citromsav), illetve egyéb felületmódosítók hozzájárulhatnak a funkcionális tulajdonságok stabilizálásához.

III.3.2. Szagtalanító hatás

A textileken (és a bőrön) fellépő kellemetlen szagokat, az emberi test izzadságszagát baktériumok okozzák, amelyek a verejtékből táplálékot nyernek, de mivel teljes mértékben nem tudják lebontani, az abból visszamaradó különböző molekulák okozzák a kellemetlen szagot. A növényi festett textilek szagtalanító hatása tehát összefügg a fentebb tárgyalt antimikrobiális hatással.

Pargai et al. (2020) összefoglaló munkája néhány korábbi kutatási eredményt mutat be, ezek egyike a *Gardenia sp.*, *Cassia tora*, gránátalmahéj és kávézacc festékek szagtalanító hatását vizsgálta, amelyek közül a gránátalma, illetve a kávé bizonyult legeredményesebbnek. Egy másik kutatás eredménye szerint a gallotannint tartalmazó *Galla chinensis* kivonattal festett celulózalapú és selyem anyagok szagtalanító hatást mutattak ammóniával, trimetilaminnal, acetaldehiddel és a *S. aureus* és *K. pneumonia* baktériumokkal szemben is. De a *Paeonia*, szegfűszeg és az indigó növény friss leveleiből készített festés esetén is kimutattak szagtalanító hatást.

Kézenfekvőnek tűnik az izzadásgátló hatásúként ismert *Salvia officinalis* vizsgálata is, mivel festőnővényként is használható és csersavakat is tartalmaz. Ezzel kapcsolatban azonban csak egyetlen, kicsit más irányú kutatást találtam. Bojana Boh és Emil Knez 2006-os kutatása arra irányult, hogy mikrokapszulákba zárt illóolajokat juttassanak különböző textilek felszínére, amelyek hatóanyagai ezáltal lassabban bomlanak el, így hosszantartó hatást tudnak kifejteni. Az illóolajok között a levendula, rozmaring mellett a zsálya is szerepelt, az illóolajokkal kezelt textilek célja pedig az volt, hogy cipőben alkalmazva szagtalanító és antimikrobiális hatást fejtsen ki. Ugyanezt az elvet követve más illóolajokat és hozzáadott egyéb anyagokat felhasználva mezőgazdasági textileket is létrehozta, amelyekkel a különböző rovarkártételek ellen és nagyobb állatok (szarvas, nyúl) kártételei ellen szolgáló védekezési lehetőségeket vizsgálták (Boh és Knez 2006). Az e kutatásban részt vevő textíliák olyan anyagok voltak, amelyek hatását nem szükséges mosással kapcsolatban is vizsgálni. Az általános ruházati és lakástextíliákon ez a módszer azonban egyelőre kevésbé használható, illetve alapvetően nem használja ki a zsálya mint festőnővény funkcióját.

III.3.3. UV-védelem

A textilipar számos fényvédő és szintetikus UV-elnyelő terméket alkalmaz, azonban ezen a téren is szükség van környezetbarát megoldásokra, amelyekben a növényi festékek szerepet játszhatnak. Az UV-védelem erősségét az ún. UPF (ultraviolet protection factor) mérésével vizsgálják, amely azt mutatja meg, hogy mennyi UV sugarat (UVA és UVB együttesen) enged át a textil a bőr felé (átengedett sugárzás mennyisége = $1 / \text{UPF}$). A nagyobb UPF értékű textilanyag kevesebb sugárzást enged át (**2. táblázat**). Az UPF a növényi festékek abszorpciós jellemzőivel van összefüggésben, de a textilek UV-védelme függ többek között az anyag kémiai és fizikai szerkezetétől, porozitásától, vastagságától és egységre vonatkoztatott tömegétől is.

2. táblázat: UPF értékelési rendszer az eredeti Ausztáliai Standard, illetve az AATCC standard alapján
(forrás: Schmidt-Przewoźna és Kowalinski 2011)

UPF tartomány	textíliák UPF értéke	elnyelt UV sugárzás	UV-védelem szintje
15-24	15, 20	93.3% - 95.8%	jó, de elégtelen védelem
25-39	25, 30, 35	96.0% - 97.4%	nagyon jó védelem
40-50, 50+	40, 45, 50, 50+	97.5% - 98.0%	kiváló védelem

A növényekben előforduló tanninok szerkezeti rezonancia segítségével elnyelik az UV sugárzást, és ezzel védik a növényt, illetve a textilre kerülve annak felületét is. Az elnyelt UV-sugárzás így nem jut el a bőrfelszínig, védve azt a káros hatásoktól. A magas tannintartalmú növények festőanyagai ezért hatásosak lehetnek az UV-sugárzással szemben (Pargai et al. 2020). Egy kutatás során a tanninok szerepe mellett kimutatták a *Gardenia jasminoides* festékanyagában lévő vízzoldékony karotin, a krocin esetében is az UV-védő hatást (Shing et al. 2021), illetve többek között a hazánkban is jól ismert *Taraxacum officinale* festékanyagában is. Kiváló UPF-szintet mutatott a *Syzygium*

cumini, az eukaliptuszlevél, az *Acacia catechu*, a gránátalma héja, valamint a banánhéj is, amelyek többségében tannin, utóbbiban egy flavonoid, a luteolin lehet felelős az UV-védelemért (Pargai et al. 2020).

A flavonoidok UV-védő képességét más kutatások is bizonyították. A fent említett eukaliptuszban is szerepet játszhatnak a tannin hatása mellett, erre utal da Silva et al. (2018) kutatása is, amelyben a kitozánnal előkezelt pamut sokkal több flavonoidot (kvercetin, rutin) vett fel az eukaliptuszból kinyert festőléből, mint a nem kezelt pamut, és ezáltal sokkal magasabb UPF értéket is mutatott. A *Coreopsis tinctoria*val – amelynek legfontosabb bioaktív összetevői szintén a különböző flavonoidok (Shen et al. 2021) – festett lenvászon pác nélkül 35, rézgálicos, illetve vasszulfátos páccal 50+ UPF értéket ért el (Schmidt-Przewoźna és Kowalinski 2011).

Az antrakinon tartalmú *Rubia cordifolia* is nagyon jó UPF-szintet ért el egy kutatási eredmény szerint. Az antimikrobiális hatáshoz hasonlóan a festés során használt fémsós páccok több kutatási eredmény szerint növelték (pl. az említett *Rubia*- és *Coreopsis*-vizsgálat esetén), a legtöbb kísérletben viszont csökkentették az UPF mértékét. Ennek oka vélhetően a festékanyag szerkezeti változásában keresendő, a páccal komplexet alkotva ugyanis megváltozhat a fényelnyelő képesség, ezáltal a kezelt, festett textil nagyobb hullámhosszú fényt nyel el, amely a színmélységet növeli, az UPF értéket viszont csökkenti (Pargai et al. 2020).

Az UV-védő hatás azonban a napfény és a többszöri mosás hatására csökken, ezért ennek megtartása is még további kutatásokat igényel, a pácolás és bizonyos felületmódosító technológiák erre is hatással lehetnek.

III.3.4. Rovarriasztó hatás

A textilek rovarriasztó hatása két szempontból jelentős, egyrészt a textilek védelme érdekében (a ruhamoly károsítása főleg a gyapjútermékeket – ruházat, takarók stb. – érinti, a pusztító múzeumbogár pedig elsősorban a szőnyeget teszi tönkre), másrészt természetesen humán védekezés céljából, betegségeket terjesztő szúnyogok vagy akár allergiás reakciót kiváltó darázscsípés ellen. Szintetikus rovarriasztó felületkezelő anyagokat alkalmaztak és alkalmaznak ma is, toxikus hatásaik miatt közülük többet mára már be is tiltottak. A természetes festőanyagok rovarriasztó hatását azonban még nagyon keveset kutatták.

Az eddigi vizsgálatokból kiderült, hogy a tanninok szerepe a rovarriasztó hatásban is jelentős. Shakyawar et al. (2015) kutatása kimutatta, hogy a magasabb cseranyagtartalmú festőanyagok – pl. *Quercus hypoleucoides*, *Juglans sp.*, gránátalma héja – kiváló rovarellenes hatással rendelkeznek. A kutatás során gyapjún alkalmazott sáfrányvirág, hagymahéj, henna, ezüstlevelű örökzöld tölgy, festő buzér, dióburok és gránátalmahéj vizsgálata alapján mutatták ki, hogy minél magasabb volt az adott festőanyag tannintartalma, annál erősebb lett a molyűző hatás. Azok a festékek, amelyek 40% feletti tannintartalommal rendelkeznek, kifejezetten hatásosak a molyok ellen, a legeredményesebb ezek közül az ezüstlevelű tölgy (47,87%), a dió (44,31%) és a gránátalma (45,23%) volt.

A növényi festett textilek szúnyogűző hatásáról egyelőre még a fentieknél is kevesebb információ áll rendelkezésre. Noha bizonyos növényi hatóanyagok (pl. citromlaj) szúnyogűző hatása közismert, ezek viszont elsősorban illóolajok, amelyek a festéssel előállított komplexekben nem nagyon tudnának szerepet vállalni. A gránátalma héjának pamuton való alkalmazására vannak adataink, különböző koncentrációjú polivinil-alkohol (PVA) oldószer mellett legjobb eredményként 80%-os szúnyogriasztó hatást sikerült kimutatni (Pargai et al. 2020).

III.4. Néhány fontosabb festőnövénnyel kapcsolatos kutatás összefoglalása

Ahogy azt már korábban említettem, a festőnövénnyel kapcsolatos kutatások többsége olyan növényeket vizsgál, amelyek hazánkban nem honosak, az olyan kutatások száma azonban, amelyeket európai viszonylatban is fel tudunk használni, sokkal kevesebb. Jelen fejezetben öt olyan növényt mutatok be, amelyek itthon is ismertek, és a hazai növényi festésben is hagyományosak voltak régen. Akad közöttük gyomnövény, védett növény, de termesztett növény is. A növényeket aszerint választottam ki, hogy fő festőanyagaik különböző kémiai csoportokból kerüljenek ki, így a legfontosabb gyógyhatású festőanyagokra is példaként szolgálhatnak.

III.4.1. *Rubia tinctorum* – festő buzér (antrakinonok)

A festő buzér (*Rubia tinctorum*) hagyományos festőnövény, gyökerét régóta használják vörös-rózsaszín színek festésére (16. ábra). A *Rubia* nemzetségnek számos faja ismert a világon, különböző éghajlatokon különböző fajt használnak. Európában a *R. tinctorum* volt sokáig az egyetlen olyan növény, amelyből tartósan megmaradó, erős színű vörös festéket tudtak kinyerni (Kemendi 1989). Fő festőanyagaként az alizarint és a purpurint tartják számon, mindkettő antrakinon-származék. Valójában azonban legalább 30-féle antrakinon játszik szerepet a színyanyag előállításában, a színtartósságot pedig szintelen hatóanyagok is segítik a festő buzér kivonatból készített festékekben. Farmakológiai szempontból jelentős hatóanyagai továbbá a klorogénsav, aszperulozid, dafillózid, rutin és hiperozid (Orbán 2008).

Számos régészeti leletként előkerült vörös textilmaradvány vizsgálata során bebizonyosodott, hogy az eredeti festőanyag a festő buzér volt, az alizarin és purpurin is kimutatható volt ezekből a leletekből. A legkorábbi ismert Rubiával festett textilmaradványok Skandináviából származnak az i. e. 350 és i. u. 90 közötti időszakból, amely kiváló bizonyíték az antrakinon-festékek színtartósságára (Do et al. 2023). Ugyanakkor Willemen et al. (2018) vizsgálatából kiderül, hogy a *Rubia tinctorum* festékanyagában glikozidos formában jelenlevő antrakinon-származékok kevésbé kötődnek a textilhez, mint az aglikonok. A vizsgált hatféle antrakinonból festés után a lucidin primverozid és a ruberitrinsav alig volt kimutatható, míg a pszeudopurpurin, munjistin, alizarin és purpurin szinte teljes mértékben a gyapjúhoz kötődött. Az egyes antrakinonokat külön is elemezve az alizarin bizonyult fénnel szembeni színtartósságban legjobbnak, de a teljes kivonat szinte ugyanolyan jó színtartósságot eredményezett, így feltételezhető, hogy valamilyen szintelen hatóanyag a kivonatban UV-stabilizátorként működhet (Willemen 2018).

