

SZAKDOLGOZAT

Pécsek Mihály Zoltán

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

alapképzési szak

**NARANCS SZÍNEZETÉNEK, ÉRZÉKSZERVÍ ÉS
MŰSZERES VIZSGÁLATÁNAK KORRELATÍV
ÉRTÉKELÉSE**

Belső konzulens:

Dr. habil. Baranyai László
egyetemi tanár

Belső konzulens intézete/tanszéke:

**Élelmiszertudományi és
Technológiai Intézet**

Külső konzulens:

Készítette:

Pécsek Mihály Zoltán

Budapest

2024

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés és célkitűzések	3
2.	Irodalmi áttekintés	5
2.1.	Élelmiszer minőség	5
2.2.	Élelmiszer-biztonság	6
2.3.	Minőség-ellenőrzés	6
2.3.1.	Pékárúk	7
2.3.2.	Hús és hal	7
2.3.3.	Zöldségek és Gyümölcsök	7
2.3.4.	Előkészített élelmiszerek	8
2.3.5.	Gabonafélék	8
2.4.	Minőségi paraméterek	9
2.5.	Citrusfélék érése	10
2.6.	Gépi látórendszerek	10
2.6.1.	Megvilágítás	11
2.6.2.	Képkalkotási lehetőségek	11
2.6.3.	CCD (Charge-Coupled Device) és CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor)	11
2.6.4.	Hőkamerák	12
2.6.5.	Hiperspektrális kamerák	12
2.6.6.	MRI	12
2.6.7.	Röntgen	13
2.7.	Képfeldolgozás	14
2.7.1.	Szegmentáció	14
2.7.2.	Színterek	15
3.	Anyagok és módszerek (alkalmazott módszerek)	18
3.1.	Felhasznált anyagok	18
3.2.	Eszközök	18
3.2.1.	Keményység mérés	18
3.2.2.	Szárazanyag tartalom	19
3.2.3.	Érzékszervi minősítés	19
3.2.4.	Képfeldolgozás	20
4.	Eredmények és értékelésük	23
4.1.	A tapasztalt RGB értékek	23
4.2.	HSV adatok konvertálása	24

4.3.	RGB adatok vörös szín dominanciája	26
4.4.	Oldott szárazanyag koncentráció és Sinclair keménység index mérési eredmények 27	
4.5.	Érzékszervi minősítés eredményei.....	28
4.6.	Színezeti tulajdonságok kapcsolata az oldott szárazanyag koncentrációval és keménységgel	29
4.7.	Színezeti tulajdonságok és érzékszervi minősítés eredményei közötti lineáris kapcsolat	33
4.8.	Érzékszervi minősítés korrelációja az oldott szárazanyag koncentrációval és keménységgel	39
5.	Következtetések és javaslatok	43
6.	Összefoglalás	46
7.	Köszönetnyilvánítás	48
8.	Irodalomjegyzék/Felhasznált irodalmak	49
9.	Ábrák és táblázatok jegyzéke	53
a.	Ábrajegyzék.....	53
b.	Táblázatjegyzék	53

1. Bevezetés és célkitűzések

Az élelmiszeripar jelentős változásokon ment keresztül az elmúlt években, amelyek között kiemelkedő szerepet játszik a képfeldolgozás technológiáinak fejlődése. A hagyományos értelemben vett termelési és gyártási folyamatoktól az ellátási lánc minden szakaszában az automatizálás és a digitális technológiák integrálása a versenyképesség növelése érdekében vált elengedhetetlenül fontossá. Az élelmiszeripari vállalatok egyre nagyobb figyelmet fordítanak a hatékonyság növelésére, és ezzel együtt a minőség fejlesztésére. Ennek részeként az innovatív képfeldolgozási megoldások egyre nagyobb szerepet kapnak.

A minőségellenőrzés terén a képfeldolgozás olyan rendszereket tesz lehetővé, amelyek gyorsan és megbízhatóan képesek azonosítani a termékeken található hibákat, például szennyeződések, sérülések vagy hibás csomagolást. Ezzel csökkentve a selejtezési költségeket és javítva az általános termék minőséget és biztonságot.

A fogyasztói igények folyamatos változása és az egészséges életmódra való növekvő igény a vállalatokat arra ösztönzi, hogy még inkább figyelmet fordítsanak az élelmiszerek összetételére, tápanyagtartalmára és a termék által nyújtott fogyasztói élményre. A képfeldolgozás lehetővé teszi az élelmiszerek összetevőinek és tápanyagtartalmának hatékony elemzését, amely lehetővé teszi a vállalatok számára, hogy gyorsan reagáljanak az új trendekre és előírásokra, és innovatív termékeket hozzanak létre, amelyek megfelelnek a megváltozott fogyasztói igényeknek és elvárásoknak.

Emellett a képfeldolgozás hasznos eszköz lehet a termékek marketingjében és értékesítésében is. A vizuális vonzerőnek és az érzékszervi élménynek kiemelkedő szerepe van a vásárlói döntésekben, a képfeldolgozás segítségével az élelmiszeripari vállalatok képesek olyan termékek képi megjelenítésére és promóciójára, amelyek vonzóak és eladhatóak a fogyasztók számára.

Mindezek alapján a képfeldolgozás technológiáinak felhasználása az élelmiszeriparban nem csupán egy újabb fejlett technológiai trend, hanem egy olyan stratégiai lehetőség, amely lehetővé teszi a vállalatok számára, hogy versenyképesebbek legyenek a piaci környezetben és jobban megfeleljenek a fogyasztók elvárásainak.

A dolgozat célja, hogy áttekintést nyújtson a digitális képfeldolgozás aktuális állapotáról és kilátásairól a gyümölcsök közül a narancs minőségi jellemzőinek értékelésében. A dolgozat célja, hogy a narancsok színe – mint talán a legjelentősebb vizuálisan észlelhető tulajdonság – alapján azok minőségét vizsgálja.

Kutatásom során többek között vizsgálni fogom a keménység és vizuális megjelenés közötti összefüggéseket. A gyümölcsök keménysége gyakran meghatározza azok frissességét és érettségi állapotát. A túl puha vagy túl kemény gyümölcsök nem csak kevésbé vonzóak a vásárlók számára, hanem gyakran jelzik az éretlenséget vagy a túlérés állapotát is. A gyümölcsök szárazanyagtartalma szintén fontos tényező a minőség és az élelmiszerbiztonság szempontjából. A megfelelő oldott szárazanyag koncentráció hozzájárul a gyümölcsök konzisztenciájához és ízéhez. A dolgozat során vizsgálni fogom az oldott szárazanyag koncentrációt különböző vizuális tényezők függvényében.

Végül összefüggést keresek a narancs érzékelt érzékszervi tulajdonságai és a képfeldolgozás során kinyert változók között, ezáltal vizsgálva azt a jellemző fogyasztói hipotézist, miszerint a narancsok héj színe kapcsolatban áll annak érzékszervi tulajdonságaival.

2. Irodalmi áttekintés

A friss gyümölcsök kiváló minősége elengedhetetlen az egészséges étrendhez. A megfelelő érési fázisban leszedett gyümölcsök gazdagabbak tápanyagokban és ízvilágban, valamint alkalmasabbak lehetnek a különféle élelmiszeripari vagy gasztronómiai felhasználásra. A szín, illat és állomány mind meghatározó tényezők lehetnek a gyümölcsök minőségének felismerésében. A helyi és szezonális gyümölcsök általában frissebbek és ízletesebbek, mivel jellemzően rövidebb távolságot tesznek meg a termelőtől az asztalig. Az ökológiai gazdálkodás is pozitív hatással van a gyümölcsminőségre, mivel minimalizálja a vegyi anyagok használatát, elősegítve ezzel a természetes íz és tápérték megőrzését. (Mosadegh, Mohammadreza, és Alireza, 2024). Az egészséges gyümölcsfogyasztás nem csupán élmény, hanem a jó közérzet és a vitaminokban gazdag egészséges táplálkozás alapja is.

A megfelelő higiéniai intézkedések és szabályozások biztosítják, hogy a gyümölcsök mentesek legyenek a különböző káros mikroorganizmusoktól, vegyi anyagoktól és szennyeződésektől. A szigorú ellenőrzések a termesztéstől a feldolgozásig garantálják a friss gyümölcsök minőségét és biztonságát. A fogyasztók számára fontos az információk követése és a helyi forrásból származó, megbízható gyümölcsök választása. A megfelelő minőség biztosítása érdekében az adott pontokon elvégzendő monitorozási vizsgálatok napjainkban a szükséges eszköz és munkaerőhiány miatt nehézkes lehet, ezért fontos, hogy ezeket a vizsgálatokat automatizálni tudjuk.

A narancs az egyik legkedveltebb déli gyümölcs, sok országban a nehéz elérhetősége miatt igen nagy értéket képvisel. A narancs kiváló minősége számos fontos paramétertől függ, például az érési fázisban szedett narancsok frissebb ízűek és gazdagabbak vitaminokban, különösen C-vitaminban. Az egészséges narancsoknak emellett csak kis mértékben vagy egyáltalán nincs elváltozásuk, például foltok, penész vagy rothadás.

A narancsok, illetve a színes gyümölcsök bizonyos minőségi tulajdonságainak megállapítására alkalmasak lehetnek a különböző roncsolásmentes képfeldolgozási módszerek, melyekkel a veszteség csökkenthető. A digitális látórendszerek fejlesztése ezért ma már rendkívül fontos.

2.1. Élelmiszer minőség

Az elmúlt években egyre gyakoribbá vált a képfeldolgozási technikák alkalmazása az élelmiszerek minőségi értékelésére. Az élelmiszeriparban sok minőségi ellenőrzést még mindig manuálisan végeznek, külön erre képzett ellenőrök által. Ez a munkakör azonban monoton és

drága, alkalmanként megbízhatatlan is lehet mert az emberek hajlamosak a szubjektivitásra. Az élelmiszerlánc tagjai által objektivitás, következetesség és hatékonyság iránt megnövekedett igények szükségessé tették a számítógépes képfeldolgozási technikák bevezetését. Az utóbbi időben rohamosan fejlődik a képfeldolgozó technikákat alkalmazó számítógépes látás, amely kvantitatív módon képes jellemezni az élelmiszerek összetett méretét, alakját, színét és egyéb tulajdonságait. Pontosan, konzisztensen és roncsolásmentesen mérnek, továbbá kiküszöbölik a kézi mérések szubjektivitását is (Timmermans, 1998). Rugalmasan alkalmazhatók és megfelelő helyettesítői lehetnek az emberi munkaerőnek. Az élelmiszeripar a képfeldolgozást az egyik legnagyobb mértékben alkalmazó iparág (Gunasekaran, 1996; Du és Sun 2004).

2.2. Élelmiszer-biztonság

Az ipari látórendszerek az élelmiszerláncra jellemző folyamatos aktív figyelmet is képesek biztosítani, az emberek számára gyakran nehezen elviselhető körülmények között is, mint például a hűtő házak vagy különböző hűtött légterek. Ezek a rendszerek több ipari igényt is képesek kielégíteni, alkalmasak termékek osztályozására, hibák detektálására, mikroorganizmusok jelenlétének kimutatására és az élelmiszerminőség osztályozására is, valamint szerepük lehet élelmiszeripari berendezések ellenőrzésében is. A gépi látás új lehetőséget nyújt az élelmiszerek minőségének megállapításában, különösen a friss termékek, például zöldségek, gyümölcsök és húsok esetében. A hőkamerák felhasználása is elterjedt az élelmiszeriparban, például a gyümölcsök feldolgozási folyamatainak monitorozására és a húsfélék minőségének ellenőrzésére. A gépi látás és képfeldolgozás folyamatos fejlődése jelentős előrelépést jelenthet az élelmiszerbiztonság és minőség terén, lehetővé téve a gyorsabb és hatékonyabb termelést és ellenőrzést (Chen, Tzu-Chia, és Shu-Yan Yu. 2021).

2.3. Minőség-ellenőrzés

A számítógépes látórendszerek lehetőséget nyújtanak arra, hogy az esetenként számottevő időigényű és költséges manuális ellenőrzési és osztályozási gyakorlatokat automatizálják, ezáltal szabványosítva a technikákat és kiváltva a fárasztó emberi ellenőrzési feladatokat. A gépi látás sikeresen alkalmazható számos élelmiszeripari termék objektív, gyártó soron történő mérésére, a rutin ellenőrzéstől kezdve a bonyolult, látásvezérelt robotikai vezérlésig (Brosnan, Tadhg, és Da-Wen Sun 2004).

2.3.1. Pékáruk

Durand, Solle, Schirmer, és társaik (2012) egy automatikus sütési adaptív vezérlő rendszer létrehozására tettek kísérletet gyártósorba integrált képfeldolgozó rendszer használatával. A képfeldolgozásnak köszönhetően online nyomon követhető a sütőipari termék állapota méret- és színazonosítás alapján. Ez lehetővé teszi, hogy a rendszer dinamikusan képes legyen beállítani a folyamat paramétereit és optimalizálni a sütési folyamatot az energia, az idő és a termékminőség szempontjából.

2.3.2. Hús és hal

Firtha és Romvári (2014) kutatásának célja a húsok márványozottságának objektív értékelése volt különböző képfeldolgozási módszerekkel, mint az RGB, NIR hiperspektrális és CT képek. A kutatás során Danbred típusú sertéshúsokat vizsgáltak, különböző optikai módszereket alkalmazva tarja és karaj mintákon. Az RGB képeken a rotációtól, felbontástól és megvilágítástól független algoritmus jól korrelált a szakértői értékelésekkel és az analitikai mérésekkel. A hiperspektrális mérések alapján meghatározták a színhús, zsír és kötőszövet szignifikáns hullámhosszait. A CT felvételeken az algoritmusok konzisztensen azonosították a zsír- és színhús tartományokat. Az eredmények szerint a kidolgozott algoritmusok megfeleltek a korreláció, invariancia és stabilitás kritériumainak, és ígéretesek a hús márványozottságának képfeldolgozással történő objektív értékelésére.

2.3.3. Zöldségek és Gyümölcsök

A kertészeti termékek esetében a forma, méret, szín, foltok és betegségek vizsgálata sorolható a legfontosabb szempontok közé a minőségértékelés során. Dubey, Ram, Jalal és társaik (2015) tanulmánya áttekinti a képfeldolgozáson alapuló megoldásokat, amelyek szín- és textúrajellemzőket használnak a gyümölcsök és zöldségek, valamint azok betegségeinek automatikus felismerésére és osztályozására. A kutatásuk során felhasznált a technikák három lépésből állnak: kép- és hibaszegmentálás a K-közép módszerrel, jellemzők kinyerése a szegmentált képből és a fertőzött területből, majd az osztályozás. A kísérletük során 15féle gyümölcsöt és zöldséget, valamint háromféle almabetegséget vizsgáltak, ahol az osztályozási hibaarány átlagosan 1% volt a gyümölcsök és zöldségek, és 3% az almabetegségek esetében. A tanulmányban csak egyféle gyümölcsöt és egyféle betegséget vizsgáltak képenként, de a

jövőben lehetségesnek tartják, hogy a kutatást kiterjesszék többféle kertészeti termékre, valamint a különböző betegségek egyszerre történő detektálására. Egy másik lehetséges irány a rendszerek valós környezetben történő alkalmazása is lehet.