A festő buzérból kivont festőanyag elsősorban antrakinontartalmának köszönhetően funkcionális textilek készítésére is alkalmas lehet. Az alizarin vegyületben (1,2-dihidroxiantrakinon, $C_{14}H_8O_4$) az 1-es és 2-es C-atomhoz kapcsolódóan is található egy-egy -OH-csoport, amely könnyen reakcióba tud lépni más anyagokkal. Antibakteriális hatás azáltal érhető el, hogy ez a két -OH-csoport a baktériumfehérjék aminosavjaival komplexet képez, ezáltal deaktiválja a fehérjefunkciókat és így a baktériumok növekedését is. Az alizarin antifungális hatása pedig az 1-es C-atomnál lévő -OH-csoportoz köthető, amely csökkenti a biofilm képződését, így a gombák nem tudnak elszaporodni az alizarin jelenlétében. Vélhetően az orto-pozícióban lévő -OH-csoportok a felelősek a jó

szabadgyök-megfogó képességért és ezáltal az antioxidáns szerep kialakulásáért. Az alizarin továbbá a 245-430 nm közötti fényhullámokat, tehát az UV-sugárzást is képes elnyelni, a *Rubia tinctorum* kivonattal festett PET, gyapjú és pamut esetén is 50 feletti UPF értéket állapítottak meg, amely kiváló értéknek számít. Mindemellett az alizarin lárv- és bábölő hatását is bizonyították (Do et al. 2023).

A festő buzér mindezek alapján kiválóan alkalmazható lenne funkcionális textilek festék- és felületkezelő anyagaként. Azonban ahhoz, hogy egy egészségre ártalmatlan, környezetbarát technológia kifejlesztésre kerüljön, szükség van a „negatív oldal” vizsgálatára is. Amint azt már korábban említettem, toxicitási vizsgálatokat sokkal ritkábban végeznek egy adott növényi festékkel kapcsolatban, mint pozitív irányú vizsgálatokat. De Farias et al. (2023) tanulmánya felhívja a figyelmet arra, hogy a természetes alapú festékanyagok olykor akár még toxikusabbak is lehetnek az élővilág számára, mint szintetikus megfelelőik. Mivel az antrakinonok nehezen bomlanak, ezért feltételezhető, hogy a festés után maradt melléktermékekből tisztítás ellenére is bekerülnek a vízi élővilágba és ott toxikusak lehetnek a vízi élőlényekre. Noha vizsgálataik elsődleges célja két másik – nem növényi eredetű – antrakinonszármazék toxicitásának megállapítása volt, példaként hozták a *Rubiából* kivont alizarinnal végzett kísérletet is, amely során megállapították, hogy az alizarin a *Daphnia similis* organizmusra kis mértékben toxikus.



16. ábra: *Rubia tinctorum* növény rajza és gyökerével festett alpaka fonal (forrás: Wikipédia és saját felvétel)

III.4.2. *Juglans regia* – közönséges dió (naftokinonok)

A közönséges diónak (*Juglans regia*) számos része használható festésre, pác nélkül is. Porzós barkái sárga színt adnak, a zöld dióburok barnát, a beért dióburok sötétbarnát, vasgáliccal együtt pedig fekete szín nyerhető (17. ábra). Levelei is használhatók, ezekkel világosbarna szín festhető, de halvány, drappos szín még a csonthéjból is kinyerhető (Kemendi 1989). Fő festő- és hatóanyaga a juglon (5-hidroxi-1,4-naftokinon), amely egy barna pigment, a Juglandaceae család fajainak gyökerében, levelében, kérgében és terméshéjában is előfordul. A dió ezen kívül még más naftokinonszármazékokat is tartalmaz, 10% cseranyagot (ellágtanninokat), 3%

flavonoidokat (kvercetin, kempferol), 0,8-1% aszkorbinsavat, fenolos savakat (galluszsav, kávéssav, neoklorogénsav) és nyomokban illóolajat (Bernáth 2013). Panth et al. (2016) emellett kiemeli összetevői közül a szteroidokat (lupeol, β -szitoszterol, betulinsav, daukoszterol) és további más, kevésbé meghatározó kémiai összetevőt is felsorol.

A dióburokból készült növényi festék – amely tehát nemcsak juglont, hanem a fent felsorolt egyéb komponenseket is tartalmazza – antimikrobiális és antioxidáns hatását számos kutatás igazolta. Elsősorban a Gram-pozitív baktériumok esetében mutattak ki antibakteriális hatást, a Gram-negatív baktériumok esetében kevésbé, amelyet azok külső membránjának lipopoliszacharid-tartalmával magyaráztak, amely vélhetően kevésbé engedte át a növényi hatóanyagokat (Beiki et al. 2018, Panth et al. 2016). Beiki et al. (2018) kutatása kiemeli továbbá, hogy a természetes festék antimikrobiális hatása változhat, ha más anyaggal kapcsolódik, hajon alkalmazva például csökkenő hatást figyeltek meg – *E. coli*-val szembeni hatásosság 14%-os, *Aspergillus niger* gombával szembeni hatásosság 39%-os csökkenése –, amely vélhetően azzal magyarázható, hogy így kisebb koncentrációban jelennek meg a hatóanyagok. Mindazonáltal valamennyi hatás még így is megfigyelhető, a vizsgálat pedig kiterjedt a *B. subtilis*, *S. aureus* és *P. aeruginosa* fajokra is (Beiki et al. 2018).

A dió levelének és friss hajtásának antibiotikus hatását vizsgálva Jabli et al. (2017) kimutatta, hogy a hajtás kivonatára az *A. niger* és *Salmonella arizonae* fajok a legérzékenyebbek. Mindemellett mindkét növényi rész kivonata kiemelkedő szabadgyökmegfogó képességgel rendelkezik. Textilfestés után azonban már a gyógyhatást nem, csak a színtartósságot vizsgálták. A gyapjún, valamint akril, poliészter, polyamid és acetát alapú anyagokon vizsgált színtartóssági eredmények jók, illetve kiválóak voltak, pamut esetén a hajtással történő festés csak kationos felületmódosítás után lett elfogadható.

Érdekes eredményt értek el akril anyagot diókéreg kivonattal festve. Az akrilt általában véve nehéz festeni kémiai módosítás nélkül, az anyag SO_3 - csoportja és a festékek karboxilátcsoportja között ugyanis elektrosztatikus taszítás léphet fel. A diókéreg mégis kiválóan megfestette az anyagot módosítás nélkül is, ráadásul a két anyag találkozása fluoreszkáló hatást is eredményezett. A festésben elsősorban tanninok és flavonoidok játszottak szerepet. A polifenolokat természetes fluoroforoknak is nevezik, amelyek a fényenergiát elnyelve és tárolva fényt bocsátanak ki. A festést mikrohullámú technológiával segítették, a mikrohullámú sugárzás intenzitásával és idejének növelésével a festés és a fluoreszkálás erősségét egyenes arányban sikerült növelni (Slama et al. 2022).

Panth et al. (2016) összesítő tanulmánya a diókivonat magas antioxidáns hatását elemzi többféle kutatási eredményt is bemutatva, amelyekben elsősorban a flavonoidok, tanninok és zsírsavak szerepét vizsgálták. Rávilágít, hogy a kivonat koncentrációtól függően kiemelkedő védelmet tud biztosítani a sejthalállal és a kalcium-diszregulációval szemben. A dióban lévő polifenolos komponensek továbbá kiemelkedőek a kognitív funkciók megőrzésében, a kognitív öregedés késleltetésében, de kimutatták emellett a növény vércukorszintcsökkentő, májvédő, rákellenes és gyulladásgátló hatását is. Több kísérlet alapján pedig több gombára vonatkozó antifungális hatása is kimutatható volt, amelyért az eredmények alapján nemcsak a juglon, hanem a fenolos komponensek felelősek – az azonban még nem tisztázott, hogy több komponens is antifungális hatású vagy az egyébként ilyen hatással nem rendelkező komponensek fel tudják erősíteni a juglon hatását (Raja et al. 2017, Wianowska et al. 2016). E gyógyhatások némelyike a funkcionális textilek további vizsgálatában, új típusú textilek létrehozásában is

szerepet játszhat, például olyan kötszerek, borogatások, tapaszok esetén, amelyek a bőr felszínén hatnak vagy a bőrön át juttatnak be hatóanyagokat a szervezetbe. Állatkísérletek során bőrirritáció és hiperpigmentáció megjelent ugyan a dió külsőleges, helyi használata mellett, de a humán kontakt allergia megjelenése rendkívül ritka (Panth et al. 2016), ezért textílfestésre valóban kiválóan alkalmas.



17. ábra: *Juglans regia* rajza és zöld dióburokkal hidegen festett gyapjú és pamut-len fonal
(forrás: Flickr és saját felvétel)

III.4.3. *Cota tinctoria* – festő pipitér (flavonoidok)

A festő pipitér (*Cota tinctoria*, korábbi nevén *Anthemis tinctoria*) hazánk egyik legáltalánosabb sárga festőnövényének számított (elsősorban virágát felhasználva), más országokban azonban elsősorban mint gyógynövény élt a köztudatban, emellett az élelmiszeripar használja ételfestéshez (**18. ábra**). Rendkívül magas fenoloid-, illetve azon belül flavonoidtartalma számos betegség ellen alkalmassá teszi.

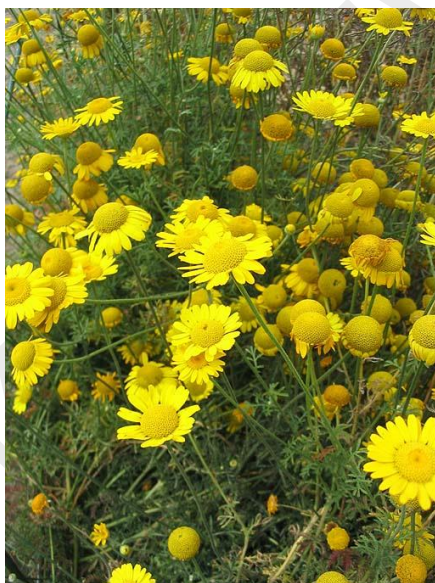
Bahadori et al. (2021) mélyreható kutatása alapján a fenolos komponensek nagy részét, 23 különböző vegyületet sikerült azonosítani. Fő komponensei a klorogénsav, rutin, katechin, kempferol és apigenin. Ezek mellett olyan flavonoidok is találhatóak még a növényben, mint a nikotiflorin, patuletin, patulitrin, izokvercitrin és tinktozid. Egy ésezt kutatás a fő fenolos összetevők között a kávésavszármazékokat, a kinasavat és a kvercetint említi (Raal et al. 2022). Illóolajának fő összetevőit is megállapították: az első kutatás alapján 1,8-cineol, α - és β -pinén, kaprinsav, germakrén, kariofillén-oxid és kámfor, míg a másik kutatás a palmitinsavat, p-cimenént és α -muurolént mutatta ki (Bahadori et al. 2021, Raal et al. 2022). Törökországi mintákat vizsgálva a fő fenolos komponensek a klorogénsav, 2,5-dihidroxibenzoesav és apigenin-7-glükózid, rutin viszont alig volt kimutatható a mintában (Eser et al. 2016). A különbségek oka részben az is lehet, hogy a széles elterjedtségű festő pipitér kemotípusa vélhetően minden területen egy kicsit különbözik.

Textíleken alkalmazva világos sárga színt ad, amely vélhetően több fenolos komponens együttes hatása. Mosással szembeni színtartósságát az alumíniumos páccok növelik, dörzsöléssel szemben páccal és pác nélkül is

tartós színt eredményez, érdekes módon azonban fénnel szembeni színtartóssága magasabb pác használata nélkül. Eser et al. (2016) vizsgálatai pamuton, gyapjún, viszkózon és egy poliészter-viszkóz keverék anyagon tesztelték a festő pipitért, ezek közül a keverék anyagon alkalmazva bizonyult legkevésbé hatásosnak, amelynek oka az anyag két különböző tulajdonságú összetevője lehetett, amely miatt összetettebb festési eljárásra van szükség.

A festő pipitér erős antioxidációs hatásáért a fő fenolos komponensek felelősek. Hatóanyagai továbbá enzimaktivitás-gátlók, amely segítség lehet számos neurodegeneratív betegség (pl. Alzheimer-kór) esetén, továbbá a diabétesz és a hiperpigmentáció kezelésében is. (Bahadori et al. 2021). Raal et al. (2022) kutatása pedig egyes daganatsejtekre vonatkozó potenciális rákellenes hatását is kimutatta. A hagyományos gyógyászatban elsősorban emésztőrendszeri problémák kezelésére és fülfájásra használják (Eser et al. 2016). A festő pipitérrel kapcsolatban citotoxicitási vizsgálat is készült, hogy megállapítsák, valóban érdemes-e festőnövényként használni vagy negatív hatást vált ki a bőrrel érintkezve. Mint ahogy azt már említettem, az ilyen típusú vizsgálatok ma még elég ritkák, a festőnövények kapcsán elsősorban azok pozitív hatásaira fókuszál még a kutatások zöme. A *Cota tinctoria* vizsgálata virág, szár és gyökér esetén is negatív eredménnyel zárult, nem toxikus hatású (Eser et al. 2016).

E sárga virágú évelő „gyomnövény” egyike azon kevés növényeknek, amelyek festőanyagának ipari felhasználása érdekében már nemcsak kémiai összetétellel kapcsolatos és színtartóssági vizsgálatok, hanem természetstechnológiai kísérletek is történtek (Kizil et al. 2005).



18. ábra: *Cota tinctoria* és virágával festett gyapjú fonalak (forrás: Wikimedia és wildcolours.co.uk)

III.4.4. *Quercus* spp. - tölgyfajok (tanninok)

A tölgyek jelentős szerepet töltenek be a hagyományos textilfestésben, magas cseranyagtartalmuk miatt ugyanis nem csupán festékanyagként, hanem biopácként is használhatóak (19. ábra). Kérjük a legfontosabb bőrcserző anyagnak számított régen, fájuk pedig – szintén tannintartalma miatt – tartós, víznek és korhadásnak ellenálló,

ezért nem csak épület- és bútorfaként, de hajók alapanyagaként, vagy akár boroshordóként is hasznosítható. Festése pác nélkül is történhet, elsősorban kérgének puha, belső részét használták, amely barna színt ad, de festettek a gubacsdarazsak által okozott növényi kinövésekkel, az ún. tölgygubacsokkal is (Kemendi 1989). Levelei és makkja sárgásbarna színt adnak (Dean 2018). A tölgyfa kérge hidrolizálható tanninokat és kondenzált tanninokat egyaránt tartalmaz, összesen 8-20%-ban. Találhatóak még benne triterpének, szuberin, ecetsav és hangyasav is (Bernáth 2013).

Európában elsősorban a *Q. robur*, *Q. petraea* és *Q. cerris* elterjedt, Észak-Amerikában a *Q. velutina*, mediterrán partvidékeken a *Q. coccifera* és *Q. ilex* (Dean 2018), a legtöbb vonatkozó kutatási publikáció azonban a Dél-Európa egyes tájain és a Közel-Keleten élő *Q. infectoriával* kapcsolatosan született (Uddin et al. 2022, Gupta et al. 2004). Amint az korábban már ismertetésre került, a *Q. infectoriát* kifejezetten alkalmasnak találták a fémsókat kiváltó biopácnak, magas tannintartalma a növényi és állati textilszálak esetén is növeli a festékanyagok megkötését (Uddin et al. 2022). A *Q. infectoria* továbbá kiváló antimikrobiális tulajdonságokkal is rendelkezik, számos baktériumtörzs fejlődését képes gátolni (Gupta et al. 2004), ezért funkcionális textilek gyártására is kiválóan alkalmas.

Noha a tölgy önmagában, pác nélkül is jó festési tulajdonságokkal rendelkezik, festőtulajdonsága más páccal együtt még erősebb lehet. A *Q. robur* makk kupacsból készített festék fűzfa hamut, illetve nyárfa hamut használva pácként például kifejezetten erős és változatos árnyalatú színeket, illetve rendkívül jó színtartósságot eredményezett fehérjealapú textilek esetén (Geelani et al. 2016), amelynek vélhetően az volt az oka, hogy a lúgos pác a textilszálak + töltésű csoportjaihoz kapcsolódva azokat a csoportokat is be tudta vonni a savas tölgykivonatos festési eljárásba, amelyek egyébként nem vettek volna részt a folyamatban.

A *Q. robur* nemcsak festőanyagként és pácként, hanem szennyvíztisztítóként is használható. Segítségével a szintetikus kationos festékanyagok kiszűrhetők a vízből, a makk csonthéjából képzett kivonat molekulái ugyanis természetes koagulánsként viselkedve összekapcsolódnak a festékmolekulák funkciós csoportjával, ezáltal megkötve őket, amely után már könnyen eltávolíthatók a vízből (Kuppusamy et al. 2017). A tölgyek – elsősorban magas tannintartalmuknak köszönhetően – tehát kifejezetten sokoldalú növények, igazi jolly jokernek tekinthetők a textilipar számos területén.



19. ábra: *Quercus robur* és makkal festett gyapjú fonalak (forrás: Wikimedia és jennydean.co.uk)

III.4.5. *Isatis tinctoria* – festő csülleng (indigoidok)

A festő csülleng (*Isatis tinctoria*) Európában hagyományosan használt festőnövény, amelyből fermentálással és oxidációval állították elő az indigó kék festéket (bővebben I. a III.2.5. fejezetben), míg az Ázsiából importált indigó (17. sz.), majd végül a szintetikus indigó (19. sz.) fel nem váltotta használatát (20. ábra). Jóllehet elsősorban indigókék színéről ismert, a festő csülleng leveleiből hagyományos főzéssel rózsaszínes árnyalatok is festhetők, valamint ugyanilyen rózsaszínes-lilás színt ad a magjából készített festőlé is. Pácok használata ezeknél sem szükséges, a magok azonban timsóval zöldes-szürkés színt adnak (Dean 2018).

A káposztafélék családjába (*Brassicaceae*) tartozó festő csülleng nemcsak festőnövényként, hanem gyógynövényként is jelen volt, ám festőnövényként való kiszorítása egyben gyógyászati hanyatlását is eredményezte, s csak a hagyományos kínai gyógyászatban alkalmazták tovább. A 20. században „fedezték fel újra” számos pozitív hatását, amelynek eredményeként gyökérdrognaként (*Isatidis radix*) megjelent az Európai Gyógyszerkönyvben. A Magyar Gyógyszerkönyvbe 2019-ben került be (OGYÉI 2019).¹

A növény számos vegyületet tartalmaz, többféle alkaloid (köztük a színért felelős indolvázas alkaloidok vagy indigoidok, illetve triptantrin), fenolos komponensek (legnagyobb számban flavonoidok – főleg vicenin-2, stellarin-2, izovitexin, luteolin-glucuronid és kvercetin), poliszacharidok, a *Brassicaceae* családra jellemző glükoszínolátok, karotinoidok, illóolaj, zsírsavak is találhatók festéshez felhasznált levelében (Speranza et al. 2020, Xu et al. 2020, Xu et al. 2022), így a fermentálás során a festőlébe ezek is belekerülhetnek, és egyrészt hatással vannak a végső színre, másrészt egyéb tulajdonságokért is felelősek lehetnek. Lohtander et al. (2021) vizsgálatai például kimutatták, hogy a természetes úton előállított leukoindigó sokkal stabilabbnak bizonyult, mint a szintetikus, a természetes indigófesték továbbá sokkal erősebb antioxidáns hatással rendelkezik, szabadgyökmegfogó képessége 80% a szintetikus indigó 5%-os hatásával szemben. A két jelenség természetesen összefügg egymással, az oxidáció lassításáért a kutatók szerint vélhetően a természetes indigóban előforduló fenolos komponensek jelenléte felelős, amelyek megfogják a szabadgyököket és ezáltal hozzájárulnak a természetes indigó bioaktív tulajdonságaihoz.

A festő csülleng bioaktív komponensei azonban messze túlmutatnak a festésre használt indigó összetevőin. Az *Isatis tinctoria* nem véletlenül tradicionálisan használt gyógynövény is, antioxidáns, gyulladásgátló, tumorelles és antimikrobiális hatását pedig tudományosan is igazolták. Speranza et al. (2020) összefoglaló tanulmányában sorra veszi az elmúlt évtizedekben végzett kutatásokat ezekkel kapcsolatban. Gyulladásgátló hatással kapcsolatos vizsgálatok elsősorban a szárított levélre és a triptantrin alkaloid kivonatra vonatkoztak. Ezek során egereken és patkányokon végzett kísérleteken többféle gyulladással (pl. tüdő, fül- és lábödéma, arthritis, asztma) kapcsolatban mutattak ki gátló hatást. Továbbá humán vizsgálatokban SLS által kiváltott kontakt dermatitisz és UVB sugárzás miatti bőrpír kezelését végezték, előbbi esetén az *I. tinctoria* leveleinek zsíros kivonata helyileg alkalmazva hatásosnak bizonyult, a triptantrin azonban helyileg alkalmazva nem bizonyult hatásosnak egyik probléma esetén sem. Antiallergén hatásának bizonyult továbbá az indolin-2-on alkaloid.

¹ Érdekességként megemlítendő, hogy a Ph. Hg. VIII.-ban szerepel egy másik „Festő csülleng” nevű drog is, amely azonban egy másik indigoid tartalmú növény, a *Persicaria tinctoria* (syn. *Polygonum tinctorium*) levéldrognaként (*Persicariae tinctoriae folium*) tartalmazza (10/2020:2727 – OGYÉI 2020).

Tumorellenes hatást főként az indirubin és triptantrin esetén tudtak kimutatni, számos in vivo és in vitro kísérlet során, amely a tumortípusok széles skáláját foglalta magában. A triptantrin többek között a szilárd daganattípusok (pl. mell-, bőr-, tüdő, agydaganat) és a leukémia esetén lehet hatásos, és hatásmechanizmusának fontos része az ún. anti-angiogenetikus hatás, míg az indirubin elsősorban antimitotikus, sejtosztódást gátló hatású. Mindemellett a poláris fenolos komponensek (flavonoidok és fenolsavak) is hozzájárulhatnak a tumorellenes hatáshoz (Speranza et al. 2020).

Az indirubin és a gyökérben lévő poliszacharidok különféle vírusok (pl. influenza) esetén bizonyultak hatásosnak. Az alkaloidok, valamint főleg a fenolos komponensek (ezen belül főleg a flavonoidok) antioxidáns hatása is kiemelkedőnek bizonyult. Az antimikrobiális hatás vizsgálatában pedig a legjobb hatásúnak a levelek alkoholos kivonata bizonyult, amely számos baktériumtörzs esetén a forgalomban lévő antibiotikumoknál is erősebb hatást váltott ki, de antimikrobiális hatást mutattak ki a triptantrin esetén is. (Speranza et al. 2020). Megemlítendő ezzel kapcsolatban, hogy a növényi indigóval festett kötéseket, borogatásokat már a hagyományos gyógyászatban is használták sebfertőtlenítésre és gyulladáscsökkentőnek (Wells 2013).



20. ábra: *Isatis tinctoria* növény és a fermentált növényi kivonattal festett gyapjú fonalak (forrás: Flickr)

III.6. További kutatások a növényi festés alkalmazásával kapcsolatban – környezetvédelem, egészségvédelem, fenntarthatóság

A textilipar az egyik legrégebbi és legnagyobb hagyományokkal rendelkező iparág, egyben azonban a világ egyik legszennyezőbb iparága. Ennek oka részben a festékanyagok széleskörű használata, amelyeknek nemcsak előállítása, de felhasználása során is rengeteg káros anyag keletkezik, részben pedig a végtelen mennyiségű vízszükséglet, de a szintetikus textiliák előállítása a vízfelhasználáson kívül is jelentős környezetterhelést jelent. Az ipari felhasználás után visszamaradt szennyvíz sokszor kezeletlenül kerül vissza az élővizetekbe, de még annak tisztítása esetén is előfordulhat, hogy új, toxikus melléktermékek képződnek, amelyek aztán bekerülnek a vízi élővilágba (de Farias et al. 2023). A környezetszennyezés az ipari műveletek után sem áll meg, a textilek mosása révén mikroműanyagok kerülnek a környezetbe, az elhasznált, megunt ruhák pedig sokszor szemétkukákba kerülnek (a fast fashion ruházati termékek silány minőségük miatt kiemelten hozzájárulnak a ruhák sűrű cseréjéhez).

2021-ben a globális textilipar-termelés közel 113 millió tonna volt (megoszlását l. a **3. táblázatban**), amely 2030-ra várhatóan 149 millió tonnára emelkedik (Blackburn et al. 2023). Az Európai Parlament tájékoztatása szerint 2020-ban a textilipar volt a harmadik legnagyobb víz- és földfelhasználó, a textilgyártás pedig a globális vízszennyezés 20%-áért felelős. Szintetikus anyagok mosásával évi 0,5 tonna mikroszál jut az óceánokba, a mosás a mikroműanyagok környezetbe juttatásának 35%-át eredményezi (Európai Parlament 2020).