2.3.4. Előkészített élelmiszerek

A számítógépes látórendszereket alkalmazzák különféle feldolgozott élelmiszerek, például sajtok, pizzák és sült krumpoli vizsgálatára. Például, a pizzafeltétek típusának, százalékanak és eloszlásának ellenőrzésére. Ezen technológiák alkalmazása során különböző algoritmusokat vehetünk alkalmazásba, természetesen figyelembe véve a vizsgálandó objektum jellegét és tulajdonságait. A textúra- és szín alapú elemzés, valamint mélytanulási módszerek is használhatók. Az egyik legfontosabb terület a szennyeződések és gyártási hibák automatikus felismerése. A képfeldolgozás lehetővé teszi a penész vagy idegen anyagok észlelését is. Ezen túlmenően, a gépi látás használható az élelmiszerek egységességének és esztétikai minőségének ellenőrzésére, például a szín, forma és méret alapján, ami kritikus a fogyasztói elégedettség szempontjából.

2.3.5. Gabonafélék

A fejlett képfeldolgozási technikák pontosan azonosíthatják és osztályozhatják a gabonafélék betegségeit. Ez magában foglalja a mélytanulási modellek használatát is a levélképeken megjelenő betegség jeleinek korai felismerésére, ami lehetővé teszi az időben történő beavatkozást és kezelést. Emellett a képfeldolgozás segítségével elemezhetők a növénymagasság, lombkorona borítás és levélterület index, drónok vagy műholdak által rögzített képek feldolgozásával pontosabb becslést adva a terméshozamról, ami segíti a jobb tervezést és erőforrás-allokációt.

A gépi látás révén a kártevők is azonosíthatók és nyomon követhetők. Ez segít gyors intézkedések meghozatalában a kártétel csökkentése érdekében, ezáltal védve a termést és növelve a hozamot. Továbbá, a képfeldolgozás alkalmazható a gabonaszemek válogatásában és osztályozásában. A szemek alakjának, méretének és színének elemzésével a technológia biztosítja, hogy csak a megfelelő minőségű szemek kerüljenek további feldolgozásra.

Végül, a növények és gyomok megkülönböztetése kritikus a hatékony gyomirtás szempontjából. A képfeldolgozó algoritmusok pontosan meg tudják különböztetni a gyomokat a gabonaféléktől, lehetővé téve a célzott herbicid alkalmazást (Rasti, Sanaz, Bleakley és társaik, 2022).

2.4. Minőségi paraméterek

A narancsok minőségellenőrzése segítséget nyújt a termelőknek, biztosítva, hogy csak a megfelelő minőségű gyümölcsök kerüljenek a piacra. Ez magában foglalja az érettség ellenőrzését, a sérülések és rothadások kiszűrését, valamint az esetleges betegségek vagy kártevők jelenlétének felismerését. A jó minőségű narancsok nemcsak jobb ízt és textúrát biztosítanak, hanem hosszabb eltarthatósággal is rendelkeznek, ami képes lehet akár növelni a termelők és az értékesítők nyereségét. A minőségellenőrzés kulcsfontosságú a fogyasztók számára is. A fogyasztók számára fontos, hogy megbízható forrásból származó, friss és egészséges gyümölcsöket vásároljanak. A megfelelő minőségellenőrzés segít megelőzni az élelmiszerbiztonsági problémákat, mint például az élelmiszerekkel terjedő betegségek kockázatát. Emellett a jó minőségű narancsok jobb érzékelést nyújtanak a fogyasztóknak, ami növeli visszatérési hajlandóságot és a márka vagy termelői hírnevet.

Vizuális tényezők: ebbe a kategóriába tartozik a méret, forma, szín, fényvisszaverés, valamint a különböző vizuális defektusok, melyek kialakulhatnak szüret előtt, illetve után is különböző módokon.

Textúra tényezők: ide sorolható tulajdonság a szilárdság, roppanósság, lédúság. A textúra tulajdonság nem csupán végfelhasználói fogyasztás szempontjából fontos tényező, hanem meghatározó tényezője a szállíthatóságnak is. A puhább gyümölcsök például sokkal rosszabbul viselik a hosszabb szállításokat mert könnyen sérülnek ezáltal súlyos veszteségeket generálva. Fontos tehát megállapítani a termények keménységét is a megfelelő szállítási módok és távok megtervezéséhez.

Íz alakító tényezők: Ide tartozik az édesség, savasság, keserűség, aroma, és az idegen ízek jelenléte is. A kritikus, ízt kialakító komponensek érzékelését objektív analitikai mérésekkel és szubjektív fogyasztói véleményekkel is össze szokás kapcsolni, hogy megállapítsák a fogyasztói preferenciát. A legtöbb gyümölcs ízminőségét befolyásolja a cukor, szerves savak, fenolos vegyületek, valamint illatot keltő illékony vegyületek tartalma.

Tápérték tényezők: Az emberek vitamin, rost és ásványi anyag szükséglet fedezésében kiemelkedő fontosságúak a növényi alapanyagok azonban a Postharvest (szüret utáni) időszakban a különböző kertészeti termékek táplálék-kiegészítő tartalma jelentős veszteségeknek vannak kitéve, melyet fokozhatnak a különböző tárolási deviációk, mint például a fizikai roncsolódás, illetve nem megfelelő tároló hőmérséklet (Lamikanra, 2001).

2.5. Citrusfélék érése

A citrus gyümölcsök érettségét több tényező alapján határozzák meg, a héj szín, a cukor- és savtartalom, valamint a lédúság alapján.

A héj színe a karotinoid és klorofil összetételétől függ, amelyek felelősek a gyümölcs héj színéért. A narancsok érésével a klorofill lebomlik, ami a zöld szín elvesztéséhez vezet. Ezzel párhuzamosan zajlik a karotinoidok szintézise, amely jellegzetes narancssárga árnyalatot kölcsönöz a gyümölcsnek (Kapoor, Leepica, Andrew J., és társaik, 2022). A narancsok érése során fontos paraméter az oldott szárazanyag koncentráció. Érés során a szárazanyag tartalom mindig növekszik azonban az érettséget indikáló oldott szárazanyag koncentráció értékről kutatásom során nem találtam egyhangú egyetértést, mert ez termesztési és egyéb változóktól is függhet. Az érett narancsok oldott szárazanyag koncentrációja feltehetőleg 10 és 15% közé tehető, valamint a cukor- és savtartalom aránya, és a lédúság mértéke is fontos indikátor lehet az érettségi állapot érzékelésében. Ezek a mutatók változhatnak a citrusfajták és a termőhelyek függvényében. Az érettség megállapítása a piaci követelményektől és a fogyasztói elfogadástól is függ, ezért az érett citrus gyümölcsök kiválasztásához figyelembe kell venni a citrus félék méretét és alakját is annak ellenére, hogy a citrus gyümölcsök mérete általában nem jó mutatója az érettségnek, mivel inkább a növény „tápláltsági” állapotát és az agronómiai gyakorlatokat tükrözi, nem pedig az érettséget (Zacarías, Lorenzo 2014).

2.6. Gépi látórendszerek

A számítógépes látórendszerekről elmondható, hogy általában öt fő hardveres alkotórészből állnak. A rendszerben megtalálható egy megvilágításért felelős készülék, kamera, egy képkockarögzítő, egy személyi számítógép, és egy magas felbontású színes monitor (Wu, Di, és Da-Wen Sun 2013).

A gépi látó rendszerek fő feladatai közé tartozik, hogy az optikai képek tartalmát átalakítsa numerikus adatokká, amelyet a számítógép feldolgozhat. Ezután a rendszer képes lehetőséget adni arra, hogy az operatív folyamatokba beavatkozassunk (Golnabi, Asadpour 2007).

2.6.1. Megvilágítás

A gépi látórendszerek alkalmazása során a megvilágítás fontos szerepet foglal el. A megfelelő világítás segítségével tiszta és éles képeket lehet készíteni a legmagasabb kontraszttal és alacsony zajszinttel a vizsgálandó objektum és a háttér között, ami elősegíti az objektum helyzetének, méretének vagy állapotának meghatározását (Xiaojun és Gao, 2018). Fontos, hogy az elvárt eredmények megvalósításához a mérés jellegéhez a lehető legjobban illeszkedő megvilágítási technikát válasszuk.

A megvilágítás kialakítása során a legalapvetőbb kérdés, hogy az objektumot szemből vagy hátulról világítsuk meg. Mindkét technikának megvannak a maga előnyei és hátrányai.

Háttér világítás: Ezt a technikát olyan mérések során alkalmazhatjuk, amikor a tárgyak formáját vagy elhelyezkedését vizsgáljuk, mert kiváló kontrasztot és pontos geometriai méréseket tesz lehetővé. Ugyanakkor ez a technika nem alkalmas az objektumok felületének vizsgálatára.

Szemből világítás: Jó kontrasztot biztosít és az objektum felülete jobban vizsgálható, ugyanakkor a nagy fényvisszaverődés problémát okozhat tükröződő felületek vizsgálatakor, valamint zavaró nem kívánt árnyékok is kialakulhatnak. A szemből történő világítás esetében van lehetőségünk többféle módszert használni melyekkel optimalizálhatjuk a megvilágítást. Ilyen például a közvetett megvilágítás, mikor már eleve szórt fény vetül rá a vizsgált objektumunkra ezzel csökkentve a visszaverődés mértékét (Hornberg, Alexander, 2006).

2.6.2. Képkalkotási lehetőségek

Gépi látórendszerekben különböző kameratípusokat alkalmazhatnak az adott feladatok és ezek környezeti igényei szerint. Ezek közé tartoznak a CCD és CMOS kamerák, hőkamerák. A kameraválasztás fontos szerepet játszik a rendszer teljesítményében és alkalmazhatóságában.

2.6.3. CCD (Charge-Coupled Device) és CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor)

A CCD és a CMOS a legelterjedtebb kamera típusok a gépi látórendszerekben. Mindkét típus digitális képérzékelő, de különböző technológiákat alkalmaznak a képkalkotáshoz. A CCD-kamerák hagyományosan jobb minőségű képet produkálnak alacsony zajjal, míg a CMOS-kamerák kisebbek, olcsóbbak és energiahatékonyabbak.

2.6.4. Hőkamerák

A hőképalkotás során az objektum által kibocsátott infravörös sugárzás alapján az objektum hőmérsékletét határozhatjuk meg. A hőképalkotás által nyújtott értékelés kulcsfontosságú adatokat szolgáltat az objektumok méretéről, hő eloszlásáról, valamint szerkezeti jellemzőiről (Ali, Mohd, Hashim, és társaik, 2020). A hőkamerák felhasználása az élelmiszeriparban a számítógépes technikák fejlődésével vált elérhetőbbé, és többféle területen is kutatják a benne rejlő lehetőségeket. Az egyik legsikeresebb felhasználási terület az idegen testek észlelése és a szüretelés vagy aratás után kialakuló biológiai hibák detektálása (Gowen, Tiwari, Cullen és társaik, 2010).

2.6.5. Hiperspektrális kamerák

A hiperspektrális kamerák olyan eszközök, amelyek széles spektrumú fényt érzékelnek több hullámhosszon, nem csak a látható fény tartományában. Ezek a kamerák általában több sáv szélességet fednek le az elektromágneses spektrumban. Az objektumokról származó fényt sávokra bontják fel, és minden sávot külön-külön rögzítenek. Ennek eredményeként a hiperspektrális kamerák olyan képeket hoznak létre, amelyek minden pixele tartalmaz spektrális információkat az adott területről. Ezzel például élelmiszerek vagy nyersanyagok különböző tulajdonságait lehet detektálni. A spektrumok mérésével és az adatok elemzésével az összetevők jellemző abszorpciós csúcsait és a tulajdonságok jellemző hullámhosszait lehet meghatározni. A kutatók által meghatározott hullámhosszokra érzékeny ún. multi-spektrális szenzorok mérhetik az egyes hullámhosszok intenzitásának hely szerinti eloszlását (Firtha 2008).

2.6.6. MRI

Az MRI más néven Mágneses Rezonancia Képalkotás egy hatékony módszer a testek belső struktúrájának vizsgálatára mely annak megsértése nélkül kivitelezhető. MRI képeket erős mágneses tér és rádiófrekvenciás impulzusok segítségével hoznak létre. Az MRI működése során a vizsgált anyag szerkezetében lévő hidrogénatomok ki vannak téve a mágneses térnek, ami az atomok pörgetéséhez vezet. A rádiófrekvenciás impulzusok befolyásolják ezen pörgetésüket, majd amikor az impulzus megszűnik, az atomok visszatérnek eredeti állapotukba.

Ezen folyamat során energiát bocsátanak ki, amit érzékelők rögzítenek, és ezekből az adatokból állítják elő a képeket.

Az élelmiszeriparban az MRI-t egyre többen alkalmazzák a minőségellenőrzés és kutatás terén. Az MRI segítségével lehetőség nyílik az élelmiszerek szerkezetének, összetételének és minőségének nem invazív vizsgálatára.

Patel, Khan, Kar, (2015) áttekintő kutatást végeztek az MRI technológia élelmiszeripari felhasználásának lehetőségeiről. Az MRI segítségével a színezet, íz, aroma, textúra, valamint az összetevők koncentrációja és a biopolimerek denaturációja és géleződése mellett más minőségi tényezőket is figyelembe lehet venni. Az MRI során mikro képalkotást és lokalizált spektroszkópiát is alkalmaznak maltóz és más anyagok térbeli eloszlásának vizsgálatára, amelyek hatással vannak a sörök és szeszesitalok minőségére. Emellett az MRI segítségével lehetőség nyílik a jégképződés megfigyelésére az élelmiszerek fagyasztása során, valamint a nedvesség migrációjának és más fizikai vagy biológiai tulajdonságok vizsgálatára.

Mindezen lehetőségek ellenére azonban az MRI technológia sajnálatos módon meglehetősen drága és körülményes ezért nem terjedt el nagy léptékekben még.

2.6.7. Röntgen

A röntgensugárzás olyan elektromágneses sugárzás, melyet általában fémek gerjesztésével állítanak elő. Amikor a röntgensugárzás ér valamilyen anyagot, akár a testet vagy egy élelmiszert, a sugarak egy része áthalad, míg más része elnyelődik vagy szóródik. Az áthaladó röntgensugárzás intenzitása a vizsgált test több tulajdonságától is függ, többek között az anyag vastagságától és összetételétől, így a röntgenképek készítésekor az anyagok különböző sűrűségei különböző áttetszőségei egy szerkezeti képet hoznak létre.

A röntgen képalkotás minőség-ellenőrzés céljával alkalmazható az élelmiszeripar területén. Használható csomagolt élelmiszerek, hús, gabonafélék és egyéb kertészeti termékek csomagzárása ellenőrzésére, illetve idegen testek detektálására is. Azonban hátránya, hogy a képminőségre hatással van a vizsgált objektum formája, tehát egy egyenletlen alakú termék esetén akár fals pozitív eredményeket is észlelhetünk röntgen képek elemzése során. Ezen kívül a röntgen képek készítésével csak a nagyobb méretű részecskéket tudjuk észlelni (Purohit, Ranjan, Lakshmi, és társaik, 2019). Mindezek mellett a röntgen technológia üzemeltetése meglehetősen költséges is, amely egy olyan iparágban, ahol meglehetősen magas az árérzékenység nem feltétlenül lehet kifizetődő.