3. táblázat: A világ textiltermelése 2021-ben (forrás: Blackburn et al. 2023)

TEXTILTÍPUS	ELŐÁLLÍTOTT MENNYISÉG	
	millió tonna	%
poliészter	60,50	53,78
pamut	24,70	21,96
mesterséges növényi szálanyagok (viszkóz, lyocell stb.)	7,20	6,40
más növényi szálanyagok (pl. len, kender)	6,70	5,96
poliamid	5,90	5,24
egyéb szintetikus (pl. polipropilén, akril, elasztán)	5,80	5,16
gyapjú	1,00	0,89
egyéb állati szálanyagok	0,70	0,62
összesen	112,50	100,00

Az EU által 2050-re megvalósítani kívánt körforgásos gazdaság tervének ezért a textilipar is részese. Ennek célja a keletkező hulladék és szennyezés csökkentése, a hulladékok újrahasznosítása, a vízfogyasztás csökkentése, megújuló energiák használata, a toxikus vegyi anyagok elhagyása, új anyagok, rendszerek, termékek fejlesztése. Az elmúlt évtizedekben már sok olyan textiliát kifejlesztettek, amelyek újrahasznosított anyagokból készülnek (különböző műanyagok újrahasznosításával vagy műanyagok és természetes anyagok, szálak keverékeként), a jövőben a textilek festése esetén is törekedni kell új technológiák, anyagok használatára. A természetes eredetű (növényi, állati, ásványi, gomba) festőanyagok ezért hosszú idő után újra előtérbe kerülnek, a régi, hagyományokon

alapuló eljárásokkal szemben azonban ma már számos tudományos kutatás előzi meg ezek használatát. A természetes festőanyagok hatásmechanizmusa más alapokon nyugszik, mint a szintetikus festékeké, ezért a különböző textíliákon való alkalmazásukhoz szükség van a két anyag kötődési képességének kialakítására, fejlesztésére, hogy tartós színek képződhessenek. A hagyományos pácolási eljárásokon túl új kötődésjavító technológiákat is fejlesztenek. A hulladékcsökkentés jegyében pedig iparágak közötti kapcsolatok kialakítására törekednek, ilyen többek között az élelmiszeriparban lévő növényi hulladékok felhasználása a textiliparban, azon belül is a textílfestésben és textílnyomtatásban. De ilyen lehet az ipari hulladékok mellett a mezőgazdasági termelés és erdészet során keletkezett melléktermékek, hulladékok újrahasznosítása is (Singhee 2020).

III.6.1. Fémsó-pácok kiváltása

A legtöbb növényi eredetű festőanyag nem szubsztantív, vagyis direkt színezék, tehát nem kötődik magától a textilszálakhoz, ezért ahhoz, hogy ezt meg tudja tenni, szükség van valamilyen kemikáliára, amely segíti a textilszál és a festőanyag közötti kapcsolódást (bővebben I. a III.1.3. fejezetben). Ehhez a hagyományos textílfestés során leggyakrabban fémsókat (alumíniumszulfát – timsó, vasszulfát, rézszulfát) használtak, ezek ipari méretű használata azonban környezetkárosító lehet. A fémsók környezetre gyakorolt negatív hatása miatt egyre több kutatás folyik más, természetes alapú ún. biopácok vagy egyéb, egészségre ártalmatlan felületmódosító technológiák kidolgozására. Utóbbiak közül a plazmakezelés, gammasugárzás, mikrohullámú sugárzás, UV sugárzás és enzimkezelés a legkutatottabb irány (Singh et al. 2021).

A különböző biopácok kiválthatják a fémsó-pácokat, ezek talán legismertebb és régóta alkalmazott példája a tanninok használata, emellett pedig a klorofill-tartalmú növények is kiválóan alkalmasak biopácnak. A tanninok hidroxilcsoportjában lévő fenolok kulcsszerepet játszanak a festékkomponensek és az anyag közötti keresztkötések létrehozásában, a növényi alapú textilek (pl. pamut, len) anionos cellulózszerkezetéhez nehezen kötődő festékmolekulákat jól rögzítik ezek a savas pácok (Singh et al. 2021). Egy másik lehetőség az olyan, ún. hiperakkumulátor növények alkalmazása, amelyek képesek fémeket felhalmozni szövetükben. Biopácként alkalmazták már továbbá a tejsavót, tejport, mangófa kérgét, aloe verát és a nátrium-karbonátot, vagyis mosósószódát is. A fehérjealapú szálak és a szintetikus szálak, textilek pácolásához a kálium-hidrogén-tartarát ($C_4H_5KO_6$), az oxálsav ($H_2C_2O_4$) és a citromsav ($C_6H_8O_7$) alkalmazható. (Che és Yang 2022). Az oxálsavat, citromsavat, valamint a cseresavat cellulózalapú mikrokristályos mesterséges anyagon is sikerrel alkalmazták fűzfakéreggel történő festésnél (Lohtander et al. 2020). Tudományosan bizonyított adatok állnak rendelkezésre többek között a gránátalma héja, a *Quercus infectoria*, valamint a *Acacia catechu* biopácként való eredményes alkalmazásáról (Uddin et al. 2022).

A textilek kationos vagy anionos csoportot tartalmazó felületkezelő szerekkel történő kezelése sokat javíthat a festési eljárásokon. A kitozán pamut, selyem és gyapjú esetén is növelte a festékanyagok kötődését, mindemellett a pamut és gyapjúszállakon növelte az antibakteriális és antioxidáns hatást is. A kitozán mellett más anyagok használatán is kísérleteznek, többek között egyéb biopolimerek és az alginsav is pozitív eredményeket

mutatott. Száraz eljárásként a plazma-, ózon-, ultrahangos és gamma-sugárkezelés is növelte a festékvegyületek textilhez való kötődését (Che és Yang 2022, Singh et al. 2021).

Szintén megoldás lehet a konkrét festékvegyületek kivonása a növényekből. Ez a színek standardizálásában is fontos lehet, ugyanakkor hátrányként elmondható, hogy ha a növénynek csupán egy-egy vegyülete kerül alkalmazásra, akkor a növényi festés funkcionális pozitív hatásai nem biztos, hogy érvényesülni fognak az adott textílián, mivel – ahogy azt korábban már említettem – bizonyos növények esetén a nem színes komponensek is hozzájárulhatnak egy adott hatás kialakulásához.

A kivont festékanyagokat könnyebb kezelni, hogy az adott textíliának megfelelően létesíthessen kémiai kötéseket. A festékanyagok kivonására ma már számos módszer létezik, a vegyületnek megfelelően savas vagy lúgos vizes kivonás azonban hosszú időt vesz igénybe, így több más technológiát is alkalmaznak. Mikrohullámú kivonással gyorsítani lehet a folyamatot, az ultrahangos kivonás pedig amellet, hogy gyorsít, magasabb színértéket is eredményez. Több színyanyag (pl. indigó) esetén használható módszer a fermentálás, amelyet bioenzimekkel (pl. celluláz, pektináz) segíthetünk (Uddin et al. 2022).

Az eljárásokat természetesen mindig az adott növényi festékhez és textíliához kell igazítani, nincs egyetlen általános, mindenhez alkalmazható módszer. Általánosságban elmondható, hogy a növényi festékekkel történő textílfestést a pH, a festékfürdő ionerőssége és hőmérséklete, valamint a festékanyagok molekulamérete erősen befolyásolja.

III.6.2. Élelmiszeripari hulladékok felhasználása

Az élelmiszeripari hulladékok hatalmas környezetterhelést jelentenek, a világ élelmiszergyártása során 2 milliárd tonna/év hulladék keletkezik, amely karbonlábnymként 3,3 milliárd tonna CO₂-vel egyenlő és a globálisan kibocsátott üvegházhatású gázok 8%-ának felel meg (Blackburn et al. 2023). A körforgásos gazdaság kialakítása céljából számos olyan új kezdeményezés, kutatás jött létre, amely ezeket a hulladékokat igyekszik hasznosítani. A növényi festés erre részben jó megoldás lehet az arra alkalmas növények esetén.

Phan et al. (2021) átfogó elemzést ad az élelmiszeriparból visszanyerhető „hulladékok” kategorizálásáról és azok festékanyagként történő felhasználásáról. Ez alapján a legtöbb hasznosítható festékanyag kinonoid, karotinoid vagy antocianin. Példaként a rebarbarát, dióburkot, paradicsomtörkölyt és szőlőhéjat említi mint olyan növényi hulladékokat, amelyekből kifejezetten sok termelődik az élelmiszeriparban.

Szintén nagy mennyiségű növényi hulladék az élelmiszeriparban a tealevél (*Camellia sinensis*), amely elsősorban az üdítőitalként gyártott teák előállításánál jelentkezik. Kutatások bizonyították, hogy a tealevél újrahasznosítása sikeres lehet növényi festőanyagként (Sukemi et al. 2018). Ugyanígy a gránátalma héjával végzett kutatások is az élelmiszerhulladék hatékony felhasználását célozzák (Pargai et al. 2020, Shakyawar et al. 2015, Singh et al. 2021, Uddin et al. 2022). Singhee (2020) pedig a gránátalma héján kívül a szőlő, hagymahéj, dióhéj, mandulahéj, mogyoróhéj, tamarindmag és banán textileken való alkalmazási lehetőségeit elemzi.

IV. KÖVETKEZTETÉSEK

Ahogy az eddigi fejezetekből is látható, a festőnövények alkalmazása a textiliparban egy olyan irány, amelyre a jövőben törekedni kell nemcsak az egészségvédelem, hanem a fenntarthatóság és környezetvédelem jegyében is. Ahhoz, hogy a növényi festékek széleskörűen alkalmazhatók legyenek, a tárgyalt növényi festékanyagok közül mindegyik használatára szükség van. Noha vannak olyan anyagcsoportok, amelyek gyógyhatás és akár környezetvédelmi szempontból is kifejezetten hasznosak (ilyenek például a csersavak, amelyek használata esetén pácolási eljárásokra sincs szükség, ugyanakkor számos jótékony tulajdonsággal is bírnak), mégis minden anyagcsoportnak megvan a saját előnye (az említett tanninokkal például soha nem tudunk olyan változatos színeket elérni, mint a többi csoporttal, a flavonoidokkal, antociánokkal, karotinoidokkal, kinonoidokkal vagy indigoidokkal).

Mindemellett a növényi festékekből nyert színek nemcsak egyetlen vegyület használatának eredményei. A szintetikus festékekkel ellentétben számos vegyület együttes, sokszor szinergista hatása az, ami a textileken marad a festés után. A színek összetételében és a textil hatásában szerepet játszó anyagok hatásmechanizmusa nagyrészt még ma is ismeretlen, és számos tényező befolyásolhatja az alpnövénytől a festéstechnológiáig, ez pedig gyakorlatilag kimeríthetetlen kutatási lehetőségeket is jelent egyben. A növényi festés világa talán éppen ettől válik kifejezetten érdekessé.

Jelen szakdolgozat a növényi festés gyógyhatását kihasználó funkcionális textileknek csak azon részét ismertette, amelyek általános, mindennapi használatban, az átlagember számára is napi szinten jelentős hatásokat hordoznak, az antimikrobiális hatást, szagtalanító hatást, UV-védelmet és rovarriasztó hatást. Az ilyen funkcionális textíliák felhasználása természetesen a gyógyászatban is helyet kaphat, sebkötözők, kórházi ágyhuzatok, ruházatok esetén is rendkívül hasznos tulajdonságok, nem csak átlagos hétköznapi viseletként vagy lakástextíliaként. De hétköznapi ruházatként is segítséget jelenthetnek újszülöttek vagy idős, beteg emberek esetén, akik fogékonyabbak a fertőzésekre. Felmerül a kérdés azonban, ki lehet-e használni e növények hatását még ennél is jobban, hatékony lehet-e például a számos növény, illetve festék-/hatóanyag esetében kimutatott antioxidáns vagy gyulladásgátló, esetleg a bőr rákos sejtjei ellen kifejtett toxikus hatás textileken keresztül, vagy az már nem érvényesülhet, ha a festék a textilhez kapcsolódva érintkezik a bőrrel? Ezekre a felmerült kérdésekre azonban egyelőre nem találtam kutatásokat.

Ugyanakkor a festőnövények jövőbeli széleskörű alkalmazása előtt érdemes egy másik szempontot is figyelembe venni. Ahogy Eser et al. (2016) is kiemeli, rengeteg tanulmány hangsúlyozza manapság a növényi festékek biztonságosságát, kijelentve, hogy a szintetikus festékekhez képest kevésbé toxikusak és allergizálóak, továbbá környezetbarát és sokkal gyorsabban lebomló anyagok. Ez általánosságban véve igaz lehet, de tudományosan csak akkor bizonyított, ha kutatásokkal alá is támasztjuk. Amint azt néhány példa mutatta, nem elég csak a pozitív tulajdonságokra koncentrálni, mivel a festőnövények körében is számos olyan van, amely toxikus lehet akár az emberi szervezetre, akár a környezetre, mint ahogy azt például de Farias et al. (2023) tanulmánya is említi a festő buzérban lévő alizarin kapcsán.