2.7. Képfeldolgozás

A fizikai mérések körében kiemelkedő fontosságúak a gyors, roncsolás-mentes módszerek, például a vizuális paraméterek mérése, melyek különösen relevánsak a különböző kertészeti termények esetében. A hagyományos mérőeszközök a mérések során nem feltétlen képesek leírni az inhomogenitást és a textúrát. A képfeldolgozási rendszerek többek között lehetővé teszik a szín hely szerinti eloszlásának mérését, ezáltal megfelelő algoritmusokkal leírhatóvá válik a vizsgálandó objektum színe, felülete és alakja (Firtha 2008).

A csomagoló sorokon, ahol jelenleg a külső minőségi jellemzőket vizuálisan ellenőrzik, a gépi látás lehetővé teszi ennek a feladatnak az automatizálását (García, Fernando, Blasco, és társaik, 2010).

A képfeldolgozás folyamatában több szintet tudunk megkülönböztetni a folyamat előre haladtától függően.

Alacsony szintű képfeldolgozás: Ide tartoznak az egyszerűbb korrekciós eljárások, melyek célja a kép előkészítése, mint például fényerő, élesség, szín valamint a körbevágás.

Közép szintű képfeldolgozás: ideértendő a szegmentáció, mely során a megfigyelendő tulajdonságokat, objektumokat írjuk le és alakítjuk át olyan formára, melyet már a számítógépek is értelmezni tudnak.

Magas szintű képfeldolgozás: ez a szakasz magába foglalja a felismert objektumok összességének értelmezését. Az itt kapott eredmények befolyásolhatják a további beavatkozást, illetve döntéshozatalt (Gonzalez, Rafael, Zahraa 2019).

2.7.1. Szegmentáció

A képfeldolgozás során a szegmentálás az egyik legfontosabb lépés, mivel ez határozza meg a folyamat során egy kép tartalmának megértését. A szegmentálás az első lépés a képek komplexitásának megoldásában, és alapvető fontosságú az képek megértéséhez (Saini, Sujata, és Komal 2014). A szegmentálási technikák között a különböző céloknak megfelelően többféle technikákat különböztetnek meg a szakirodalmak.

A küszöbölés (thresholding) egy olyan egyszerű és gyakran használt szegmentálási technika, amelyben az adott képen lévő pixeleket háttérbe vagy előtérbe helyezik. Ennek a két csoportnak a megkülönböztetéséhez egy küszöbértéket használnak, amely az adott kép intenzitásának vagy színének egy meghatározott értékét jelenti (Yogamangalam, és Karthikeyan, 2013).

A régió alapú szegmentáció olyan technika, amelyben az objektumokat azok régiójának összefüggő területei alapján határozzák meg. Ez azt jelenti, hogy a képen lévő pixeleket olyan csoportokba sorolják, amelyek egymással összefüggőek és hasonló tulajdonságokkal rendelkeznek.

Az élkeresés alapú szegmentáció olyan módszer, amely az objektumok határainak azonosítására összpontosít. Az alapelv az, hogy az objektumok általában éles kontrasztú élszalagokkal rendelkeznek az azt körülvevő háttérhez képest. Ennek megfelelően az élszalagokat keresik a képen, és ezek mentén határozzák meg az objektumok határait. Ez a fajta szegmentáció főként a kontrasztos határokkal rendelkező objektumok esetén hatékony. Ez a módszer gyakran alkalmazható például élek detektálására, amelyeknél fontos az objektumok pontos határainak azonosítása.

Szegmentálást végezhetünk a vizsgált objektumokra jellemző tulajdonságok alapján is. Az alapelv az, hogy az objektumok általában hasonló tulajdonságokkal rendelkeznek, és ezeket a tulajdonságokat felhasználva lehet őket csoportosítani vagy rendszerezni.

A jellemző vagy tulajdonság alapú csoportosítás általában akkor hatékony, ha az objektumoknak különböző jellemzői vannak, és ezek jól megkülönböztethetőek.

A modell alapú szegmentáció olyan technika, amelyben az objektumokat valamilyen előre meghatározott modell alapján próbálják meghatározni. Ez lehet például egy matematikai vagy statisztikai modell, amely leírja az objektumok formáját, színét vagy mintázatát.

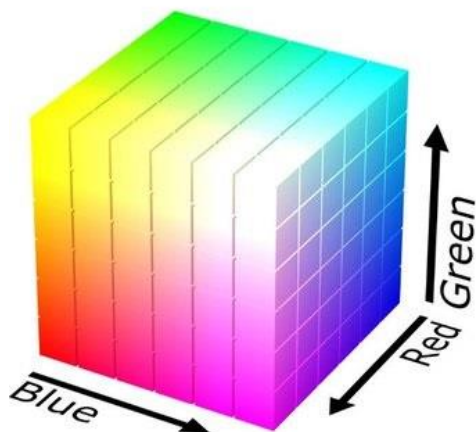
Egy a módszert jól szemlélté például Prastawa, Bullitt, és Gerig, (2004) kutatása, melyben a szerzők egy szegmentációs módszert mutatnak be agydaganatok automatikus azonosítására az MRI képeken. A módszerük során a daganatokat egy valószínűségi modell alapján határozták meg, amely leírta az egészséges agy és a daganatok közötti különbségeket az intenzitás és a térbeli elrendezés tekintetében. Ezek alapján a daganatokat pontosan képesek voltak elkülöníteni az egészséges szövetektől.

2.7.2. Színterek

A fekete-fehér képekkel ellentétben színes képek sokkal információgazdagabb lehetőséget adnak komplex tárgy érzékelésre és szegmentációra. A különböző színterek a képfeldolgozásban jelentős szerepet töltenek be, fokozzák a lehetőségeink számát a színes képek vizsgálatában és manipulálásban (Zhang, Yu-Jin, 2021).

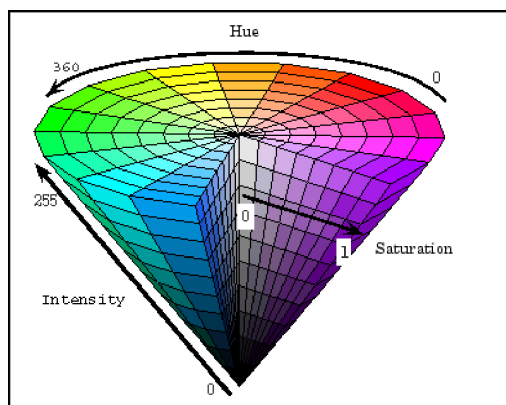
A képfeldolgozás során a színterek által van lehetőségünk értelmezni a különböző képeket, a legjelentősebb modellek közé tartoznak az RGB és HSV modellek (Jack, Keith, 2007).

Az RGB színtér (1. ábra) a kolorimetria alapvető modellje, amelyet többek között digitális képfeldolgozásban és a számítógépes grafikában is használnak. A színtér három elsődleges szín, a piros, zöld és kék additív kombinációján alapul, amelyek különböző intenzitásban keverhetők, ezáltal széles színspektrumot biztosítanak. Ez a modell elengedhetetlen olyan eszközökhöz, mint a televíziók és a digitális fényképezőgépek, amelyek RGB szabványok alapján kódolják a képeket.



1. ábra: RGB színtér
(Forrás: Popov, Vencislav, Markus és társai, 2018)

A HSV (Hue, Saturation, Value) és HSL (Hue, Saturation, Lightness) színterek elengedhetetlenek a különböző képfeldolgozó alkalmazásokban. A HSV színtér előnyös a különböző szegmentálási feladatokhoz, mivel szorosan illeszkedik az emberi színérzékeléshez. Mindkét színtér különböző dimenziók mentén írja le a színeket. Közös tulajdonságuk, hogy mindkét színtér azonos módon fogalmazza meg színárnyalatot és a színtelítettséget. A Hue (H) avagy színezet dimenzió mindkét színtérben a színárnyalatot jellemzi a „szín kerekén”, ahol a 0° -tól indulva találjuk a piros, narancssárga, sárga, zöld, cián, kék, magenta színeket. A Saturation (S) telítettség dimenzió kifejezi a Hue paraméter eltérését a semleges szürke 0 értéktől, a maximális értékig, ami nem tartalmaz egyáltalán fehér komponenst, csak a színezet látható. A HSV színtérben (2. ábra) a Value (V) változó a szín fényességét (világosságát) jelenti ez határozza meg hogy egy szín mennyire sötét, ezen változó növelésével tehát a színek egyre világosabbak lesznek, még a legkisebb értéken pedig gyakorlatilag minden szín fekete. (MATLAB & Simulink, 2024).



2. ábra: HSV színtér
(Forrás: MATLAB kézikönyv 2024)

3. Anyagok és módszerek (alkalmazott módszerek)

3.1. Felhasznált anyagok

Vizsgálataim során a SPAR Magyarország által forgalmazott, Görögországból származó Valencia fajtájú narancsokat használtam fel. A narancsok érettségét gyakran a külső szín alapján ítélik meg, az érett narancsok jellemzően élénk narancssárga színűek. A zöldes árnyalatok még éretlen gyümölcsre utalnak, míg a narancssárga szín a teljes érettséget jelzi. Azonban a szín önmagában nem mindig elegendő, mivel bizonyos fajták és környezeti tényezők hatására a narancsok zölden is érettek lehetnek.

A gyümölcs keménysége is mérhető. Az éretlen narancsok keményebbek, míg az érett gyümölcsök puhábbak, de még mindig szilárdak.

A szárazanyag tartalom a gyümölcs cukortartalmára ad utalást, és általában refraktométerrel határozzák meg. Az érett narancsok refraktométerrel meghatározott Brix értéke magasabb, jellemzően 10-15% között. Ez a paraméter segít megítélni a gyümölcs édességét és ízének intenzitását. A narancsok szárazanyag tartalma jellemzően az érés során növekvő értékű.

A narancsok érettségének megállapításánál gyakori eljárás az érzékszervi vizsgálatok alkalmazása. Mivel az érett narancsok íze kiegyensúlyozott, édes és savas, az éretlen narancsok íze gyakran savanyúbb és kevésbé édes, illetve az érett gyümölcshús lédús, míg az éretlen gyümölcs szárazabb vagy gumiszerű lehet.

3.2. Eszközök

3.2.1. Keménység mérés

A túl kemény narancs éretlen lehet, míg a túl puha narancs túlérett vagy esetleg romlott. A keménység mérésével a termelők, forgalmazók és fogyasztók biztosak lehetnek abban, hogy a narancsok megfelelő állapotban vannak a szállításhoz, tároláshoz és fogyasztáshoz, ezzel csökkentve a pazarlást és javítva a vásárlói elégedettséget.

A narancs minták keménységének meghatározására a Sinclair IQ Firmness Tester berendezést használtam. Ez a berendezés tartalmaz egy fűjtatót, amelyen megtalálható egy erőérzékelő, ami a fűjtató által kifűjt sűrített levegő visszapattanásának erejét és idejét méri. Egy kemény anyag esetén rövid ideig tartó csúcsot érzékel a műszer, míg egy puha gyümölcs esetén egy hosszabb

ideig tartó kisebb csúcsot mérünk. A mért idő-erő görbék alapján számítja a műszer a termék keménységét, melyet IQ (Internal Quality index) egységben ad meg, az alábbi módon:

$$C \times \left(\frac{P_{max}}{\int p(t)dt} \right)^2$$

ahol:

C: A rendszerre jellemző konstans

P max: A maximálisan mért erő

p(t): behatási erő az idő függvényében.

3.2.2. Szárazanyag tartalom

A gyümölcsök levének szárazanyagtartalma magában foglalja a gyümölcsben található cukrokat, savakat, vitaminokat és ásványi anyagokat, amelyek alapvetően befolyásolják az ízt, tápértéket és a feldolgozhatóságot. Magas szárazanyag tartalmú narancsok általában édesebbek és ízletesebbek, ami vonzóbbá teszi őket a fogyasztók számára. Emellett a szárazanyagtartalom ismerete segít a termelőknek és kereskedőknek az optimális szüretidő meghatározásában, valamint a narancsok minőségi osztályozásában és árazásában, biztosítva ezzel a gazdaságosságot és a fogyasztói elégedettséget. Ehhez a Milwaukee ma871 Digital Brix Refractometer digitális kézi refraktométerét használtam. A készülék a szárazanyag tartalmat Brix°-ban adja meg $\pm 0.2\%$ pontossággal. Az egyszerűsége, reprodukálhatósága, precízisége miatt a készülék használata az élelmiszeriparban széleskörűen, még minőség ellenőrzésre is elterjedt. A készüléket használat előtt desztillált vízzel kalibrálni kell, majd ezután pár cseppet a mérendő anyagból (esetünkben a friss narancslé) a prizmára kell cseppenteni és a „Read” gomb megnyomása után már le is olvashatjuk a műszer által meghatározott cukortartalmat.

3.2.3. Érzékszervi minősítés

A narancsok érzékszervi minősítésének jelentősége abban rejlik, hogy közvetlenül befolyásolja a gyümölcsök piaci értékét és fogyasztói elégedettségét. Az érzékszervi vizsgálatok során értékelt tulajdonságok, mint az íz, illat, állag és megjelenés, meghatározzák a narancsok élvezeti értékét.

A „Just About Right” (JAR) skála egy élelmiszeriparban gyakran használt skála különböző termékek érzékszervi vizsgálatára. A JAR skála különböző tulajdonságok megfelelőségi szintjét méri, és általában arra szolgál, hogy a használatával meghatározzák a termékek tulajdonságainak optimális szintjét. A JAR skálának számos változata létezik, de a skála

végpontjai minden esetben „túl kevés” és a „túl sok” a középső érték pedig a „pont jó” innen is ered a skála neve.

A JAR skálát alkalmazó érzékszervi minősítést végrehajtó bírálóknak nem szükséges minden esetben képzett bírálóknak lennie. A bírálók kiválasztása attól függ, hogy a teszt célja a termékek fejlesztése vagy a fogyasztói preferenciák felmérése. A JAR skála használata során az elemzendő mintákat egységes módon kell előkészíteni és bemutatni a bírálók számára, valamint egységes körülmények között kell végrehajtani a tesztelést is, ezzel minimalizálva a külső változók hatását a vizsgálatra. A mintákat az értékelés során egyenként megvizsgálják a bírálók és a meghatározott érzékszervi tulajdonságokat értékelik a JAR skálán.

A kísérletem célja az volt, hogy összefüggést találjak a narancsok színe és beltartalmi vagy érzékszervi tulajdonságai között, ezért a fényképezett és mért narancsokat érzékszervi minősítésnek vettem alá, mely során egy 4 fős bírálati csoporttal és a JAR (Just About Right) skála használatával értékeltem a narancsokat. A bírálat során négy szempontot vettem figyelembe: savasság, édesség, állag és illat. Minden szempont egy 3 pontos skálán került értékelésre, ahol a középső pont (2) jelölte az optimális szintet, még a bal szélső pont (1) jelölte a túl kevés szintet és a jobb szélső (3) a túl sok szintjét. A mintákhoz 3 tagú szám kombinációkat rendeltem véletlenszerűen. Az érzékszervi minősítés során több szempontból is fontos a minták kódolása. Egy előnye, hogy segítenek elkerülni a bírálók előítéleteit, ezáltal az értékelés objektív és minták tulajdonságaira koncentrálnak. Fontos előnye továbbá a kódolásnak, hogy a mintákkal való további munkát is megkönnyíti mert általa a minták jobban nyomon követhetők.