Magyarországon a növényi festés újjáéledése még gyerekcipőben jár. Elsősorban néhány kézműves vállalkozás foglalkozik növényi festett termékekkel, komolyabb háttérkutatások azonban – egy-két tudományos vizsgálattól eltekintve – itthon nem készültek a növényi festékekkel kapcsolatban. A 2009-ben elkészített, a hazai textilipart megújítani szándékozó Stratégiai Kutatási Terv alapvetően az Európai Technológiai Platform a Textil- és Ruhaipar Jövőjéért 2006-ban elfogadott Stratégiai Kutatási Tervén alapul. Az európai tervben fontos pontként szerepel a „bio alapú anyagok, biotechnológiát használó és környezetbarát textiltechnológiák” kutatása és kifejlesztése, amelybe a növényi festés is tartozik. A hazai tervben azonban a fenntarthatóságot elsősorban a fejlettebb gépsorok kialakítása és a környezetbarát, biológiailag lebomló textíliapanyagok (pl. kender) fejlesztése jelenti, biológiailag lebomló festékek kutatása nem szerepel a tervben. Ugyanakkor mind az európai, mind a hazai stratégiai tervben kiemelten kezelik a funkcionális textíliák körét, egészségügyi területen a fent is tárgyalt funkcionális tulajdonságokat hangsúlyozva (Textilipari Műszaki és Tudományos Egyesület 2009).

Az eddig ismert kutatások mintájára az európai fő festőnövényekkel kapcsolatos kutatásokat is szükséges lenne elvégezni, hogy Európában is tovább lehessen lépni a növényi festékek textilipari alkalmazásával kapcsolatban és ezáltal ki lehessen alakítani egy fenntarthatóbb, környezetbarát iparágat. Az optimális növénytermesztési technológia, növényi festő- és hatóanyagok, hatásmechanizmusok, leghatékonyabb festésmód és a funkcionális textilek fejlesztésének kutatásába hazai szakembereknek is célszerű lenne bekapcsolódnia annak ellenére, hogy a Stratégiai Tervben nem szerepel konkrétan a növényi festékek alkalmazása.

V. ÖSSZEFOGLALÁS

A természetes festékek régi-új alapanyagként jelenhetnek meg a textiliparban, ezen belül a növényi festékek pedig számos olyan új tulajdonsággal is rendelkezhetnek, amelyekre a jelenleg használt szintetikus festékek nem képesek. A szakdolgozat e festékcsoportra fókuszálva ismerteti a festőnövények és textilek kapcsolatát, számos tudományos kutatási eredmény feldolgozásával mutatja be azok egymásra és környezetre gyakorolt hatását. A gyógyhatású festőnövények alkalmazása a textiliparban az elmúlt pár évben egy olyan kutatási-fejlesztési témává vált, amellyel a világ minden táján foglalkoznak. A téma tematikus szakirodalmi áttekintését tűztem ki célul a dolgozatban, amelyet az alábbi öt nagy fejezet szerint rendszereztem.

Az első fejezet általános leírás a növényi festékekről, amely három témát tárgyal. Elsőként a növényi és szintetikus festékek közötti hasonlóságok és különbségek kerültek bemutatásra, majd a növényi festékek alkalmazási területeit mutattam be röviden. Ezután tértem rá a szakdolgozat által tárgyalt kiemelt alkalmazási területre, a textilfestésre, amelynek hagyományos (és a kézművesiparban napjainkban is használt) módszerét ismertettem a fejezet zárásaként, kitérve a különböző textiltípusok eltérő kémiájára is. Ez a fejezet alapozta meg a további fejezetekben részletesebben tárgyalt témákat.

A második fejezet a növényekben található festőanyagokról szól. Röviden bemutattam a növényi szervezetben található főbb olyan anyagcsoportokat, amelyek festőanyagként viselkednek a növényen belül vagy festőanyaggá válhatnak a textileken. Az ismertetés során a bioszintézis út alapján kialakult rendszerezést használtam és csak azokat az anyagcsoportokat említettem, amelyek jelen témában relevánsak. Az egyes anyagcsoportokon belül a teljesség igénye nélkül néhány növényt és a bennük előforduló konkrét vegyületeket is ismertettem.

A festő-/hatóanyagok megismerése után a harmadik fejezetben fejtettem ki bővebben azokat a gyógyászati és egészségvédelmi irányokat, amelyeket az ismertetett hatóanyagú festékekkel elérhetünk, ha azokat növényi festékként textileken alkalmazzuk. Természetesen a gyógyászatban belül ezeknek azért elég limitált a köre, hiszen a hatóanyagok belsőleges alkalmazása jelen témában nem releváns, csak külső alkalmazási lehetőségekről beszélhetünk, azon belül pedig a textil mint közvetítőanyag tovább szűkíti a gyógyászati felhasználást. Az ún. funkcionális textilek körén belül az antimikrobiális, UV-védő, rovarriasztó és szagtalanító hatás a legfontosabb hatásirányok, amelyeket külön alfejezetekként tárgyaltam.

A hatóanyagok és azok textileken kifejtett hatását bemutató témakört néhány hazánkban is ismert és egykor sokat használt festőnövény bővebb fitokémiai alapú ismertetésével zártam. A növényeket igyekeztem aszerint kiválasztani, hogy egyrészt kifejezetten elterjedt festőnövény legyen, másrészt fő festőanyagaik egy-egy fő hatóanyagcsoportba tartozzanak. Így minden fontosabb csoporthoz tartozik egy bővebben ismertetett hazai növény is, azonban – amint azt látni lehetett – sosem kizárólag egyetlen anyagcsoport játszik szerepet a festésben. Érdekességgént megemlítettem több olyan gyógyhatást is a kiválasztott növényekkel kapcsolatban, amelyeket nem textilen alkalmazva fejt ki az adott növény. E fejezet szakirodalmának felkutatását némileg nehezítette, hogy a témában ma még elsősorban ázsiai kutatók publikálnak, így a hazai növényekről néha nehezebb információt találni.

Az ötödik részt, a dolgozat fő részének zárófejezetét kitekintésként hoztam létre. A textilipar ökológiai lábnyomának minimalizálása, a környezeti ártalmak csökkentése, fenntarthatóságának növelése érdekében többféle szempontot is figyelembe kell venni. Nem csupán a festékek típusa fontos tényező ebben, a festési folyamat teljes technológiájának átgondolása szükséges. Két kapcsolódó, egyre többet kutatott témakört, a fémsópárok kiváltását és az élelmiszerhulladékok újrahasznosítását ismertetem bővebben ezzel kapcsolatban, felvetítve ezzel azt a több diszciplínát is érintő komplexitást, amely már a korábbi fejezetekből is részben kitűnik, de igazából még ezekkel együtt sem lehet teljes, mert mindig lehet új területeket nyitni a kutatás-fejlesztés terén.

Erre a gondolatra épít a szakdolgozat Következtetések című fejezete is, amelyben a további lehetőségeket és a hazai irányokat tárgyaltam röviden. Az európai flóra festőnövényeinek – és ezen belül a Magyarországon is használt növények – zömét még nem kutatták kellő mélységben ahhoz, hogy a növényi festékek tartósságát és textilen kifejtett gyógyhatását megismerhessük. Pedig vélhetően rengeteg eddig kihasználatlan lehetőség rejlik bennük, amit érdemes lenne felkutatni a jövőben.

VI. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szakdolgozat létrejöttében szeretném kifejezni köszönetemet konzulensemnek, Dr. Pluhár Zsuzsannának, aki pozitív visszajelzéseivel és értékes tanácsaival, valamint közös gondolkodással segítette a kezdetben kissé talán idegennek tűnő témám kutatását. Köszönöm témám befogadását a Gyógy- és Aromanövények Tanszéknek, valamint az általuk átadott magas szintű ismeretanyagot is, amely segített abban, hogy a témát kellő háttértudással dolgozhassam fel. Hálás köszönet illeti továbbá családomat türelmükért és támogatásukért, valamint azon barátaimat, akikkel együtt kezdtük el évekkal ezelőtt felfedezni a kézi szövés-fonás-növényi festés rejtelseit.

KLÁGYINIK MÁRIA

VII. IRODALOMJEGYZÉK

- Bahadori et al. 2021 Bahadori, M. B., Zengin, G., Eskandani, M., Zali, A., Sadoughi, M-M., Ayatollahi, S. A. 2021. Determination of phenolics composition, antioxidant activity, and therapeutic potential of Golden marguerite (*Cota tinctoria*). Journal of Food Measurement and Characterization. 15, 3314-3322. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00886-x>
- Beiki et al. 2018 Beiki, T., Najafpour, G. D., Hosseini, M. 2018. Evaluation of antimicrobial and dyeing properties of walnut (*Juglans regia* L.) green husk extract for cosmetics. Coloration Technology. 134, 71-81.
- Bechtold et al. 2016 Bechtold, T., Mahmud-Ali, A., Mussak, R. A. M. 2016. Reuse of ash-tree (*Fraxinus excelsior* L.) bark as natural dyes for textile dyeing: process conditions and process stability. Coloration Technology. 123, 271-279.
- Bernáth 2013 Bernáth J. (szerk.) 2013. Vadon termő és termesztett gyógynövények. Budapest. Mezőgazda Kiadó.
- Blackburn et al. 2023 Blackburn, R. S., Houghton, J. A., Stenton, M., Tidder, A. 2023. A dye-fibre system from food waste: Dyeing casein fibres with anthocyanins. Coloration Technology. 139, 1-10.
- Boh és Knez 2006 Boh, B., Knez, E. 2006. Microencapsulation of essential oils and phase change materials for applications in textile products. Indian Journal of Fibre & Textile Research. 31, 72-82.
- Che és Yang 2022 Che, J., Yang, X. 2022. A recent (2009-2021) perspective on sustainable color and textile coloration using natural plant resources. Heliyon. 8, e10979. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10979>
- Chen et al. 2016 Chen, L., Duan, Q., Chen, J., Yang, Y., Wang, B. 2016. Antioxidant-assisted coloration of wool with xanthophylls extracted from corn distillers's dry grain. Coloration Technology. 132, 208-216.
- Dean 2018 Dean, J. 2018. Wild Colour. How to Make & Use Natural Dyes. London. Octopus Publishing Group Ltd.
- Do et al. 2023 Do, K. L., Mushtaq, A., Zhao, F., Su, M. 2023. Alizarin old and new: Extraction techniques for coloration, advances in detection methods for historical textiles and novel applications as a functional dye. Coloration Technology. 139, 1-25.
- Eser et al. 2016 Eser, F., Yaglioglu, A. S., Dolarslan, M., Aktas, E., Onal, A. 2016. Dyeing, fastness, and cytotoxic properties, and phenolic constituents of *Anthemis tinctoria* var. *tinctoria* (Asteraceae). The Journal of The Textile Institute. 1489-1495. <https://doi.org/10.1080/00405000.2016.1257348>

- Európai Parlament 2020 <https://www.europarl.europa.eu/news/hu/headlines/society/20201208STO93327/a-textilgyartas-es-a-textilhulladek-kornyezetre-gyakorolt-hatasainfografika>
(felhasználás dátuma: 2023. október 17.)
- de Farias et al. 2023 de Farias, N. O., de Albuquerque, A. F., dos Santos, A., Almeida, G. C. F., Freeman, H. S., Räisänen, R., de Aragão Umbuzeiro, G. 2023. Is natural better? An ecotoxicity study of anthraquinone dyes. *Chemosphere*. 343, 140174.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140174>
- Fodor 2013 Fodor F. (szerk.) 2013. A növényi anyagcsere élettana. Budapest. Eötvös Loránd Tudományegyetem.
- Geelani et al. 2016 Geelani, S. M., Ara, S., Mir, N. A., Bhat, S. J. A., Mishra, P. K. 2016. Dyeing and fastness properties of *Quercus robur* with natural mordants on natural fibre. *Textiles and Clothing Sustainability*. 2, 8. <https://doi.org/10.1186/s40689-016-0019-0>
- Gupta et al. 2004 Gupta, D., Khare, S. K., Laha, A. 2004. Antimicrobial properties of natural dyes against Gram-negative bacteria. *Coloration Technology*. 120, 167-171.
- György 2021 György É. 2021. Általános mikrobiológia. Kolozsvár. Scientia Kiadó.
- Hossain 2020 Hossain, A. 2020. A practical guideline of few standardized ready made shades of natural dyed textiles. In: Samanta, A. K., Awwad, N. S., Algarni, H. M. (szerk.). 2020. *Chemistry and Technology of Natural and Synthetic Dyes and Pigments*. IntechOpen. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.92360>
- Jabli et al. 2017 Jabli, M., Sebeia, N., Boulares, M., Faidi, K. 2017. *Industrial Crops & Products*. 108, 690-699.
- Kemendi 2014 Kemendi Á. 2014. Festés növényekkel. Fonalak, textíliák. Budapest. Cser Kiadó.
- Kemendi 1989 Kemendi Á. 1989. Festőnövények. Budapest. Móra Ferenc Könyvkiadó.
- Kiernan 2006 Kiernan, J. A. 2006. Dyes and other colorants in microtechnique and biomedical research. *Coloration Technology*. 122, 1-21.
- Kizil et al. 2005 Kizil, S., Kayabasi, N., Arslan, N. 2005. Determination of some agronomical and dyeing properties of dyer's chamomile (*Anthemis tinctoria* L.). 2005. *Journal of Central European Agriculture*. 6 (3), 403-408.
- Kuppusamy et al. 2017 Kuppusamy, S., Venkateswarlu, K., Thavamani, P., Lee, Y. B., Naidu, R., Megharaj, M. 2017. *Quercus robur* acorn peel as a novel coagulating adsorbent for cationic dye removal from aquatic ecosystems. *Ecological Engineering*. 101, 3-8.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.01.014>
- Lohtander et al. 2020 Lohtander, T., Arola, S., Laaksonen, P. 2020. Biomordanting willow bark dye on cellulosic materials. *Coloration Technology*. 136, 3-14.
- Lohtander et al. 2021 Lohtander, T., Durandin, N., Laaksonen, T., Arola, S., Laaksonen, P. 2021. Stabilization of natural and synthetic indigo on nanocellulose network – Towards