3.2.4. Képfeldolgozás

Gyümölcs vásárlásakor gyakori döntési szempont a termék külleme, különösen a színe (Yosini, Deliana, 2011). A narancsok színe gyakran jelzi azok fogyasztói érettségét. Gyakori fogyasztói prekonceptió, hogy az erősebb piros árnyalattal rendelkező narancsok „finomabbak”, jobb érzékszervi tulajdonságokkal rendelkeznek, mint a kevésbé pirosabb társaik. Ennek oka az lehet, hogy a narancsok színe kapcsolatban állhat a szárazanyag tartalommal, ennek következtében érezhetjük a pirosabb színű narancsokat általában édesebbnek. A narancsok színét, szín tulajdonságait képfeldolgozással határoztam meg.

A képfeldolgozáshoz a különböző narancs mintákat egy Hitachi HV-C20 3CCD kamerával fényképeztem. A képeket egy erre a célra kialakított cellában készítettem el, ahol közvetett megvilágítás volt kialakítva. Az indirekt megvilágítás esetén a fényes felületű tárgyak felületén

jelentkező fényvisszaverődés nem túl jelentős, de nem elhanyagolható, ezért fontos ezt a kamera beállításokkal korrigálni. Továbbá az indirekt megvilágítás megfelelő fényeloszlást biztosít miközben minimalizálja az árnyékok megjelenését is. Az így készült képekről az adatokat a Scilab 6.1.1 program segítségével nyertem ki megállapítva először az RGB (piros, zöld, kék) szín komponensek átlag értékét az egyes mintáknál.

Minden narancs minta RGB adatainak kinyerése után kiszámoltam a Piros (R) adat normalizált értékét az alábbi képlet alapján. Ez az adat azt mutatja meg, hogy a piros szín mennyire dominál a többi szín csatorna felett.

$$R \text{ norm} = \frac{R}{R + G + B}$$

Majd kiszámoltam az R értékre nézve a négyzetesen normált értékeket is.

$$R \text{ norm} = \frac{R^2}{(R^2 + G^2 + B^2)}$$

Az RGB adatok HSV és HSI színterekbe történő konverziója a szakirodalmak által is vitatott téma, ezért H (színezet) illetve az S (szín telítettség) értékek konverziójára kétféle módszert is alkalmaztam.

Első körben Saravanan, Yamuna, és Nandhini (2016) által bemutatott RGB-HSV konverziót használtam az egyszerűsége és robusztussága miatt.

Ebben a módszerben nulladik lépésként normalizáljuk az RGB-csatornákat [0-255] skáláról [0-1] -es skálára. A következő lépésként az adott szín RGB csatornáinak minimumát és maximumát kell meghatároznunk. Ahol a legmagasabb értékű RGB-csatorna lesz a színtérben Value (V) fényességet reprezentáló változó, ami ebben az esetben 0-tól 1-ig terjedő skálán változhat.

$$\begin{aligned} M &= \max(R, G, B) \\ m &= \min(R, G, B) \\ V &= M \end{aligned}$$

Második lépésként az adott szín csatornáinak minimumának és maximumának meghatározása szükséges ahhoz, hogy ki tudjuk számolni a H és S értékeket, ahol H 0°-tól 360°-ig terjedhet, az S pedig 0-tól 1-ig.

$$d = M - m$$

$$H1 = \begin{cases} 60^\circ \times \left(\frac{G-B}{d} \bmod 6 \right), & \text{ha } M = R \\ 60^\circ \times \left(\frac{B-R}{d} + 2 \right), & \text{ha } M = G \\ 60^\circ \times \left(\frac{R-G}{d} + 4 \right), & \text{ha } M = B \end{cases}$$

$$S1 = \begin{cases} 0, & \text{ha } d = 0 \\ \frac{d}{M} & \end{cases}$$

A második módszer Le Nguyen, Lien Phuong, Anna Visy, László Baranyai, László Friedrich, és Pramod V. Mahajan (2020) kutatásában használt formula.

$$a = R - \frac{G+B}{2}$$

$$b = \frac{\sqrt{3} + (G-B)}{2}$$

$$H2 = \tan^{-1} \frac{b}{a} \times 180/\pi$$

$$S2 = \sqrt{a^2 + b^2}$$

4. Eredmények és értékelésük

A vizsgálatok során meghatároztam a narancsok RGB színértékeinek átlagát, amelyet ezt követően két különböző módszerrel HSV színtérbe konvertáltam. Ezen kívül megmértem a narancsok oldott szárazanyag-tartalmát és keménység indexét, valamint érzékszervi minősítésnek is alávettem őket. A célom az volt, hogy olyan összefüggéseket tárjak fel, amelyek rávilágítanak arra, hogy a színparaméterek (különösen a HSV értékek) milyen mértékben utalhatnak az érzékszervi és egyéb fizikai tulajdonságokra.

4.1. A tapasztalt RGB értékek

A gyümölcsök felületén általában nem teljesen homogén a szín, ezért minden narancs mintáról három képet készítettem. A három képről megállapított RGB értékek átlagát vettem alapul a kísérlet további szakaszaiban, ezek az adatok az alábbi táblázatban láthatók, ahol minden mintának a sorszámahoz hozzárendeltem az RGB adatokat (**1. táblázat**).

1. táblázat: Felhasznált narancs minták héjának átlagos RGB adatai
(Forrás: Saját munka)

minta sorszám	Red	Green	Blue
1	200	97	38
2	201	95	33
3	218	111	27
4	207	97	30
5	201	95	29
6	207	101	28
7	206	99	28
8	214	103	28
9	213	103	26
10	207	96	30
11	213	126	33
12	217	124	32
13	205	131	30
14	212	117	30
15	217	117	29
16	215	107	28
17	195	91	31
18	198	93	24
19	203	106	29
20	194	88	30
átlag	207	105	30
szórás (SD)	7,47	12,42	2,94

Megfigyelhető az adatok alapján, hogy az egészséges narancsok színét 200 feletti magas vörös (R) érték, 100 felett zöld (G) érték és alacsony kék érték (B) jellemzi. Az adatok szórásait tekintve a kék csatorna adatai rendelkeztek a legkisebb szórással. Ezt az indokolhatja, hogy a tipikus narancsa sárga szín RGB értékét alacsony kék intenzitás jellemzi, továbbá a mintákat úgy válogattam, hogy egészséges narancsok legyenek. A vörös (R) csatorna értékeinek szórása 7,47 volt, ami ezzel a második legnagyobb szórás érték a csatornák között. Ez a szórás érték nem tűnik jelentősen magasnak, tehát a vörös csatorna adatai egyöntetűen magasnak bizonyultak. Tehát ez is megfelel a tipikus narancs sárga szín RGB jellemzőinek. A legmagasabb szórás értékkel a zöld (G) rendelkezett, a csatorna adatainak a szórása 12,42. Fontosnak tartom megjegyezni, hogy a vörös és kék csatornák átlagának állandó értéken maradása mellett, a zöld csatorna értékeit változtatva megfigyelt színek magasabb zöld csatorna értékek mellett a sárga szín irányába tolnak, míg a csatorna értékének csökkentésével inkább vöröses irányba tér el a szín. Tehát ezen megfigyelés alapján arra következtettem, hogy a zöld csatorna magas szórás értéke mögött a narancs minták héjának különböző érettsége állhat.

4.2. HSV adatok konvertálása

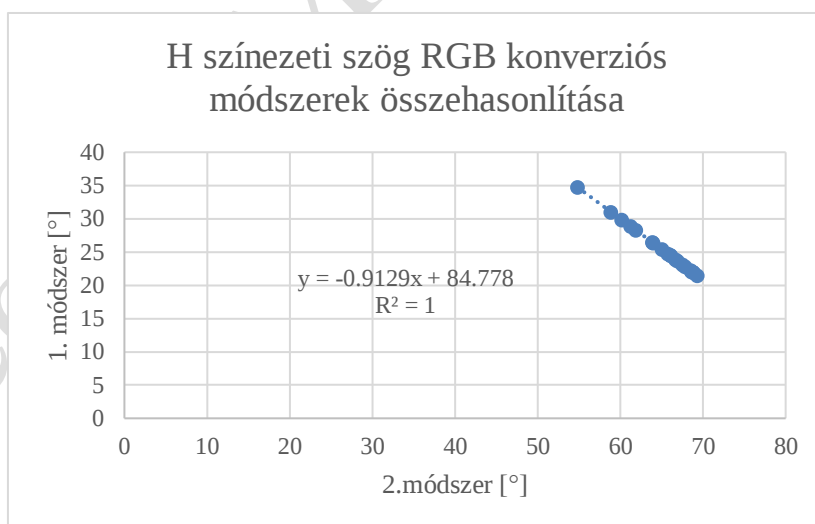
Az elkészített képekről kinyert RGB adatokat a korábbi fejezetben bemutatott módszerrel átkonvertáltam HSV színtérbe. Ez a konverzió azért célszerű, mert az RGB színtérben az információk összekeverednek a fényerősséggel, viszont a HSV színtérben a színezet, telítettség (szaturáció) és a világosság különválik. Ezáltal lehetőségünk van a látott szín tulajdonságait több szempontból is vizsgálni. Az adatok a konvertálás után a következőképpen alakultak (2. táblázat).

2. táblázat: RGB színtérből konvertált HSV adatok
(Forrás: saját munka)

minta sorszám	H1 Színezeti szög	H2 Színezeti szög	S1 Telítettség	S2 Telítettség	V Érték
1	22	69	0,810	141,60	0,783
2	22	69	0,834	146,69	0,787
3	26	64	0,875	165,48	0,854
4	23	68	0,856	155,16	0,813
5	23	68	0,854	149,71	0,787
6	24	66	0,866	156,39	0,813
7	24	67	0,862	154,79	0,807
8	24	66	0,871	162,08	0,838

minta sorszám	H1 Színezeti szög	H2 Színezeti szög	S1 Telítettség	S2 Telítettség	V Érték
9	25	66	0,877	162,29	0,834
10	22	69	0,854	154,85	0,812
11	31	59	0,844	155,66	0,835
12	30	60	0,850	159,54	0,850
13	35	55	0,852	151,60	0,803
14	29	61	0,860	158,28	0,833
15	28	62	0,868	162,97	0,850
16	25	65	0,867	162,19	0,843
17	22	69	0,839	143,68	0,766
18	24	67	0,877	151,35	0,776
19	26	64	0,856	151,15	0,798
20	21	69	0,847	144,09	0,760
átlag	25	65	0,856	154,48	0,812
szórás (SD)	3,56	3,90	0,016	6,96	0,029

A konvertálás után először megvizsgáltam a kapott színezeti szögeket. Feltűnt, hogy az első módszerrel számolt értékek jelentősen alacsonyabbak, mint a második módszerrel számoltak, de a szórásuk közel azonos. Ezért megvizsgáltam a kapott értékek közötti kapcsolatot. A két módszerrel számolt színezeti szögek egymással -1,000 értékű negatív lineáris korrelációban állnak (3. ábra).



3. ábra: H színezeti szög RGB konverziós módszerek összehasonlítása
(Forrás: Saját szerkesztés az RGB konverziós adataim alapján)

Megvizsgáltam a konvertált telítettségek kapcsolatát is, amire 0,770 korrelációs együtthatójú erős pozitív lineáris korrelációt kaptam eredményül. Ennek a korrelációnak a 95%-os

konfidencia intervalluma azonban 0,497 – 0,904, tehát a két módszer közötti valós korreláció nem kizárt, hogy a kapott eredménynél gyengébb vagy erősebb.

4.3. RGB adatok vörös szín dominanciája

A narancs gyümölcsök héja érés során zöld színűről narancssárga színűre változik, ezáltal az érés során a narancshéj színezete a vörös irányába változik. Ennek vizsgálatára az RGB színtérben kiszámoltam a vizsgált narancsok héján a vörös csatorna dominanciáját. A következő adatokat kaptam (**3. táblázat**).

3. táblázat: Az RGB színtér vörös szín csatornájának dominanciáját kifejező normalizált R értékek
(Forrás: Saját munka)

minta sorszám	R norm	R norm ²
1	0,596	0,786
2	0,610	0,800
3	0,612	0,784
4	0,620	0,806
5	0,617	0,802
6	0,617	0,796
7	0,618	0,800
8	0,620	0,800
9	0,622	0,800
10	0,622	0,810
11	0,572	0,727
12	0,581	0,740
13	0,559	0,698
14	0,591	0,755
15	0,598	0,763
16	0,613	0,789
17	0,614	0,804
18	0,628	0,809
19	0,600	0,774
20	0,622	0,812
átlag	0,607	0,783
szórás (SD)	0,019	0,031

Az R értékre az egyszerű normalizálás mellett kiszámoltam a négyzetes normalizált értéket is. A négyzetes normalizálás előnye, hogy az alacsonyabb értékek kisebb mértékben lesznek figyelembe véve, míg esetünkben például a megfigyelt paraméter a vörös szín csatorna, ami minden esetben a legmagasabb érték, magasabb szinten számít a végeredményben.

A normalizált R értékekből látszik, hogy minden esetben határozottan a vörös szín volt a domináns, és mindkét esetben alacsony szórást tapasztaltam.

4.4. Oldott szárazanyag koncentráció és Sinclair keménység index mérési eredmények

A keménységet a Sinclair IQ tester műszerrel mértem. Ez a berendezés roncsolás mentes módszerrel képes megállapítani különböző gyümölcsök keménységét. A műszer a mérő állomáson egymás után három mérést végez a különböző pontokon, miközben forgatja a mintát és ezeknek a méréseknek az átlagát adja meg eredményül. Ezáltal nem szükséges három különböző mérést indítanunk a pontos eredmény megszerzése érdekében. Az oldott szárazanyag koncentráció esetében viszont nekem volt szükséges elvégezni minden minta esetében 3 egymás utáni mérést, melyeknek az átlagát használtam tovább a kísérlet során (4. táblázat).

4. táblázat: Keménység és Oldottszárazanyag koncentráció adatok
(Forrás: Saját munka)

minta sorszám	Sinclair keménység index	Oldott szárazanyag koncentráció [%]
1	11	12,6
2	15	13,8
3	12	11,4
4	11	12,8
5	12	13,5
6	11	13,9
7	10	12,7
8	14	13,9
9	9	12,4
10	9	14,0
11	12	13,4
12	11	12,7
13	4	14,2
14	15	13,7
15	10	12,5
16	16	13,7
17	15	14,8
18	9	14,3
19	18	12,1
20	13	15,4
átlag	12	13,4

minta sorszám	Sinclair keménység index	Oldott szárazanyag koncentráció [%]
szórás (SD)	3,13	0,97

A Sinclair keménység index eredmények szórása 3,13-nek adódott. Ezt az értéket meglehetősen magasnak találom. Arra következtetek, hogy a szállítás során egyes mintákat mechanikai sérülés érhetett, mely következtében a gyümölcsök egyes részei megpuhultak.

Az oldott száraz anyag koncentráció eredmények között azonban csak 0,97% a szórás értéke. Ebből az értékből arra következtetek, hogy a kísérlet során felhasznált narancsok érettségi állapotai közel azonosak lehetnek. A 13,4% értékű átlagból pedig azt feltételezem, hogy valamennyi felhasznált narancs érett állapotban volt.

4.5. Érzékszervi minősítés eredményei

A három pontos JAR skála módszerrel érzékszervileg minősített narancsok eredményeit a vizsgált narancsok külső színezeteivel hasonlítottam össze. Többek között ezáltal vizsgálva az érzékszervileg elfogadott narancsok megjelenését. A skála különböző pontjaira érkezett eredményeket mintánként összesítettem, és ezt mind a négy általam vizsgált tulajdonságra elvégeztem. A minősítések eredményeit az alábbi táblázatokkal szemléltetem (5-8. táblázat). Az érzékszervi minősítési eredményeket többféle módszer szerint értékeltem ki, és vizsgáltam. A vizsgálatok célja volt az érzékszervi elfogadottság és a színezet közötti lineáris kapcsolat megállapítása mellett az érzékszervi minősítések és a fizikai mért adatok kapcsolatának megállapítása is. Ehhez a szemléltetett eredményeket többféle kiértékelés szerint használtam fel.

5. táblázat: Savasság JAR skála minősítés eredményei
(Forrás: Saját munka)

Savasság			
minta sorszáma	túl kevés	pont megfelelő	túl sok
1.	2	2	0
2.	1	3	0
3.	0	2	2
4.	0	4	0

6. táblázat: Édesség JAR skála minősítés eredményei
(Forrás: Saját munka)

Édesség			
minta sorszáma	túl kevés	pont megfelelő	túl sok
1.	3	1	0
2.	2	2	0
3.	1	3	0
4.	1	3	0

5.	1	3	0
6.	2	2	0
7.	0	3	1
8.	3	1	0
9.	1	1	2
10.	1	2	1
11.	1	3	0
12.	0	1	3
13.	1	3	0
14.	1	2	1
15.	0	0	4
16.	2	2	0
17.	3	1	0
18.	2	2	0
19.	2	2	0
20.	2	2	0

7. táblázat: Illatoság JAR skála minősítés eredményei
(Forrás: Saját munka)

5.	0	4	0
6.	0	3	1
7.	2	2	0
8.	0	2	2
9.	2	2	0
10.	0	2	2
11.	1	2	1
12.	2	2	0
13.	1	2	1
14.	2	2	0
15.	4	0	0
16.	0	3	1
17.	1	2	1
18.	0	1	3
19.	3	1	0
20.	0	1	3

8. táblázat: Keménység JAR skála minősítés eredményei
(Forrás: Saját munka)

Illatoság			
minta sorszáma	túl kevés	pont megfelelő	túl sok
1.	3	1	0
2.	2	1	1
3.	2	2	0
4.	1	3	0
5.	3	1	0
6.	4	0	0
7.	2	2	0
8.	3	1	0
9.	2	1	1
10.	1	2	1
11.	4	0	0
12.	3	0	1
13.	1	3	0
14.	1	3	0
15.	4	0	0
16.	1	3	0
17.	0	3	1
18.	1	3	0
19.	1	3	0
20.	2	1	1

Keménység			
minta sorszáma	túl kevés	pont megfelelő	túl sok
1.	3	1	0
2.	0	2	2
3.	0	4	0
4.	1	3	0
5.	0	4	0
6.	1	3	0
7.	3	1	0
8.	0	4	0
9.	3	1	0
10.	4	0	0
11.	2	2	0
12.	0	4	0
13.	0	4	0
14.	0	4	0
15.	0	4	0
16.	1	3	0
17.	1	3	0
18.	0	4	0
19.	1	3	0
20.	1	3	0

4.6. Színezeti tulajdonságok kapcsolata az oldott szárazanyag koncentrációval és keménységgel

A Sinclair IQ Firmness Tester műszerrel mért keménységi indexet, és a digitális refraktométerrel meghatározott oldott szárazanyag tartalom adatainak korrelációját kiszámoltam Microsoft Excel programot használva. A korrelációs együtthatók értékét az Excelben a „KORREL” függvény alkalmazásával számoltam ki. Ez a beépített függvény két adattartomány közötti Pearson-féle korrelációs együtthatót (R) számítja ki, amely a két adatsor közötti lineáris kapcsolat erősségét méri. Az eredmény egy szám -1 és +1 között, ahol a +1 azt jelzi, hogy tökéletes pozitív lineáris kapcsolat van a két változó között, -1 azt jelzi, hogy tökéletes negatív lineáris kapcsolat van a két változó között, végül pedig a 0 azt jelzi, hogy nincs lineáris kapcsolat a két változó között. Ha az együttható értéke 0 és $\pm 0,3$ közé esik, akkor csak gyenge lineáris kapcsolatot feltételezhetünk, ha $\pm 0,3$ és $\pm 0,7$ közé eső együttható esetén már egy moderált lineáris kapcsolatot feltételezhetünk a változók között, továbbá $\pm 0,7$ és $\pm 1,0$ intervallumok közé eső értékek esetén már egy erős lineáris kapcsolatot feltételezhetünk a változók között (Ratner, Bruce, 2009).

A továbbiakban meghatároztam a vizsgált Pearson korrelációk p értékét is. Ez alapján az érték alapján lehetséges eldönteni, hogy a meghatározott korrelációs együttható szignifikáns-e. Amennyiben a p érték kisebb, mint a meghatározott ($\alpha = 0,05$) szignifikancia szint, akkor a teszt null hipotézisét elvetjük miszerint „a korrelációs együttható a teljes populációra nézve 0” és a meghatározott korrelációs együttható eredménye szignifikáns. Ellenkező esetben, ha a p érték magasabb, mint a meghatározott szignifikancia szint akkor a null hipotézist nem vethetjük el és a korrelációs együttható nem szignifikáns (Berman, Jules J., 2016). Meghatároztam a korrelációs együtthatók 95%-os konfidencia intervallumát is. A konfidencia intervallum azt mutatja meg ebben az esetben, hogy a teljes populáció korrelációs együtthatója a vizsgált minták alapján milyen határértékek között valószínű. A különböző adatok korrelációs együtthatóit, p értékeit és konfidencia intervallumait az alábbi táblázatban összesítettem (9. táblázat).

9. táblázat: Keménység és Oldott szárazanyag koncentráció Pearson korrelációs eredményei a színezeti tulajdonságokkal.
(Forrás: Saját munka)

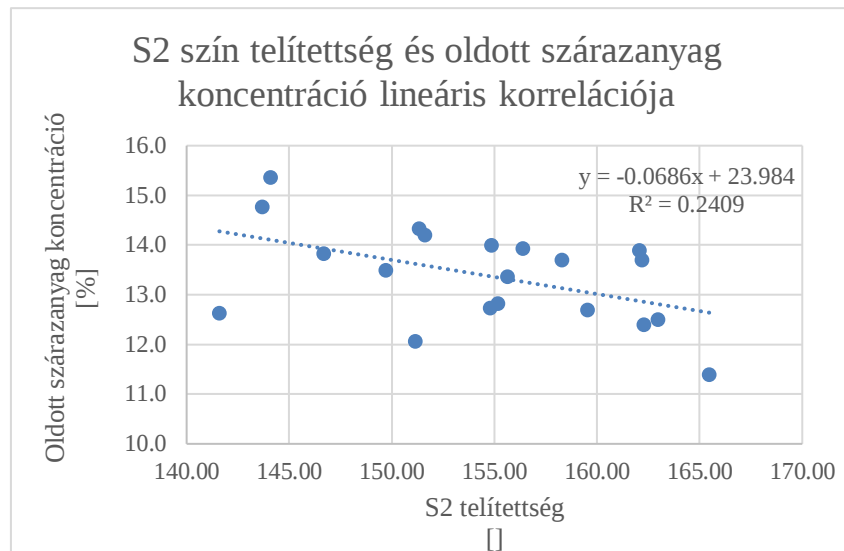
	Rnorm	Rnorm ²	H2 Színezeti szög	S2 Telítettség
Sinclair keménységi index	R= 0,225 p= 0,340 95 % konf.int: -0,241 - 0,607	R= 0,289 p= 0,217 95 % konf.int: -0,176 - 0,649	R= 0,320 p= 0,169 95 % konf.int: -0,142 - 0,668	R= -0,080 p= 0,737 95 % konf.int: -0,505 - 0,376

Oldott szárazanyag koncentráció	R= 0,135 p= 0,569 95 % konf.int: -0,327 - 0,545	R= 0,164 p= 0,490 95 % konf.int: -0,300 - 0,565	R= 0,207 p= 0,382 95 % konf.int: -0,259 - 0,600	R= -0,491 p= 0,028 95 % konf.int: -0,767 - -0,067
	H1 színezeti szög	S1 telítettség	V érték	
Sinclair keménységi index	R= -0,319 p= 0,170 95 % konf.int: -0,668 - 0,143	R= -0,118 p= 0,620 95 % konf.int: -0,533 - 0,342	R= -0,040 p= 0,867 95 % konf.int: -0,474 - 0,410	
Oldott szárazanyag koncentráció	R= -0,209 p= 0,377 95 % konf.int: -0,596 - 0,258	R= -0,167 p= 0,481 95 % konf.int: -0,568 - 0,297	R= -0,581 p=0,007 95 % konf.int: -0,814 - -0,187	

A normalizált és a négyzetes normalizált R értékek a Sinclair keménységi indexel és az oldott szárazanyag koncentrációval csak gyenge lineáris kapcsolatra utaló korrelációs együtthatót mutatott. Azonban mindkét esetben a Pearson korreláció p értékei jelentősen meghaladták a kijelölt szignifikancia szintet, emiatt a korrelációs együtthatók nem szignifikánsak és a null hipotézist sem vethetjük el. Tehát feltételezhető, hogy a narancsok keménységével és oldott szárazanyag tartalmával nem áll lineáris korrelációban a vörös szín csatorna dominanciájának mértéke. Ezt a konfidencia intervallumok is alátámasztják mert minden esetben az intervallumok elemét képezte a nulla is.

A kétféle módszerrel számolt konvertált színezeti szögekkel az oldott szárazanyag koncentráció egyik esetben sem mutatott lineáris korrelációra utaló okot. Azonban a mintázott narancsok Sinclair keménységi indexe moderált korrelációt mutatott mindkét módszerrel számolt színezeti szög esetén. Mindkét esetben a p érték jelentősen meghaladta a kijelölt szignifikancia szintet, valamint a nulla itt is a konfidencia intervallum részét képezte. Ezért ez a korreláció nem tekinthető szignifikánsnak.

A második módszerrel számolt szín telítettség a keménységgel egyáltalán nem mutatott lineáris korrelációra utaló jelet. Viszont az oldott szárazanyag koncentrációval moderált negatív lineáris kapcsolatra utaló együttható értéket kaptam. Ez az együttható érték a p érték alapján is szignifikánsnak tekinthető mert az a szignifikáns tartományban van, aminek köszönhetően a null hipotézist elvethetjük. Azonban a konfidencia intervallum határértékei miatt a korreláció erősségében nem lehetünk teljesen biztosak. A negatív lineáris kapcsolat fennállhat a narancsok héjának szín telítettsége és a gyümölcsök levének oldott szárazanyag koncentrációja között a szemléltetett módon (4. ábra).

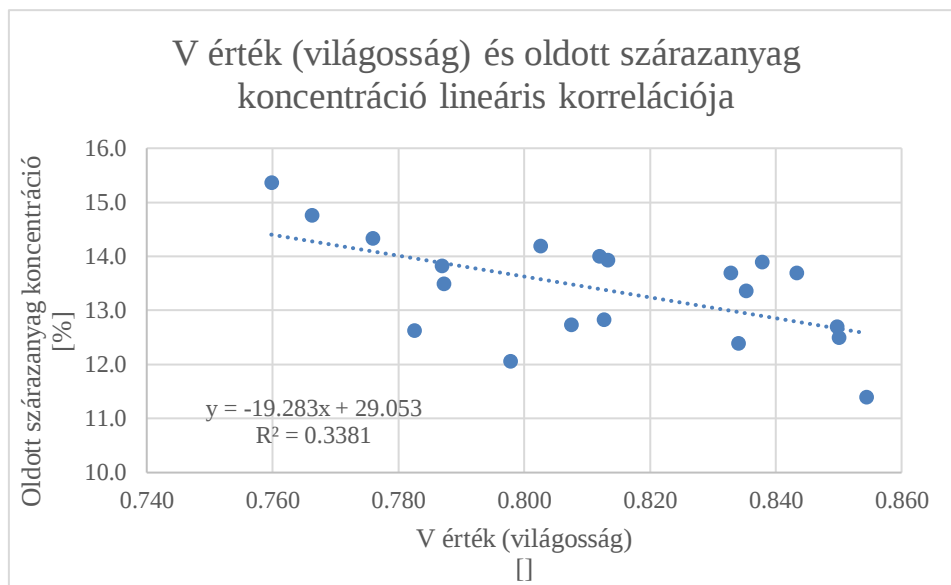


4. ábra: S2 szín telítettség és oldott szárazanyag koncentráció közötti lineáris korreláció
(Forrás: Saját szerkesztés a mérési eredményeim alapján)

A szemléltetett ábra alapján kiderül, hogy a telítettebb színű narancsok alacsonyabb oldott szárazanyag koncentrációval rendelkeznek, mint a halványabb (kevésbé telített) színű narancsok.

Az első módszerrel konvertált szín telítettség azonban nem mutatott lineáris korrelációt sem a keménységgel, sem az oldott szárazanyag koncentrációval.

A V világossággal a keménység nem mutatott korrelációt, viszont a szárazanyag koncentráció igen. A szín világossága és az oldott szárazanyag koncentráció Pearson korrelációs együtthatójának értéke a vizsgált mintára nézve -0,581 korreláció jellegét az **5. ábra** mutatja be.



5. ábra: HSV színtér V érték (világosság) lineáris korrelációja az oldott száraanyag koncentrációval
(Forrás: Saját szerkesztés a mérési eredményeim alapján)

A bemutatott ábra alapján a világosabb színű héjjal rendelkező narancs alacsonyabb száraanyag koncentrációval rendelkeznek. A korrelációhoz tartozó p érték szignifikáns. Azonban a konfidencia intervallumot vizsgálva a teljes populációra vonatkozó lineáris kapcsolat erőssége ebben az esetben sem egyértelmű.

4.7. Színezeti tulajdonságok és érzékszervi minősítés eredményei közötti lineáris kapcsolat

Az érzékszervi minősítés eredményeit a könnyebb feldolgozás érdekében három féle módon transzformáltam. Az adott tulajdonsághoz tartozó JAR (pont megfelelő) értéktől és a hiányoló vagy túlzó pontoktól való eltérésének mértékét mintánként meghatároztam. Ezt olyan módon végeztem el, hogy egy mintára adott összes szavazat mennyiségével elosztottam a skála JAR pontjára adott összes szavazatok számát ezáltal megkapva, hogy a bírálók által mennyire elfogadott az adott mintára nézve vizsgált tulajdonság mértéke.