- bioactive materials and facile dyeing processes. *Journal of Cleaner Production*. 328, 129615.
- Mabuza et al. 2023 Mabuza, L., Sonnenberg, N., Marx-Pienaar, N. 2023. Natural versus synthetic dyes: Consumers' understanding of apparel coloration and their willingness to adopt sustainable alternatives. *Resources, Conservation & Recycling Advances*. 18, 200146. <https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2023.200146>
- Majdi et al. 2023 Majdi, Ch., Duvauchelle, V., Meffre, P., Benfodda, Z. 2023. An overview on the antibacterial properties of juglone, naphthazarin, plumbagin and lawsone derivatives and their metal complexes, *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 162, 114690. ISSN 0753-3322, <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.114690>.
- McNab et al. 2009 McNab, H., Ferreira, E. S. B., Hulme, A. N., Quye, A. 2009. Negative ion ESI-MS analysis of natural yellow dye flavonoids – An isotopic labelling study. *International Journal of Mass Spectrometry*. 284, 57-65.
- OGYÉI 2019 Az Országos Gyógyszerészeti és Élelmezés-egészségügyi Intézet OGYI-Ph. Hg. VIII. 2/2019. számú közleménye a VIII. Magyar Gyógyszerkönyv előírásainak változásairól
- OGYÉI 2020 Az Országos Gyógyszerészeti és Élelmezés-egészségügyi Intézet OGYI-Ph. Hg. VIII. 2/2020. számú közleménye a VIII. Magyar Gyógyszerkönyv előírásainak változásairól
- Orbán 2008 Orbán, N. 2008. Elicitorokkal kiváltott növényi védekezési válasz vizsgálata. Budapest. Semmelweis Egyetem Gyógyszertudományok Doktori Iskola. (Doktori disszertáció)
- Panth et al. 2016 Panth, N., Paudel, K. R., Karki, R. 2016. Phytochemical profile and biological activity of *Juglans regia*. *Journal of Integrative Medicine*. 14 (5), 359-373.
- Pargai et al. 2020 Pargai, D., Jahan, S., Gahlot, M. 2020. Functional Properties of Natural Dyed Textiles. In: Samanta, A. K., Awwad, N. S., Algarni, H. M. (szerk.). 2020. *Chemistry and Technology of Natural and Synthetic Dyes and Pigments*. IntechOpen. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.88933>
- Phan et al. 2021 Phan, K., Raes, K., van Speybroeck, V., Roosen, M., de Clerck, K., de Meester, S. 2021. Non-food applications of natural dyes extracted from agro-food residues: A critical review. *Journal of Cleaner Production*. 301, 126920. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126920>
- Raal et al. 2022 Raal, A., Jaama, M., Utt, M., Püssa, T., Zvikas, V., Jakstas, V., Koshovyi, O., Nguyen, K. V., Nguyen, H. T. 2022. The phytochemical profile and anticancer activity of *Anthemis tinctoria* and *angelica sylvestris* used in Estonian ethnomedicine. *Plants*. 11, 994. <https://doi.org/10.3390/plants11070994>

- Raja et al. 2017 Raja, V., Ahmad, S. I., Irshad, M., Wani, W. A., Siddiqi, W. A., Shreaz, S. 2017. Anticandidal activity of ethanolic root extract of *Juglans regia* (L.): Effect on growth, cell morphology, and key virulence factors. *Journal de Mycologie Médicale*. 27, 476-486.
- Schmidt-Przewoźna és Kowalinski 2011 Schmidt-Przewoźna, K., Kowalinski, J. 2011. Yellow natural dyestuffs and their light fastness properties and UV protection on natural fabrics. In: Zaikov, G. E., Pudiel, D. P., Szychalski, G. (szerk.) 2011. *Renewable Resources and Biotechnology for Material Applications*. New York. Nova Science Publishers Inc. ISBN 978-1-61209-521-9
- Shakyawar et al. 2015 Shakyawar, D. B., Raja, A. S. M., Kumar, A., Pareek, P. K. 2015. Antimoth finishing treatment for woollens using tannin containing natural dyes. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*. 40, 200-202.
- Shen et al. 2021 Shen, J., Hu, M., Tan, W., Ding, J., Jiang, B., Xu, L., Hamulati, H., He, C., Sun, Y., Xiao, P. 2021. Traditional uses, phytochemistry, pharmacology, and toxicology of *Coreopsis tinctoria* Nutt.: A review. *Journal of Ethnopharmacology*. 269, 113690. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113690>.
- da Silva et al. 2018 da Silva, M. G., de Barros, M. A. S. D., de Almeida, R. T. R., Pilau, E. J., Pinto, E., Soares, G., Santos, J. G. 2018. Cleaner production of antimicrobial and anti-UV cotton materials through dyeing with eucalyptus leaves extract. *Journal of Cleaner Production*. 199, 807-816.
- Singh et al. 2005 Singh, R., Jain, A., Panwar, S., Gupta, D., Khare, S. K. 2005. Antimicrobial activity of some natural dyes. *Dyes and Pigments* 66, 99-102.
- Singh et al. 2021 Singh, M., Vajpayee, M., Ledwani, L. 2021. Eco-friendly surface modification of natural fibres to improve dye uptake using natural dyes and application of natural dyes in fabric finishing: A review. *Materials Today: Proceedings*. 43 (5), 2868-2871. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.078>.
- Singha et al. 2022 Singha, K., Maity, S., Pandit, P., Mondal, M. I. H. 2022. Introduction to protective textiles. In: Mondal, M. I. H. (szerk.) 2022. *Protective Textiles from Natural Resources*. Woodhead Publishing. ISBN 9780323904773
- Singhee 2020 Singhee, D. 2020. Review on natural dyes for textiles from waste. In: Samanta, A. K., Awwad, N. S., Algarni, H. M. (szerk.). 2020. *Chemistry and Technology of Natural and Synthetic Dyes and Pigments*. IntechOpen. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.93178>
- Slama et al. 2022 Slama, N., Ticha, M. B., Smiri, B., Dhaouadi, H. 2022. Exploration of the fluorescence property of acrylic fibers dyed with the residues extract of *Juglans regia* barks. *Sustainability*. 14, 12275. <https://doi.org/10.3390/su141912275>

- Speranza et al. 2020 Speranza, J., Miceli, N., Taviano, M. F., Ragusa, S., Kwiecień, I., Szopa, A., Ekiert, H. 2020. *Isatis tinctoria* L. (Woad): A Review of its Botany, Ethnobotanical Uses, Phytochemistry, Biological Activities, and Biotechnological Studies. *Plants*. 9 (3), 298. <https://doi.org/10.3390/plants9030298>
- Srivastava és Singh 2019 Srivastava, R., Singh, N. 2019. Importance of natural dye over synthetic dye: a critical review. *International Journal of Home Science*. 5 (2), 148-150.
- Sukemi et al. 2018 Sukemi, Pratumyot, K., Srisuwannaket, Ch., Niamnont, N., Mingvanish, W. 2018. Dyeing of cotton with the natural dye extracted from waste leaves of green tea (*Camellia sinensis* var. *assamica*). *Coloration Technology*. 134, 121-126.
- Textilipari Műszaki és Tudományos Egyesület 2009 Textilipari Műszaki és Tudományos Egyesület. 2009. A Magyar textil- és ruhaipar kutatás-fejlesztési és innovációs stratégiája. Budapest.
- Uddin et al. 2022 Uddin, M. A., Rahman, M. M., Haque, A. N. M. A., Smriti, S. A., Datta, E., Farzana, N., Chowdhury, S., Haider, J., Sayem, A. S. M. 2022. Textile colouration with natural colourants: A review. *Journal of Cleaner Production*. 349, 131489. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131489>
- Wells 2013 Wells, K. 2013. Colour, health and wellbeing: The hidden qualities and properties of natural dyes. *Journal of the International Colour Association*. 11, 28-36.
- Wianowska et al. 2016 Wianowska, D., Garbaczewska, S., Cieniecka-Roslonkiewicz, A., Dawidowicz, A. L., Jankowska, A. 2016. Comparison of antifungal activity of extracts from different *Juglans regia* cultivars and juglone. *Microbial Pathogenesis*. 100, 263-267.
- Willemen et al. 2018 Willemen, H. van den Meijdenberg, G. J. P., van Beek, T. A., Derksen, G. C. H. 2018. Comparison of madder (*Rubia tinctorum* L.) and weld (*Reseda luteola* L.) total extracts and their individual dye compounds with regard to their dyeing behaviour, colour, and stability towards light. *Coloration Technology*. 134, 40-47.
- Xu et al. 2022 Xu, J., Lan, Z., Wang, S., Guo, Y., Ning, J., Song, Y., Liu, M., Tian, C. 2022. The pharmaceutical applications of total flavonoids extract from *Isatis tinctoria* L. leaves. *Pharmacological Research – Modern Chinese Medicine*. 3, 100122. <https://doi.org/10.1016/j.prmcm.2022.100122>
- Xu et al. 2020 Xu, Z-Y., Xi, Y-F., Zhou, W-Y., Lou, L-L., Wang, X-B., Huang, X-X., Song, S-J. 2020. Alkaloids and monoterpenes from the leaves of *Isatis tinctoria* Linnaeus and their chemotaxonomic significance. *Biochemical Systematics and Ecology*. 92, 104089. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2020.104089>

Melléklethez felhasznált szakirodalom:

- Abdalla és Zidorn 2020 Abdalla, M. A., Zidorn, Ch. 2020. The genus *Tragopogon* (Asteraceae): A review of its traditional uses, phytochemistry, and pharmacological properties. *Journal of Ethnopharmacology*. 250, 112466. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112466>
- Al-Snafi 2022 Al-Snafi, A. E. 2022. Constituents and biological effects of *Reseda lutea* and *Reseda odorata* grown in Iraq. *International Journal of Biological and Pharmaceutical Sciences Archive*. 3 (1), 56–63. <https://doi.org/10.53771/ijbpsa.2022.3.1.0031>
- Altinyay et al. 2016 Altinyay, Ç., Süntar, I., Altun, L., Keleş, H., Akkol, E. K. 2016. Phytochemical and biological studies on *Alnus glutinosa* subsp. *glutinosa*, *A. orientalis* var. *orientalis* and *A. orientalis* var. *pubescens* leaves. *Journal of Ethnopharmacology*. 192, 148-160. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.07.007>
- Andreicut et al. 2018 Andreicut, A. D., Pârvu, A. E., Mot, A. C., Pârvu, M., Fischer Fodor, E., Cătoi, A. F., Feldrihan, V., Cekan, M., Irimie, A. 2018. Phytochemical analysis of anti-inflammatory and antioxidant effects of *Mahonia aquifolium* flower and fruit extracts. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2018, 2879793. <https://doi.org/10.1155/2018/2879793>
- Arun et al. 2022 Arun, J., Shrivastava, B., Deshmukh, S. P. 2022. Phytochemical and pharmacological screening *Daucus carota* seed for its anticonvulsant activity by using pentylenetetrazole induce convulsion. *Research Journal of Pharmacy and Technology*. 15 (5), 2293-6. <https://doi.org/10.52711/0974-360X.2022.00381>
- Ashraf et al. 2016 Ashraf, M. U., Muhammad, G., Hussain, M. A., Bukhari, S. N. A. 2016. *Cydonia oblonga* M., a medicinal plant rich in phytonutrients for pharmaceuticals. *Frontiers in Pharmacology*. 7, 163. <https://doi.org/10.3389/fphar.2016.00163>
- Batiha et al. 2023 Batiha, G. E-S., Al-Snaf, A. E., Thuwaini, M. M., Teibo, J. O., Shaheen, H. M., Akomolafe, A. P., Teibo, T. K. A., Al-Kuraishy, H. M., Al-Garbeeb, A. I., Alexiou, A., Papadakis, M. 2023. *Morus alba*: a comprehensive phytochemical and pharmacological review. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*. 396, 1399–1413. <https://doi.org/10.1007/s00210-023-02434-4>
- Boshra et al. 2022 Boshra, Y. R., Fahim, J. R., Hamed, A. N. E., Desoukey, S. Y. 2022. Phytochemical and biological attributes of *Narcissus pseudonarcissus* L. (Amaryllidaceae): A review. *South African Journal of Botany*. 146, 437-458. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.11.028>
- Burlec et al. 2023 Burlec, A. F., Pecio, Ł., Mircea, C., Tuchiluş, C., Corciovă, A., Danciu, C., Cioancă, O., Caba, I. C., Pecio, S., Oleszek, W. 2023. Preliminary phytochemical and biological evaluation of *Rudbeckia hirta* flowers. *Plants*. 12 (15), 2871. <https://doi.org/10.3390/plants12152871>