Hasonló módon jártam el mikor a hiányos vagy túlzó skála pontoktól való eltérések mértékeit határoztam meg. Azzal a kivétellel, hogy ezen esetekben az összes bírálat számával az adott szélsőséges végponttól eltérő pontokra adott szavazatok összegét osztottam el. A transzformálás után egy lineáris korrelációra utaló eredmény esetén például egy kevésbé narancssárga színű narancs esetén az édességet hiányoló ponttól való eltérés mértéke 0,00 lenne míg egy érett narancssárga színű narancs esetén pedig ez az érték 1,00 lenne. Természetesen ez

az eredmény csak ideális, prekoncepcióknak megfelelő értékek mérése mellett lenne igaz, a példa a kiértékelési modell megértésének segítését célozza.

A transzformált minősítési eredmények színezeti tulajdonságokkal kapott Pearson korrelációs eredményeit az alábbi táblázatban szemléltetem, ahol a legalább moderált lineáris korrelációra tehát 0,3 abszolút értéknél nagyobb együtthatójó eredményeknek a p értékét és a 95%-os konfidencia intervallumát meghatároztam. Azért csak a 0,3-nál magasabb abszolút értékű együtthatókhoz tartozó további paramétereket számoltam ki, mert a dolgozat célja a vizsgált paraméterek lineáris összefüggésének meghatározása. (10. táblázat)

10. táblázat: Színezeti paraméterek Pearson korrelációs eredményei az érzékszervi minősítések eredményeivel.
(Forrás: Saját munka)

	Rnorm	Rnorm ²	H2 Színezeti szög	S2 Telítettség	H1 Színezeti szög	S1 Telítettség	V érték
Megfelelő savasság	R=0,066	R= 0,025	R=-0,038	R= 0,314 p= 0,178 konf.int.: -0,149 – 0,664	R= 0,039	R= 0,238	R= 0,295
Megfelelő édesség	R=-0,163	R=-0,132	R=-0,078	R=-0,202	R= 0,077	R=-0,165	R=-0,160
Megfelelő illatoság	R=-0,119	R=-0,086	R=-0,044	R= 0,133	R= 0,044	R=-0,142	R= 0,257
Megfelelő keménység	R=0,214	R= 0,304 p= 0,193 konf.int.: -0,161 – 0,658	R= 0,403 p= 0,078 konf.int.: -0,049 – 0,717	R=-0,240	R=-0,403 p= 0,078 konf.int.: -0,718 – 0,048	R=-0,350 p= 0,130 konf.int.: -0,686 – 0,110	R=-0,171
Eltérés a kevésbé savastól	R=-0,246	R=-0,291	R=-0,336 p= 0,147 konf.int.: -0,678 – 0,125	R= 0,407 p= 0,075 konf.int.: -0,043 – 0,720	R= 0,337 p= 0,147 konf.int.: -0,124 – 0,678	R= 0,160	R= 0,472 p= 0,036 konf.int.: 0,037 – 0,756
Eltérés a kevésbé édestől	R= 0,380 p= 0,098 konf.int.: -0,075 – 0,704	R= 0,322 p= 0,166 konf.int.: -0,140 – 0,669	R= 0,236	R=-0,019	R=-0,236	R= 0,262	R=-0,196
Eltérés a kevésbé illatostól	R= 0,193	R= 0,184	R= 0,168	R=-0,232	R=-0,168	R= 0,049	R=-0,351 p= 0,129 konf.int.: -0,687 – 0,108

	Rnorm	Rnorm ²	H2 Színezeti szög	S2 Telítettség	H1 Színezeti szög	S1 Telítettség	V érték
Eltérés a kevésbé keménytől	R=-0,200	R=-0,266	R=-0,324 p= 0,164 konf.int.: -0,670 – 0,139	R= 0,167	R= 0,324 p= 0,163 konf.int.: -0,138 – 0,671	R= 0,253	R= 0,120
Eltérés a túl savastól	R= 0,246	R= 0,291	R= 0,336 p= 0,147 konf.int.: -0,125 – 0,678	R= -0,407 p= 0,075 konf.int.: -0,720 – 0,043	R=-0,337 p= 0,147 konf.int.: -0,678 – 0,124	R=-0,160	R=-0,472 p= 0,036 konf.int.: -0,756 – -0,037
Eltérés a túl édestől	R=-0,380 p= 0,098 konf.int.: -0,704 – 0,075	R=-0,322 p= 0,166 konf.int.: -0,669 – 0,140	R=-0,236	R= 0,019	R= 0,236	R=-0,262	R= 0,196
Eltérés a túl illatostól	R=-0,193	R=-0,184	R=-0,168	R= 0,232	R= 0,168	R=-0,049	R= 0,351 p=0,129 konf.int.: -0,108 – 0,687
Eltérés a túl keménytől	R= 0,200	R= 0,266	R= 0,324 p= 0,164 konf.int.: -0,139 – 0,670	R= -0,167	R=-0,324 p= 0,163 konf.int.: -0,671 – 0,138	R=-0,253	R=-0,120

A normalizált R értékek, tehát a vörös csatorna dominanciája kettő esetben mutatott moderált lineáris korrelációra utaló együttható értéket a mintázott narancsokra nézve. Az említett mindkét eset az édességre vonatkozott. A kevésbé édes íztől eltérés és a normalizált R érték között 0,380, még túl édestől való eltéréssel pedig -0,380 a korrelációs együttható értéke, ez alapján mind két esetben moderált lineáris korreláció feltételezhető, melyek ellentétes irányúak. Azonban a Pearson korreláció p értéke, mely alapján a korreláció szignifikanciája állapítható meg mindkét esetben 0,098. Mivel ez az érték magasabb, mint a kijelölt 0,05 szignifikanciaszint ez az összefüggés nem tekinthető szignifikánsnak, mert a Pearson korreláció null hipotézise miszerint a nincs lineáris korreláció a két változó között nem vethető el. Ezt a tényt erősíti az is, hogy a teljes populáció korrelációjára utaló 95%-os konfidencia intervallum elemét képezi a nulla is.

A négyzetesen számolt normalizált R érték, tehát a vörös színcsatorna négyzetesen számolt dominanciája az érzékszervi minősítésekkel három esetben is 0,3 abszolút értékűnél magasabb korrelációs együtthatót eredményezett. A négyzetesen normalizált R érték és a pont megfelelő

állagú narancsok között 0,304 értékű pozitív moderált lineáris korrelációra utaló együtthatót tapasztaltam. A korreláció p értéke 0,193 magasabb, mint a kijelölt 0,05 szignifikancia szint ezért ez az összefüggés nem tekinthető szignifikánsnak. A négyzetesen számolt normalizált R értékkel további két esetben is moderált lineáris korrelációra utaló együttható érték tapasztalható. Mindkét eset az édesség paraméter érzékszervi minősítés eredményeivel tapasztalható. A két édesség paraméter az eltérés a túl édestől és az eltérés a kevésbé édes ízű narancsoktól. Mindkét korrelációs együttható abszolút értéke 0,322 azonban ezek eltérő irányúak a táblázatban szemléltetett módon. Azonban egyik korreláció p értéke sem kisebb, mint a meghatározott 0,05 szignifikancia szint ezért a tapasztalt korrelációk nem tekinthetők szignifikánsnak. Továbbá mindkét korreláció esetében a konfidencia intervallum elemét képezi a nulla is, ami által szintén nem biztos a lineáris korreláció létezése.

A színezeti szög információt add arról, hogy egy 0-360°-ig terjedő skálán, ahol az összes szín megtalálható, milyen színezetű a látott szín. A színezeti szöget az elérhető szakirodalmi álláspontok miatt két féle módszerrel konvertáltam az eredeti RGB adatok alapján. A második módszerrel számolt H2 színezeti szög öt esetben mutatott lineáris korrelációra utaló együttható értéket. Az öt 0,3 abszolút értéknél magasabb együtthatójú korrelációból kettőt a savasság paramétert vizsgáló érzékszervi eredményekkel tapasztaltam. A H2 színezeti szög a kevésbé savastól eltéréssel tapasztalt korrelációs együtthatója -0,336 és a túl savastól eltéréssel pedig 0,336. Csak az együtthatók eredményeit tekintve moderált lineáris korreláció feltételezhető. Azonban mind a kettő esetben a p értékek 0,100 felet alakultak. Ez alapján mivel a p érték minden esetben meghaladja a kijelölt szignifikancia szintet ezért egy esetben sem utasítható el a Pearson korreláció null hipotézise, ezért az eredmény nem tekinthető szignifikánsnak. Továbbá a 95%-os konfidencia intervallumoknak mindkét esetben elemét képezi a nulla, ezért nem feltételezhető, hogy a teljes populáció korrelációjának együtthatója nem nulla. Az öt esetből, ahol a H2 színezeti szöggel 0,3 abszolút értéknél magasabb együtthatójú korreláció tapasztalható, három eset az érzékszervi minősítés keménység paraméternél figyelhető meg. A H2 színezeti szög és a megfelelő keménységű (állagú) narancsok érzékszervi minősítés eredményei között 0,403 együtthatójú pozitív moderált lineáris korreláció tapasztalható. Ez az eredmény nem tekinthető szignifikánsnak mert 0,078-as p érték meghaladja a kijelölt 0,05 szignifikancia szintet ezáltal a Pearson korreláció null hipotézisét miszerint „nincs a két változó között szignifikáns korreláció” nem utasítható el. Továbbá a teljes populációra utaló 95%-os konfidencia intervallum elemét adja a nulla is. A -0,324 együttható értékkel negatív moderált lineáris korrelációt feltételezhetünk a második módszerrel kiszámolt színezeti szög és a puhább narancsoktól való eltérés mértéke között. Viszont a korreláció p értéke 0,164, ami jelentősen

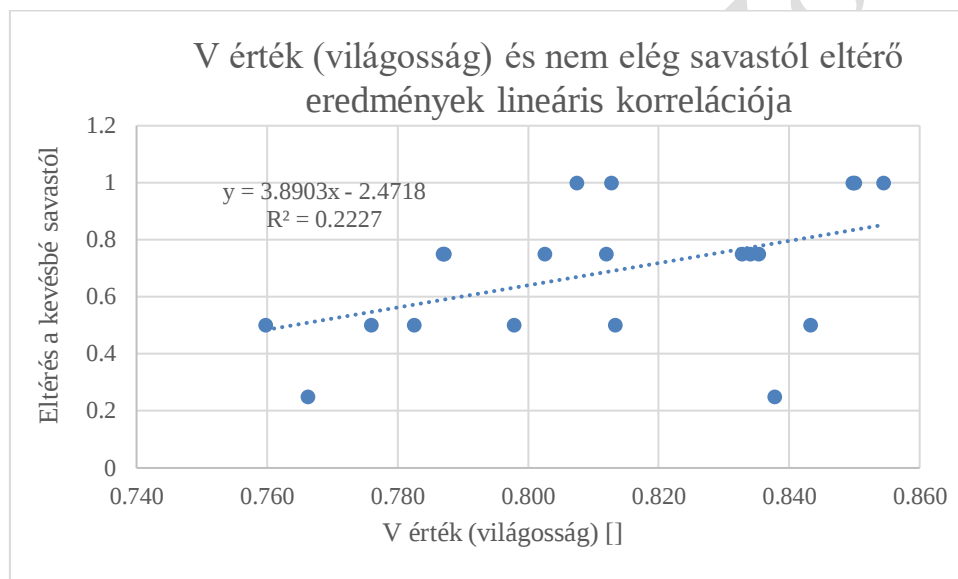
meghaladja a kijelölt szignifikancia szintet ezért az eredmény nem tekinthető szignifikánsnak. A 0,324 értékű együttható a túl keménnytől eltéréssel is a korábbi feltételezéseket támasztaná alá. Azonban erre a korrelációra sem található meggyőző bizonyíték a magas p érték és a nullát is tartalmazó konfidencia intervallum miatt. H2 színezeti szöggel a további két esetben tapasztalható korreláció, mindkét eset a savasságot vizsgáló érzékszervi minősítési eredmények között van. A -0,336 együttható értékű korreláció tapasztalható a H2 színezeti szög és a kevésbé savastól eltérés között. Viszont a korreláció nem tekinthető szignifikánsnak a szignifikancia szintet meghaladó p érték miatt. Hasonló a helyzet a másik tapasztalt savasság korrelációval, ami a túl savastól való eltéréssel tapasztalható. Ennek a korrelációnak az értéke 0,336. Azonban ez a korreláció sem tekinthető szignifikánsnak a p érték miatt.

Az első módszerrel számolt H1 színezeti szögek erős negatív irányú lineáris korrelációba állnak a második módszerrel számolt H2 színezeti szögekkel. Ennek következtében helyenként minimális eltéréssel, de ugyan azok a korrelációs eredmények tapasztalhatók, azonban ellenirányúan. Ennek következtében a korrelációkra tehető következtetések is ellenirányúan lennének értelmezhetők. Azonban korrelációk további tulajdonságai is hasonlóak ezért elmondható, hogy a H1 színezeti szöggel sem tapasztalható szignifikáns korreláció.

A szín telítettség azt mutatja meg, hogy a tapasztalt szín mennyire tér el az alap semleges szürke szintől. Az telítettség növekedésével a szín fehér komponens tartalma csökken és a maximális értéknél csak az adott színezetet tartalmazza fehér komponens nélkül. Akár úgy is megfogalmazható, hogy a telítettség azt mutatja meg milyen erős a színezet a vizsgált színén. A második módszerrel meghatározott S2 telítettséggel 3 esetben található moderált lineáris korrelációra utaló együttható érték. Mindhárom korreláció a savassággal tapasztalható. A pont megfelelő savasság eredmények az S2 telítettség 0,314 együtthatójú korrelációban állnak. 0,407 együttható értékkel szintén pozitív korreláció figyelhető meg a kevésbé savastól eltérés és az S2 telítettség között. Ez a korreláció azonban némileg ellentmond a korábbi állításnak mert azt állítja, hogy a telítettebb színű narancsokat általánosan savasabban érezhetjük, de nem feltétlen csak az elfogadható mértékig. A túl savastól eredménytől eltérés korrelációja a telítettséggel pedig -0,407. Ez alátámasztaná az előző korrelációhoz tartozó feltételezést. Azonban az S2 telítettséggel tapasztalt együtthatók közül egy sem tekinthető szignifikánsnak mert mindegyik korreláció p értéke kívül esik az elfogadható szignifikancia tartományon. Továbbá mindegyik korreláció konfidencia intervallumának elemét képezi a nulla is. Az elsőként bemutatott módszerrel számolt S1 telítettség csak a megfelelő keménységi eredmény esetén mutatott 0,3-nál magasabb abszolút értékű korrelációs együtthatót. A megfelelő keménységgel adott együttható értéke -0,350. Azonban ez az eredmény nem tekinthető

szignifikánsnak a mert a korreláció p értéke nem esik a szignifikáns tartományba, ezért nem kizárható, hogy a tapasztalt korreláció csupán a véletlen műve lenne és a teljes populációt tekintve nem áll fenn lineáris korreláció.

A HSV színtér V érték paramétere a világosságot fejezi ki. Ez a vörös, kék és zöld komponensek között maximum érték adja a V értéket. A V értékkel négy esetben tapasztalható MILYEN? korreláció a vizsgálat során. A kevésbé savas értéktől eltérés és a V érték között 0,472 értékű korreláció tapasztalható, ami pozitív moderált lineáris korrelációra utal, míg a túl savastól eltérés között pedig -0,472 ami pedig negatív moderált lineáris korrelációra utal. A tapasztalt korrelációk és a **6. ábra** alapján fennáll az összefüggés miszerint a narancsok íze annál savanyúbb minél világosabb a héjuk színe.



6. ábra: A V érték (világosság) és nem elég savastól eltérő érzékszervi minősítési eredmények lineáris korrelációja
(Forrás: Saját szerkesztés a mérési eredményei alapján)

Ezt a lineáris összefüggést alátámasztja mindkét korrelációhoz tartozó 0,036-os p érték. Mivel a p értékekre igaz, hogy kisebbek, mint a meghatározott szignifikancia szint, ezért a Pearson korreláció teszt null hipotézise elvethető és nem valószínű, hogy a tapasztalt összefüggés a véletlen által következett be. Azonban a teljes populáció korrelációjának mértéke nem teljesen egyértelmű, mert a 95% konfidencia intervallumok abszolút értékei mindkét esetben 0,037 és 0,756 közé tehető, ami alapján viszont a korreláció lehet gyenge, moderált, de akár erős is. Moderált lineáris korreláció figyelhető meg továbbá a kevésbé illatostól eltéréssel melynek együtttható értéke -0,351, valamint a túl illatostól eltérő eredményekkel mely korrelációnak az

együttható értéke 0,351. Azonban ezen moderált lineáris korrelációk egyik esetben sem tekinthetők szignifikánsnak, mert p értékük kívül esik a szignifikáns tartományból.

Az eredmények pontatlansága a narancs minták egyoldalú minőségére vezethető vissza

4.8. Érzékszervi minősítés korrelációja az oldott szárazanyag koncentrációval és keménységgel

Az érzékszervi minősítés kiértékelési eredményeinek és a különböző színterek változóinak lineáris kapcsolatának vizsgálata után megvizsgáltam az oldott szárazanyag koncentráció és keménység mérések lineáris kapcsolatát is az érzékszervi minősítések eredményeivel (**11-12. táblázat**). Ezzel a célom az, hogy megerősítést nyerjek érzékszervi minősítések eredményei és a mért változó kapcsolatáról. Ezzel esetleg alátámasztva a korábbi fejezetben tapasztalt szignifikáns korrelációkat. Ebben a kiértékelésben is Pearson korrelációt használtam a lineáris kapcsolatok kereséséhez.

11. táblázat: Érzékszervi minősítés és keménységi eredmények Pearson korrelációs eredményei

(Forrás: Saját munka)

	Sinclair keménységi index
megfelelő keménység	R= -0,113 p= 0,635 konf.int.: -0,529 – 0,347
Eltérés a kevésbé keménytől	R= 0,195 p= 0,409 konf.int.: -0,587 – 0,271
Eltérés a túl keménytől	R= -0,195 p=0,409 konf.int.: 0,587 – 0,271

A gyümölcs állagára vonatkozó érzékszervi minősítés eredményeit Sinclair IQ Firmness Tester-rel mért Sinclair keménységi index eredményekkel hasonlítottam össze. Az így kapott Pearson korrelációs adatok egy esetben sem mutattak az érzékszervi minősítés eredményeivel szignifikáns lineáris korrelációt. Ezáltal levonható a következtetés miszerint a narancsok fogyasztása során tapasztalt állag nem áll lineáris kapcsolatban a narancsok fogyasztás előtt mérhető keménységével.

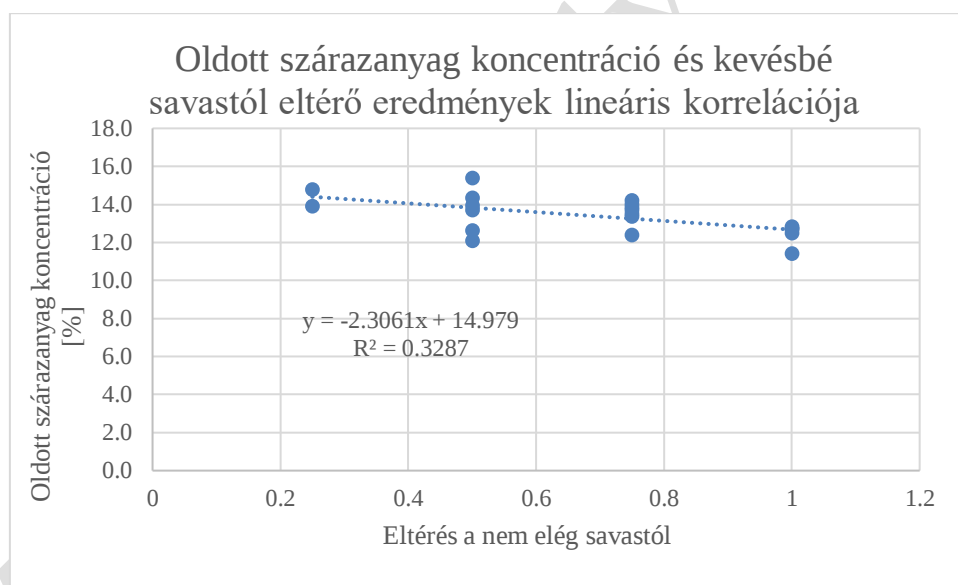
12. táblázat: Érzékszervi minősítés és oldott szárazanyag koncentráció eredmények Pearson korrelációs eredményei
(Forrás: Saját munka)

	Oldott szárazanyag koncentráció [%]
megfelelő savasság	R= -0,065 p= 0,784 konf.int.: -0,494 – 0,389
megfelelő édesség	R= 0,031 p= 0,895 konf.int.: 0,417 – 0,468
megfelelő illatoság	R= -0,125 p= 0,601 konf.int.: -0,538 – 0,337
Eltérés a kevésbé savastól	R= -0,573 p= 0,008 konf.int.: -0,810 - -0,175
Eltérés a kevésbé édestől	R= 0,602 p= 0,005 konf.int.: 0,217 – 0,825
Eltérés a kevésbé illatostól	R= 0,247 p= 0,294 konf.int.: -0,220 – 0,621
Eltérés a túl savastól	R= 0,573 p= 0,008 konf.int.: 0,175 – 0,810
Eltérés a túl édestől	R= -0,602 p= 0,005 konf.int.: -0,825 – 0,217
Eltérés a túl illatostól	R= -0,247 p= 0,294 konf.int.: -0,621 – 0,220

Az érzékszervi minősítés eredményeinek kiértékelését összevetettem a digitális refraktométerrel mért oldott szárazanyag koncentrációval. A vizsgált változók között a lineáris kapcsolat feltárásához a Pearson korrelációt alkalmaztam. A korrelációs együttható, p érték és 95%-os konfidencia intervallum eredményeit a fenti táblázatban szemléltetem.

A savasság, édesség és illatoság a JAR skála pont megfelelő pontjára eső adatok egy esetben sem mutattak szignifikáns lineáris korrelációra utaló együttható és p értéket. Valamint a 95%-os konfidencia intervallumnak minden esetben részét képezte a nulla is. Ezáltal arra lehet következtetni, hogy a pont megfelelő érzékszervi tulajdonságokkal rendelkező narancsok és azok oldott szárazanyag koncentrációja között nem található lineáris kapcsolat.

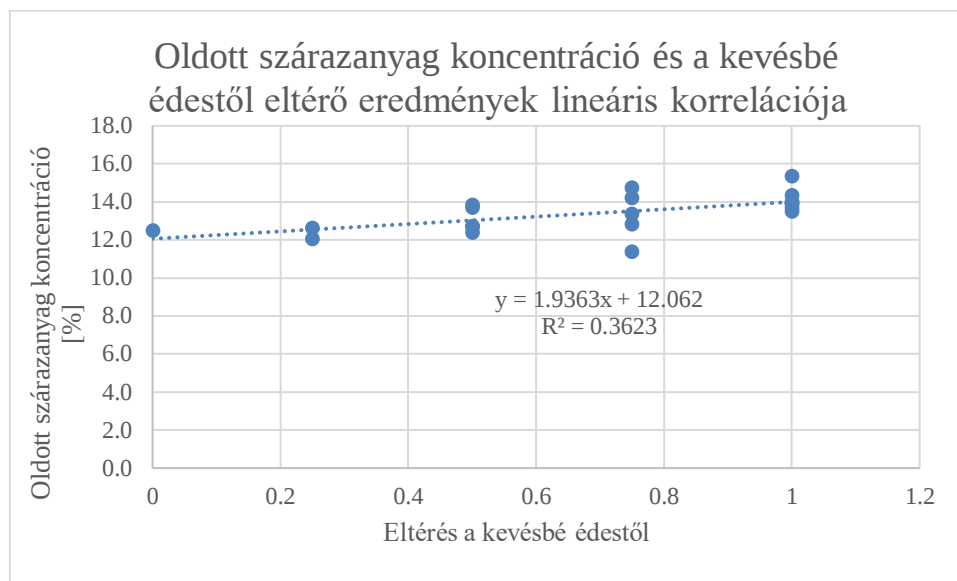
Ellenben a JAR skála más kiértékelési eseteiben is lineáris korreláció figyelhető meg. -0,573 együttható értékkel negatív moderált lineáris korreláció van a túl savas JAR skála ponttól eltérés és az oldott szárazanyag koncentráció között. Ezt a szignifikáns tartományon belülre eső 0,008-as p érték is alátámasztja. Azonban a teljes populációra megállapítható negatív lineáris korreláció erőssége a -0,810 és -0,175 közötti konfidencia intervallum miatt nem egyértelmű. A túl savas skála ponttól eltérő eredményekkel 0,573 együtthatójú szignifikáns korreláció tapasztalható. A két korreláció jellegét összefoglalóan nem eléggé savas skála ponttól eltérő eredmények és az oldott szárazanyag koncentráció korrelációval szemléltetem (7. ábra).



7. ábra: Oldott szárazanyag koncentráció és a nem elég savastól eltérő eredmények lineáris korrelációja
(Forrás: Saját szerkesztés a mérési eredményeim alapján)

Ez az összefüggés arra utal, hogy a magasabb oldott szárazanyag koncentrációval rendelkező narancsokat érzékszervileg kevésbé tapasztaljuk savanyúnak. A savasság gyümölcsök esetében jellemzően negatív korrelációban áll az oldott szárazanyag koncentrációval, tehát a magasabb oldott szárazanyag koncentráció esetén a titrálható savasság alacsonyabb. A kísérletem során tapasztalt eredmények ezt a megfigyelést szinten alátámasztják.

Szintén szignifikáns korreláció tapasztalható a JAR skála szélső pontjától való eltérés és az oldott szárazanyag koncentráció között az édességre irányuló érzékszervi minősítések között. A kevésbé édes ponttól eltérés és az oldott szárazanyag koncentráció között a szignifikáns lineáris korrelációs együttható 0,602, míg a túl édes ponttal való eltéréssel pedig -0,602 értékű. A korreláció bemutatását a kevésbé édes ponttól eltérő eredmények és az oldott szárazanyag koncentráció ábrázolásával szemléltetem (8. ábra).



8. ábra: Oldott szárazanyag koncentráció és a nem elég édestől eltérő eredmények lineáris korrelációja
(Forrás: Saját szerkesztés a mérési eredményeim alapján)

A szemléltető ábra alapján az édesebnek érzékelt narancsok magasabb oldott szárazanyag koncentrációval rendelkeznek, mint a kevésbé édesnek ítélt narancsok. A korrelációs együttható p értéke által kijelenthető, hogy az eredmény szignifikáns. Ez az eredmény és a konfidencia intervallum határértékei arra utalnak, hogy bizonyos mértékű lineáris kapcsolat áll fenn az édesség érzékszervi érzékelése és az oldott szárazanyag koncentráció között.

5. Következtetések és javaslatok

A dolgozatomban taglalt kísérletek végrehajtását indokoltnak tartom, mert a szakirodalmak között nem találtam narancsok érzékszervi tulajdonságait és héj színét összekapcsoló kutatást. Továbbá fontosnak tartottam a dolgozat kísérleteinek elvégzését, mert narancs vásárláskor az egyik jelentős, döntést befolyásoló tényező a narancsok színe, mert a fogyasztók kiskereskedésekben jellemzően ezáltal következtethetnek a várható érzékszervi élményre.

A továbbiakban a kutatás célkitűzéseiként felállított hipotéziseket megválaszoló eredményeket értékelem.

A dolgozatom célja Görögországból származó Valencia fajtájú narancsok héj színének RGB és HSV színterekben tapasztalható változók lineáris kapcsolatának vizsgálata a narancsok oldott szárazanyag koncentrációjával keménységével és érzékszervi minősítés eredményeivel. A dolgozat kísérleteinek alapját képző narancs mintákat a SPAR kereskedelmi láncból szereztem be. A kereskedelembe forgalomba hozott narancsok érettség és egyéb beltartalmi minősítési vizsgálatokon esnek át értékesítés előtt. Ennek következtében a minőségük is jellemzően egyoldalú. Annak ellenére, hogy mintakiválasztáskor ügyeltem rá, hogy széles színezeti spektrumot képző mintákat válasszak, a kereskedelemben kapható narancsok egyöntetű minősége ebben mindenképpen hátráltató tényező volt. Tehát a dolgozat kísérleteinek megismétlésének esetére mindenképp a minták termőhelyéről, és különböző érési fázisokból történő beszerzését javaslom. Ezáltal szélesítve az eredmények skáláját, és pontosítva a korrelációkat. A keménység eredmények, oldott szárazanyag koncentráció és a vizsgált narancsok héjának színezeti tulajdonságai között csak két esetben tapasztaltam szignifikáns Pearson korrelációt.

A HSV színtér V értéke változó, valamint a másodikként bemutatott módszerrel konvertált S2 telítettség változóval mutatott korrelációt az oldott szárazanyag koncentráció. Mindkét esetben negatív korreláció áll fenn, ami azt jelenti, hogy sötétebb, de halványabb színű narancsok magasabb oldott szárazanyag koncentrációval rendelkeznek. Megfigyelhető azonban, hogy a korrelációk erőssége egyik esetben sem egyértelmű a széles konfidencia intervallumok miatt. A teljes populációra tekintve a pontosabb korrelációs együtthatókat többféle eljárással is megközelíthetjük. Magasabb mintaszámú vizsgálatokkal a konfidencia intervallum szűkíthető. Továbbá a mérési hibák kiküszöbölésével csökkenthető, a mintánk minősége is jobb lesz ezáltal szintén közelebb kerülve a pontosabb eredményhez.