- Burlec et al. 2019 Burlec, A. F., Pecio, Ł., Mircea, C., Cioancă, O., Corciovă, A., Nicolescu, A., Oleszek, W., Hăncianu, M. 2019. Chemical profile and antioxidant activity of *Zinnia elegans* Jacq. fractions. *Molecules*. 24 (16), 2934. <https://doi.org/10.3390/molecules24162934>
- Costa et al. 2022 Costa, P. A., de Souza, D. C., Ossani, P. C., Mendes, M. H. A., de Souza Silva, M. L., Carvalho, E. E. N., Resende, L. V. 2022. Nutritional and functional compounds in dahlia flowers and roots. *Brazilian Journal of Food Technology*. 25. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.02922>
- Csupor 2012 Csupor D., Szendrei K. (szerk.) 2012. Gyógynövénytár. Útmutató a korszerű gyógynövény-alkalmazáshoz. Budapest. Medicina Könyvkiadó Zrt.
- Grafakou et al. 2021 Grafakou, M-E., Barda, Ch., Tomou, E-M., Skaltsa, H. 2021. The genus *Genista* L.: A rich source of bioactive flavonoids. *Phytochemistry*. 181, 112574. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2020.112574>
- Hamed et al. 2015 Hamed, M. M., Refahy, L. A., Abdel-Aziz, M. S. 2015. Evaluation of antimicrobial activity of some compounds isolated from *Rhamnus cathartica* L. *Oriental Journal of Chemistry*. 31 (2), 1133-1140. <http://dx.doi.org/10.13005/ojc/310266>
- Hofmann et al. 2021 Hofmann, T., Albert, L., Németh, L., Vršanská, M., Schlosserová, N., Voběrková, S., Visi-Rajczi, E. 2021. Antioxidant and antibacterial properties of Norway spruce (*Picea abies* H. Karst.) and eastern hemlock (*Tsuga canadensis* (L.) Carrière) cone extracts. *Forests*. 12 (9), 1189. <https://doi.org/10.3390/f12091189>
- Ibrahim és Hammoudi 2020 Ibrahim, R. M., Hammoudi, Z. M. 2020. Phytochemistry and pharmacological activity of pear (*Pyrus communis* Linn.): A review. *Plant Archives*. 20 (2), 7820-7828.
- Jaradat et al. 2018 Jaradat, N. A., Zaid, A. N., Hussien, F., Issa, L., Altamimi, M., Fuqaha, B., Nawahda, A., Assadi, M. 2018. Phytoconstituents, antioxidant, sun protection and skin anti-wrinkle effects using four solvents fractions of the root bark of the traditional plant *Alkanna tinctoria* (L.). *European Journal of Integrative Medicine*. 21, 88-93. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2018.07.003>
- Krizhanovska et al. 2021 Krizhanovska, V., Sile, I., Kronberga, A., Nakurte, I., Mezaka, I., Dambrova, M., Pugovics, O., Grinberga, S. 2021. The cultivation of *Chelidonium majus* L. increased the total alkaloid content and cytotoxic activity compared with those of wild-grown plants. *Plants*. 10(9), 1971. <https://doi.org/10.3390/plants10091971>
- Marinaş et al. 2021 Marinaş, I. C., Oprea, E., Geană, E-I., Luntraru, C. M., Gîrd, C. E., Chifiriuc, M-C. 2021. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activity of *Phytolacca americana* L. fruits and leaves extracts. *Farmacia*. 69 (5), 883-889. <https://doi.org/10.31925/farmacia.2021.5.9>

- Mirmiran et al. 2020 Mirmiran, P., Houshialsadat, Z., Gaeini, Z. et al. 2020. Functional properties of beetroot (*Beta vulgaris*) in management of cardio-metabolic diseases. *Nutrition & Metabolism*. 17, 3. <https://doi.org/10.1186/s12986-019-0421-0>
- Mokhber-Dezfuli et al. 2014 Mokhber-Dezfuli, N., Saeidnia, S., Gohari, A. R., Kurepaz-Mahmoodabadi, M. 2014. Phytochemistry and pharmacology of *Berberis* species. *Pharmacognosy Review*. 8 (15), 8-15. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.125517>
- Papp és Szabó 2002 Papp N., Szabó Gy. L. 2002. Some phytochemical and morphophysiological characteristics of *Euphorbia cyparissias* L. populations. *Acta Biologica Szegediensis*. 46(3-4), 251-252.
- Rocchetti et al. 2019 Rocchetti, G., Senizza, B., Zengin, G., Senkardes, I., Sadeer, N. B., Mahomoodally, M. F., Lucini, L. 2019. Metabolomics-based profiling with chemometric approach to delineate the bio-pharmaceutical properties of fruit extracts from *Ligustrum vulgare* L. *Industrial Crops and Products*. 140, 111635. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111635>
- Salama et al. 2011 Salama, M., Kandil, Z., Islam, W. 2011. Cytotoxic compounds from the leaves of *Gaillardia aristata* Pursh. growing in Egypt. *Natural Product Research*. 26. 2057-62. <https://doi.org/10.1080/14786419.2011.606219>
- Slimestad et al. 2007 Slimestad, R., Fossen, T., Vågen, I. M. 2007. Onions: a source of unique dietary flavonoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55 (25), 10067-10080. <https://doi.org/10.1021/jf0712503>
- Šukele et al. 2023 Šukele, R., Lauberte, L., Kovalcuka, L., Logviss, K., Barzdin, A., Brangule, A., Horváth, Z. M., Bandere, D. 2023. Chemical profiling and antioxidant activity of *Tanacetum vulgare* L. wild-growing in Latvia. *Plants*. 12, 1968. <https://doi.org/10.3390/plants12101968>
- Uysal 2020 Uysal, S. 2020. Comparative antioxidant capacity and enzyme inhibitory effect of extracts from *Prunus avium* leaves. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*. 20(3), 234-242.
- Wang és Zhu 2017 Wang, S., Zhu, F. 2017. Chemical composition and biological activity of staghorn sumac (*Rhus typhina*). *Food Chemistry*. 237, 431-443. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.111>
- Wojdyło és Nowicka 2021 Wojdyło, A., Nowicka, P. 2021. Profile of phenolic compounds of *Prunus armeniaca* L. leaf extract determined by LC-ESI-QTOF-MS/MS and their antioxidant, anti-diabetic, anti-cholinesterase, and anti-inflammatory potency. *Antioxidants*. 10 (12), 1869. <https://doi.org/10.3390/antiox10121869>

VIII. ÁBRAJEGYZÉK

1. **ábra:** Festő buzér gyökerével, fagyalbogyóval és bűdöskevirággal festett, timsóval pácolt gyapjú és alpaka fonal. Saját felvétel.
2. **ábra:** Alizarin és purpurin. (forrás: National Center for Biotechnology Information, National Library of Medicine – NCBI-NLM)
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6293#section=2D-Structure>
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6683#section=2D-Structure>
3. **ábra:** Alkannin, juglon és lawson. (forrás: NCBI-NLM)
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/72521#section=2D-Structure>
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/3806#section=2D-Structure>
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6755#section=2D-Structure>
4. **ábra:** Kartamin. (forrás: NCBI-NLM)
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/137185914#section=2D-Structure>
5. **ábra:** Apigenin és luteolin. (forrás: NCBI-NLM)
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5280443#section=2D-Structure>
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5280445#section=2D-Structure>
6. **ábra:** Kempferol és kvercetin. (forrás: NCBI-NLM)
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5280863#section=2D-Structure>
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5280343#section=2D-Structure>
7. **ábra:** Delfinidin-3-O-glikozid és malvidin-3-O-glikozid. (forrás: NCBI-NLM)
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/443650#section=2D-Structure>
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/443652#section=2D-Structure>
8. **ábra:** Gallotannin és ellagitannin. (forrás: NCBI-NLM)
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/16129778#section=2D-Structure>
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/10033935#section=2D-Structure>
9. **ábra:** Katechin és epigallokatechin-gallát / EGCG. (forrás: NCBI-NLM)
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/9064#section=2D-Structure>
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/65064#section=2D-Structure>

10. **ábra:** Likopin és β -karotin. (forrás: NCBI-NLM)
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/446925#section=2D-Structure>
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5280489#section=2D-Structure>
11. **ábra:** Lutein és zeaxantin. (forrás: NCBI-NLM)
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5281243#section=2D-Structure>
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5280899#section=2D-Structure>
12. **ábra:** Krocetin. (forrás: NCBI-NLM)
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5281232#section=2D-Structure>
13. **ábra:** Indigó. (forrás: NCBI-NLM)
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/10215#section=2D-Structure>
14. **ábra:** Tíriai bíbor és indigókármin. (forrás: NCBI-NLM)
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/177057#section=2D-Structure>
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2723854#section=2D-Structure>
15. **ábra:** Indirubin. (forrás: NCBI-NLM)
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/10177#section=2D-Structure>
16. **ábra:** Rubia tinctorum növény rajza és gyökerével festett alpaka fonal.
https://hu.wikipedia.org/wiki/Fest%C5%91_buz%C3%A9r és saját felvétel
17. **ábra:** Juglans regia rajza és zöld dióburokkal hidegen festett gyapjú és pamut-len fonal.
https://www.flickr.com/photos/vintage_illustration/46448029724 és saját felvétel
18. **ábra:** Cota tinctoria és virágával festett gyapjú fonalak.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anthemis_tinctoria001.jpg
http://www.wildcolours.co.uk/html/dyers_chamomile.html
19. **ábra:** Quercus robur és makkal festett gyapjú fonalak.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Quercus_Robur_031.jpg
<https://www.jennydean.co.uk/anglo-saxon-colours-from-oak-leaves-and-acorns/>
20. **ábra:** Isatis tinctoria növény és a fermentált növényi kivonattal festett gyapjú fonalak.
https://www.flickr.com/photos/plant_diversity/6124351315
<https://www.flickr.com/photos/14504971@N08/1471157991>

IX. TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat:

A növényi festékek antimikrobiális hatásának vizsgálata során leggyakrabban tesztelt baktériumfajok
(forrás: György 2021)

2. táblázat:

UPF értékelési rendszer az eredeti Ausztáliai Standard, illetve az AATCC standard alapján
(forrás: Schmidt-Przewoźna és Kowalinski 2011)

3. táblázat:

A világ textiltermelése 2021-ben
(forrás: Blackburn et al. 2023)

X. MELLÉKLETEK

1. Melléklet: A Magyarországon leggyakrabban használt festőnövények
a felhasznált növényi résszel, gyógynövényi besorolással, festőszínnel és a fő festőanyagok megnevezésével
(festőnövények listája, növényi rész és festőszín szakirodalmi forrása: Kemendi 2014, Kemendi 1989)

Latin név	Magyar név	Növényi rész	Gyógynövény (Bernáth 2013 és Csupor 2012 alapján)	Festőszín (pác nélkül vagy timsóval)	Fő festőanyag	Szakirodalmi forrás
<i>Achillea spp.</i>	cickafark	virágos, leveles szár	x	sárga	flavonoidok (apigenin, luteolin glikozidok)	Bernáth 2013
<i>Allium cepa</i>	vöröshagyma	buroklevél	-	barackszín, sárga	flavonoidok (25 féle flavonol, pl. kvercetin glikozidok)	Slimestad et al. 2007
<i>Betula pendula</i>	nyír	levél / kéreg	x	sárga / sötétrózsaszín	flavonoidok (hiperozid, kvercetin glikozidok), tanninok	Bahadori et al. (2021)
<i>Cerasus avium subsp. avium</i>	vadcseresznye	kéreg / levél, ágvég	-	sötét rózsaszín / homok, sárga	flavonoidok, egyéb polifenolok	Bernáth 2013
<i>Chelidonium majus</i>	vérehulló fecskefű	virágos, leveles szár	x	sárga	tejnedvben alkaloidok, flavonoidok (kvercetin, kempferol, izorhamnetin)	Uysal 2020
<i>Cota (Anthemis) tinctoria</i>	festő pipitér	virág / leveles szár	-	sárga / sárgászöld	flavonoidok (kempferol, apigenin, kvercetin, rutin)	Krizhanovska et al. 2021
<i>Cotinus coggygria</i>	cserszömörce	levél / kéreg	x	sárga	gallotannin, flavonoidok (fusztin, fisetin, miricetin glikozidok)	Bernáth 2013
<i>Cydonia oblonga</i>	birsalma	levél	-	vörhenyes	flavonoidok (kvercetin, rutin, különböző glikozidos formák), fenolsavak, tannin	Ashraf et al. 2016
<i>Dahlia spp.</i>	dália	virág / leveles szár	-	sárga / zöld	antociánok, karotinoidok	Costa et al. 2022
<i>Daucus carota</i>	vadmurok	leveles szár	-	sárga	flavonoidok, karotinoidok, tanninok	Arun et al. 2022

Latin név	Magyar név	Növényi rész	Gyógynövény (Bernáth 2013 és Csupor 2012 alapján)	Festőszín (pác nélkül vagy timsóval)	Fő festőanyag	Szakirodalmi forrás
<i>Euphorbia cyparissias</i>	farkaskutyatej	virágos, leveles szár	-	sárga	flavonoid-glikozidok (kvercetin-3-glükoronid, kámforol-3-glükoronid)	Papp és Szabó 2002
<i>Frangula alnus</i>	kutyabenge	kéreg	x	sárga	antrakinon glikozidok (glükofrangulin A és B)	Bernáth 2013
<i>Gaillardia aristata</i>	kokárdavirág	virág	-	sárgászöld, kékeszöld	flavonoidok	Salama et al. 2011
<i>Genista tinctoria</i>	festőrekettye	virágos, leveles szár	-	sárga	nagyon sokféle flavonoid (genistein, daidzein, apigenin, luteolin, kvercetin, rutin stb.)	Grafakou et al. 2021
<i>Hypericum perforatum</i>	orbáncfű	virágos, leveles szár	x	bordós-vörhenyes, sárga	hipericin (antrakinon-származék), flavonoidok (hiperozid, rutin, biapigenin, amentoflavon), cseranyagok (katechin, epikatechin, procianidin-dimer)	Bernáth 2013
<i>Lycopersicon esculentum</i>	paradicsom	leveles szár	-	sárga	karotinoidok (likopin)	Fodor 2013
<i>Morus alba</i>	fehér eperfa	levél	-	sárga	flavonoidok (sanggenon C, morin, morusin kuwanon G, izokvercitrin, kvercetin, kempferol, rutin), antocianidinek, antrakinonok, tanninok, triterpének	Batiha et al. 2023
<i>Narcissus pseudonarcissus</i>	nárcisz	virág	-	sárga	flavonoidok, karotinoidok (β-karotin, likopin, fitoin)	Boshra et al. 2022
<i>Prunus armeniaca</i>	kajszibarack	levél	-	halványsárga	polifenolok (kis mértékben flavonoidok - kvercetin-3-O-rutinozid)	Wojdylo és Nowicka 2021
<i>Pyrus pyraster</i>	vadkörte	levél, ágvég	-	vörhenyesbarna	tanninok (katechin, epikatechin), flavonoidok (kvercetin, kempferol, izokvercetin, glikozidok)	Ibrahim és Hammoudi 2020
<i>Reseda lutea</i>	vadrezeda	virágos, leveles szár	-	sárga	flavonoidok (luteolin-glikozid)	Al-Snafi 2022
<i>Reseda luteola</i>	festő rezeda	virágos, leveles szár	-	sárga	flavonoidok	Sukemi et al. 2018
<i>Rhamnus cathartica</i>	varjútövis	levél / termés	-	sárga, zöld	antrakinonok (pl. emodin), flavonoidok (kempferol, kvercetin)	Hamed et al. 2015

Latin név	Magyar név	Növényi rész	Gyógynövény (Bernáth 2013 és Csupor 2012 alapján)	Festőszín (pác nélkül vagy timsóval)	Fő festőanyag	Szakirodalmi forrás
<i>Rudbeckia hirta</i>	kúpvirág	virág	-	sárga, szürkészöld	39-féle flavonoid-O-glikozid, 5-féle flavonol aglikon	Burlec et al. 2023
<i>Salix sp.</i>	fűz	leveles ág	x	sárga	fenol-glikozidok (szalicin), flavonoid-glikozidok, tanninok	Bernáth 2013
<i>Solidago virgaurea</i> / <i>S. gigantea</i> / <i>S. canadensis</i>	aranyvessző	virágos, leveles szár	x	sárgászöld	flavonoidok (kvercetin, rutin, nikotiflorin, kvercitrin, izokvercitrin, asztragallin, ramnetin, izoramnetin, izoramnetin-3-O-glükoramnozin), cseranyagok (katechinszármazékok)	Bernáth 2013
<i>Tagetes patula/erecta</i>	büdöske	virág / leveles szár	-	zöldessárga	lutein, flavonoidok	Chen et al. 2016
<i>Tanacetum vulgare</i>	giliszaűző varádics	virágos, leveles szár	x	sárga	flavonoidok (kvercetin, kempferol, rutin, apigenin, apigenin glikozid), tanninok (katechin), fenolsavak	Sukemi et al. 2018, Šukele et al. 2023
<i>Tragopogon pratensis</i>	bakszakáll	virág	-	sárga	19-féle flavonoid	Abdalla és Zidorn 2020
<i>Urtica dioica</i>	nagy csalán	levél, leveles szár	x	sárga	klorofill, flavonoidok (kvercetin, kempferol, izorhamnetin), karotinoidok	Bernáth 2013
<i>Zinnia spec.</i>	rézvirág	virág	-	sárgásbarna	polifenolok, flavonoidok (apigenin, kempferol, kvercetin glikozidok)	Burlec et al. 2019
<i>Alkanna tinctoria</i>	homoki báránypirosító	gyökér	-	vörös	naftokinon (alkannin), flavonoidok, tanninok	Jaradat et al. 2018
<i>Berberis vulgaris</i>	sóskaborbolya	termés / kéreg	-	rózsaszín / sárgásbarna	alkaloidok (pl. sárga berberin), tanninok, egyéb fenolos komponensek	Mokhber-Dezfuli et al. 2014
<i>Beta vulgaris</i>	cékla	gumó	-	narancs, rózsaszín	betalainok (betacianinok, betaxantinok), flavonoidok	Mirmiran et al. 2020
<i>Carthamus tinctorius</i>	sáfrányos szeklice	virágszirom	x	sárga, azt kivonva piros	alkoholban és vízben oldódó szaflósárga (C24H30O15), zsírban oldódó kartamin/szaflóvörös (C21H22O11)	Bernáth 2013

Latin név	Magyar név	Növényi rész	Gyógynövény (Bernáth 2013 és Csupor 2012 alapján)	Festőszín (pác nélkül vagy timsóval)	Fő festőanyag	Szakirodalmi forrás
<i>Coreopsis tinctoria</i>	menyecskeszem	virág / leveles szár	-	narancssárga / mustársárga	flavonoidok	Shen et al. 2021
<i>Origanum vulgare</i>	szurokfű	virág, virágzó leveles szár	x	sárgásbarna	flavonoidok, cseranyagok	Bernáth 2013
<i>Phytolacca americana / Ph. esculenta</i>	amerikai/kínai alkörömös	termés	-	meggypiros	flavonoidok, betalainok, karotinoidok, fenolsavak	Marinaş et al. 2021
<i>Prunus spinosa</i>	kökény	termés / kéreg / leveles ág / virág	x	lilás rózsaszín / vörösesbarna / zöldessárga / mustársárga	flavonoidok (kempferol és kvercetin glikozidok, rutin), procianidinek, termésben sok cseranyag	Bernáth 2013
<i>Rosa canina</i>	vadrózsa	termés / gyökér	x	halvány narancssárga / vörösesbarna	karotinoidok, flavonoidok, kevés cseranyag	Bernáth 2013, Csupor 2012
<i>Rubia tinctorum</i>	festőbuzér	gyökér	x	rózsaszín, vörös	legalább 30-féle antrakinon (pl. alizarin, purpurin)	Orbán 2008, Bernáth 2013
<i>Alcea rosea var. Nigra</i>	festőmályva	virág	x	kék, liláskék	antocianidinek (delfinidin- és malvinidin-glikozidok), cseranyagok	Bernáth 2013
<i>Hedera helix</i>	borostyán	levél / termés	x	szürkéssárga / lila, szürkés-kék	flavonoidok, egyéb fenolos vegyületek	Bernáth 2013
<i>Isatis tinctoria</i>	festőcsülleng	levél	-	kék különleges eljárással	indigoidok (indigotin, indirubin), flavonoidok, karotinoidok	Speranza et al. 2020, Xu et al. 2020, Xu et al. 2022
<i>Ligustrum vulgare</i>	közönséges fagyal	termés / levél	-	szürkés-kék / sárga	termés: antociánok, flavonoidok, levél: flavonoidok (apigenin, luteolin és glikozidjaik)	Rocchetti et al. 2019
<i>Mahonia aquifolium</i>	mahónia	levél / termés	-	halványsárga / lila	flavonoidok (kvercetin, rutin, izokvercitrin), fenolsavak, alkaloidok (pl. berbamin, berberin)	Andreicut et al. 2018
<i>Rubus fruticosus</i>	fekete szeder	termés / levél, inda	x	rózsaszín, bíbor, kék / sárgásbarna	termésben antocianinok, levélben cseranyagok (gallotannin), flavonoidok	Bernáth 2013

Latin név	Magyar név	Növényi rész	Gyógynövény (Bernáth 2013 és Csupor 2012 alapján)	Festőszín (pác nélkül vagy timsóval)	Fő festőanyag	Szakirodalmi forrás
<i>Sambucus nigra/ebulus</i>	fekete/gyalogbodza	érett termés / levél, ágvég	x	lila / sárgászöld	termésben antocianinok (sambucianin), cseranyagok, levélben cseranyagok	Bernáth 2013
<i>Alnus glutinosa</i>	mézgás éger	kéreg / termés / levél	-	barna / sárgásbarna / sárga	tanninok, flavonoidok (genkwamin)	Altinyay et al. 2016
<i>Castanea sativa</i> , <i>Aesculus hippocastanum</i>	szelidgesztenye, vadgesztenye	zöld terméshéj / mag / levél	x	szürkészöld / vörösésbarna / sárga	flavonoidok (kvercetin, izokvercetin, kempferol), cseranyagok	Bernáth 2013
<i>Juglans regia</i>	dió	barka / levél / termésburok	x	aranybarna / zöldecsarna / csokoládébarna	naftokinon (juglon), cseranyagok (ellagitanninok), flavonoidok (kvercetin, kempferol)	Bernáth 2013
<i>Picea abies</i>	luc	toboz	-	vörösésbarna	flavonoidok (kempferol, kvercetin, izorhamnetin-O-glikozidok), egyéb fenolos komponensek (pl. piceatannol)	Hofmann et al. 2021
<i>Quercus cerris</i> / <i>Q.</i> <i>petraea</i> / <i>Q. robur</i>	tölgy	kéreg / gubacs / levél / makk	x	világosbarna / halványbarna, szürkésbarna	hidrolizálható tanninok (gallo-, ellagotanninok), kondenzált tanninok (katechinek, proantocianidinek)	Bernáth 2013
<i>Rhus typhina</i>	ecetfa	levél / termés	-	homokszínű / mogyorósbarna	flavonoidok (kvercetin, kempferol, rutin), antocianidinek, fenolsavak, tanninok (gallotannin)	Wang és Zhu 2017
<i>Tilia platyphyllos</i> / <i>T.</i> <i>cordata</i> / <i>T. tomentosa</i>	hárs	virág	x	drapp, vörösésbarna	flavonoidok (kvercetin, rutin, hiperoxid, kvercitrin, izokvercitrin, kempferol-glikozidok), cseranyag, fenolsavak	Bernáth 2013

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Klagyivik Mária
A hallgató Neptun kódja:	QJZ505
A dolgozat címe:	Gyógyhatású festőnövények alkalmazása a textiliparban
A megjelenés éve:	2023
A konzulens intézetének neve:	Kertészettudományi Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Gyógy- és Aromanövények Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Budapest, 2023. október 27.


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Klagyivik Mária (hallgató Neptun azonosítója: QJZ505) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: Budapest, 2023. október 30.



belső konzulens

¹ A megfelelő alá húzandó.

² A megfelelő alá húzandó.