Az érzékszervi minősítés eredményei és a színezeti paraméterek között egy esetben találtam csak szignifikáns korrelációt. A Savasság és a HSV színtér V érték paraméter között pozitív

irányú korreláció áll fenn, miszerint a világosabb színezetű héjjal rendelkező narancsok savanyúbbnak még a sötétebb héjjal rendelkező narancsok pedig kevésbé savanyúnak érezzük. A savasság gyümölcsök esetében jellemzően negatív korrelációban áll az oldott szárazanyag koncentrációval, tehát a magasabb oldott szárazanyag koncentráció esetén a titrálható savasság alacsonyabb. Az érzékelt savasság és az oldott szárazanyag koncentráció közötti kapcsolatot megvizsgáltam, és arra a kezdeti feltételezéseket alátámasztó eredményre jutottam, miszerint az érzékelt savasság hasonlóan a titrálható savassággal szintén negatív korrelációban áll az oldott szárazanyag koncentrációval. Ez alapján a HSV és V érték paraméter és az érzékelt savasság közötti kapcsolat valóban tükrözi a narancsok savasságát. Viszont a gyümölcsök héjának világossága mechanikai sérülés például ütődése során jellemzően a sötétebb irányba megváltozik, ennek következtében nem kizárt, hogy egy sérült narancs esetén hamis eredményt adhat egy a héj színének világossága és egyéb jellemzők közötti kapcsolatot vizsgáló kísérlet. A mérési eredmények kiértékelését nehezítette az érzékszervi minősítési eredmények számszerűsítése. Utólag egy strukturálatlan skálát felhasználó minősítés alkalmazása eredményesebbnek tűnik. A strukturálatlan skálát általában egy vízszintes vagy függőleges vonalként ábrázolják, amelynek egyik végpontja a legalacsonyabb, a másik végpontja pedig a legmagasabb intenzitást jelöli a vizsgált paraméter esetén. A bírálók a minősítés során a vizsgált paraméter intenzitása szerint ezen skálán helyezik el az adott mintát. Előnye ennek a módszernek a JAR skálával szemben, hogy nagy fokú pontosság érhető el a jellemzők mérésében, továbbá az eredmények könnyen és egyértelműen numerikussá tehetők a pontok távolságának mérésével.

A Pearson korrelációk erőssége a konfidencia intervallumok szélessége miatt egy esetben sem egyértelmű. A pontosabb konfidencia intervallumok meghatározása lehetséges nagyobb vizsgált minta számmal, illetve a mérési hibákat okozó tényezők, mint például a narancsok héján jelentkező betegségek és sérülések kiküszöbölésével.

A narancsok héján jelentkező betegségek és sérülések kiértékelésre gyakorolt torzító hatása a mintaszám növelése mellett, szegmentációval is csökkenthető. A szegmentáció azt jelenti, hogy egy képet különböző részekre bontunk, ahol minden szegmens az objektum egy részét vagy más objektumot képvisel. A narancsok héj hibáit, illetve a kísérlet szempontjából nem releváns részeit szegmentációs módszerekkel elkülönítve pontosabb színmérési eredmények érhetők el. Azokkal várhatóan jobban közelíthető a héj színe és a beltartalmi értékek valódi kapcsolata.

A mért változók Pearson korrelációval adott bizonytalan eredményei miatt feltételezem, hogy a változók közötti kapcsolat nem feltétlen lineáris. Ezért javaslom a változók összehasonlítását Spearman korrelációval. A Spearman korreláció eredménye a változók közötti kapcsolat

monotonitásáról ad információt, azaz megmutatja, hogy az egyik változó növekedésével a másik is következetesen növekszik-e vagy csökken.

Pécsek Mihály Zoltán

6. Összefoglalás

Az élelmiszeriparban az elmúlt években jelentős változások történtek a képfeldolgozás fejlődésének köszönhetően. A vállalatok a hatékonyság és a minőség fejlesztésére törekednek, ebben az innovatív képfeldolgozási megoldások egyre nagyobb szerepet kapnak. A képfeldolgozást széles körben alkalmazzák, például a minőségellenőrzésben, ahol gyorsan felismerhetők a hibák, mint a szennyeződések vagy a hibás csomagolás, ezáltal csökkennek a selejtezési költségek, és javul a termékbiztonság.

A képfeldolgozás nemcsak a gyártási folyamatokban, hanem a marketingben is fontos eszközzé vált. A vizuális megjelenés jellemzően kertészeti termékek esetén jelentősen befolyásolja a vásárlói döntéseket.

A dolgozat konkrét célja volt a képfeldolgozás alkalmazása a narancsok minőségi jellemzőinek vizsgálatában, tekintettel a narancsok héjának színére és annak összefüggéseire a keménységgel, oldott szárazanyag koncentrációval és érzékszervi minősítéssel.

A vizsgálatok során 20 darab narancsnak határoztam meg az átlagos RGB színét. Majd az RGB adatok alapján a HSV színtérbe konvertáltam a színeket. Az eltérő szakirodalmi vélemények miatt két féle módszert alkalmazva, továbbá digitális refraktométerrel való méréssel a narancsok oldott szárazanyag koncentrációját, valamint Sinclair IQ Firmness tester berendezéssel keménységét is. A méréseket követően a narancsokat alávettem egy úgynevezett JAR (Just about Right) skálát alkalmazó érzékszervi minősítésnek, ami során minősítésre került a narancsok édessége, savassága, állaga, és illatosága. A minősítés célja volt annak megállapítása, hogy a narancsok vásárláskor észlelhető héj színe lineárisan összefügg-e az elfogadható tulajdonságokkal.

Az eredmények kiértékeléséhez Pearson korrelációt használtam. A kiértékelés során a Nguyen és Mtsai (2020) kutatásában felhasznált módszerrel konvertált szín telítettség és az oldott szárazanyag koncentráció között a korreláció együttható értéke -0,491, valamint a fényesség és az adott szárazanyag koncentráció között pedig -0,581. Mindkét esetben szignifikáns a korreláció, azonban egyik esetben sem egyértelmű a korreláció erőssége azok konfidencia intervalluma alapján. Mindazonáltal a korrelációk alapján a kevésbé fényes és kevésbé telített színű narancsok magasabb oldott szárazanyag koncentrációval rendelkeznek. Jellemzően egy mechanikai sérülést például ütődést elszenvedő narancs színe sötétebbre változik az ütődés helyén, miközben beltartalma nem változik. Ezen jelenség miatt viszont a teljes narancshéj felület átlag színének és a beltartalmi jellemzők összehasonlítása során megtévesztő eredményeket kaphatunk. Más RGB vagy HSV színezeti változókkal nem tapasztaltam

szignifikáns korrelációt. Az érzékszervi minősítési eredmények és színezeti változók között szignifikáns korreláció csak a savasság és a fényesség között áll fenn. Megvizsgáltam továbbá az érzékszervi minősítési eredmények korrelációját a mért keménységgel és szárazanyag koncentrációval. Az édesség és savasság esetében az érzékszervi minősítés eredményeit alátámasztotta az oldott szárazanyag koncentráció. Ezáltal megállapítható, hogy a világosabb színű narancsok valóban savanyúbbak.

Pécsek Mihály Zoltán

7. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném kifejezni hálámat mindazoknak, akik hozzájárultak szakdolgozatom elkészítéséhez, támogatásukkal és iránymutatásukkal segítve munkámat.

Külön köszönetemet fejezem ki konzulensemnek, Prof. Dr. Baranyai László, aki szakértelmével, értékes tanácsaival és folyamatos útmutatásával végigkísérte a dolgozatom megírásának folyamatát, és motiváló támogatásával nagyban hozzájárult a kutatási eredményeimhez.

Hálás vagyok továbbá érzékszervi bírálóimnak, akik időt és energiát nem kímélve végezték el a szükséges elemzéseket, ezzel értékes visszajelzéseket adva és lehetővé téve a kutatásom tudományos megalapozottságát.

Végezetül szeretnék köszönetet mondani mindenkinek, akik a dolgozatom elkészítésében közvetlenül vagy közvetve segítettek, legyen szó tanácsadásról, technikai támogatásról vagy biztatásról. Támogatásuk nélkül nem valósulhatott volna meg ez a munka.

8. Irodalomjegyzék/Felhasznált irodalmak

- „Understanding Color Spaces and Color Space Conversion - MATLAB & Simulink”. Elérés 2024. augusztus 9. <https://www.mathworks.com/help/images/understanding-color-spaces-and-color-space-conversion.html>.
- Ali, Maimunah Mohd, Norhashila Hashim, Samsuzana Abd Aziz, és Ola Lasekan. „Emerging non-destructive thermal imaging technique coupled with chemometrics on quality and safety inspection in food and agriculture”. *Trends in Food Science & Technology* 105 (2020): 176–85. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.09.003>.
- Berman, Jules J. „Chapter 4 - Understanding Your Data”. In *Data Simplification*, szerkesztette Jules J. Berman, 135–87. Boston: Morgan Kaufmann, 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803781-2.00004-7>.
- Brosnan, Tadhg, és Da-Wen Sun. „Improving quality inspection of food products by computer vision—a review”. *Journal of Food Engineering* 61, sz. 1 (2004): 3–16. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00183-3](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00183-3).
- Chen, Tzu-Chia, és Shu-Yan Yu. „The Review of Food Safety Inspection System Based on Artificial Intelligence, Image Processing, and Robotic”. *Food Science and Technology* 42 (2021. augusztus 6.): e35421. <https://doi.org/10.1590/fst.35421>.
- Du, Cheng-Jin, és Da-Wen Sun. „Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation”. *Trends in Food Science & Technology* 15, sz. 5 (2004. május 1.): 230–49. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.10.006>.
- Dubey, Shiv Ram and Jalal, Anand Singh. "Application of Image Processing in Fruit and Vegetable Analysis: A Review" *Journal of Intelligent Systems*, vol. 24, no. 4, 2015, pp. 405-424. <https://doi.org/10.1515/jisys-2014-0079>
- Firtha Ferenc, és Romvári Róbert. „A hús márványozottságának RGB-, hiperspektrális- és CT- képfeldolgozással történő jellemzésének kritériumai”. *ACTA AGRARIA KAPOSVARIENSIS* 18, sz. 1 (2014. február 15.): 66–75.
- Firtha, Ferenc. „Tri-kromatikus és hiperspektrális képfeldolgozási módszerek élelmiszerek és termények vizsgálatára”. Phd, Budapesti Corvinus Egyetem, 2008. <https://phd.lib.uni-corvinus.hu/306/>.

- Golnabi, H., és A. Asadpour. „Design and application of industrial machine vision systems”. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 16th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, 23, sz. 6 (2007. december 1.): 630–37. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2007.02.005>.
- Gonzalez, Rafael, és Zahraa Faisal. *Digital Image Processing Second Edition*, 2019.
- Gowen, A. A., B. K. Tiwari, P. J. Cullen, K. McDonnell, és C. P. O'Donnell. „Applications of thermal imaging in food quality and safety assessment”. *Trends in Food Science & Technology* 21, sz. 4 (2010): 190–200. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.12.002>.
- Gunasekaran, Sundaram. „Computer vision technology for food quality assurance”. *Trends in Food Science & Technology* 7, sz. 8 (1996. augusztus 1.): 245–56. [https://doi.org/10.1016/0924-2244\(96\)10028-5](https://doi.org/10.1016/0924-2244(96)10028-5).
- Hornberg, Alexander, szerk. *Handbook of Machine Vision*. 1. kiad. Wiley, 2006. <https://doi.org/10.1002/9783527610136>.
- Jack, Keith. „Chapter 3 - Color Spaces”. In *Video Demystified (Fifth Edition)*, szerkesztette Keith Jack, Fifth Edition., 15–36. Burlington: Newnes, 2007. <https://doi.org/10.1016/B978-075068395-1/50003-1>.
- Kapoor, Leepica, Andrew J. Simkin, C. George Priya Doss, és Ramamoorthy Siva. „Fruit ripening: dynamics and integrated analysis of carotenoids and anthocyanins”. *BMC Plant Biology* 22, sz. 1 (2022. január 11.): 27. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-03411-w>.
- Lamikanra, O. (Ed.). (2001). *Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Science, Technology, and Market* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420031874>
- Le Nguyen, Lien Phuong, Anna Visy, László Baranyai, László Friedrich, és Pramod V. Mahajan. „Application of Hue Spectra Fingerprinting during Cold Storage and Shelf-Life of Packaged Sweet Cherry”. *Journal of Food Measurement and Characterization* 14, sz. 5 (2020. október 1.): 2689–2702. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00515-z>.
- Lopez-García, Fernando, Gabriela Andreu-García, José Blasco, Nuria Aleixos, és José-Miguel Valiente. „Automatic detection of skin defects in citrus fruits using a multivariate image analysis approach”. *Computers and Electronics in*

Agriculture 71, sz. 2 (2010. május 1.): 189–97.
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2010.02.001>.

- Mosadegh Sedghy, B., Mohammadreza Nematollahi, és Alireza Tajbakhsh. „Market dynamics between retail channels and short food supply chains: A case of organic fruits”. *Journal of Retailing and Consumer Services* 79 (2024. július 1.): 103775. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2024.103775>.
- Modayur, B. R., L. G. Shapiro, és R. M. Haralick. „Visual Inspection of Machined Parts”. In *Image Technology*, szerkesztette Jorge L. C. Sanz, 307–35. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1996. https://doi.org/10.1007/978-3-642-58288-2_12.
- Paquet-Durand, O., D. Solle, M. Schirmer, T. Becker, és B. Hitzmann. „Monitoring baking processes of bread rolls by digital image analysis”. *Journal of Food Engineering* 111, sz. 2 (2012): 425–31. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.024>.
- Patel, Krishna Kumar, Mohammad Ali Khan, és Abhijit Kar. „Recent Developments in Applications of MRI Techniques for Foods and Agricultural Produce—an Overview”. *Journal of Food Science and Technology* 52, sz. 1 (2015. január): 1–26. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0917-3>
- Popov, Vencislav, Markus Ostarek, és Caitlin Tenison. „Practices and pitfalls in inferring neural representations”. *NeuroImage* 174 (2018. március). <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.03.041>.
- Prastawa, Marcel, Elizabeth Bullitt, Sean Ho, és Guido Gerig. „A brain tumor segmentation framework based on outlier detection”. *Medical Image Analysis* 8, sz. 3 (2004): 275–83. <https://doi.org/10.1016/j.media.2004.06.007>.
- Purohit, Soumya Ranjan, Lakshmi E. Jayachandran, Anu S. Raj, Debasis Nayak, és P. Srinivasa Rao. „22 - X-ray diffraction for food quality evaluation”. In *Evaluation Technologies for Food Quality*, szerkesztette Jian Zhong és Xichang Wang, 579–94. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Woodhead Publishing, 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814217-2.00022-6>.
- Rasti, Sanaz, Chris J. Bleakley, N. M. Holden, Rebecca Whetton, David Langton, és Gregory O’Hare. „A survey of high resolution image processing techniques for cereal crop growth monitoring”. *Information Processing in*

Agriculture 9, sz. 2 (2022. június 1.): 300–315.
<https://doi.org/10.1016/j.inpa.2021.02.005>.

- Ratner, Bruce. „The correlation coefficient: Its values range between +1/–1, or do they?” *Journal of Targeting, Measurement and Analysis for Marketing* 17, sz. 2 (2009. június 1.): 139–42. <https://doi.org/10.1057/jt.2009.5>.
- ResearchGate. „Figure 4. a) the RGB Color Space-Black Arrows Show the Three Main Color...” Elérés 2024. augusztus 19.
https://www.researchgate.net/figure/a-the-RGB-color-space-black-arrows-show-the-three-main-color-dimensions-whose-values_fig2_323952018.
- Saini, Sujata, and Komal Arora. "A study analysis on the different image segmentation techniques." *International Journal of Information & Computation Technology* 4.14 (2014): 1445-1452.
- Saravanan, G., G. Yamuna, és S. Nandhini. „Real time implementation of RGB to HSV/HSI/HSL and its reverse color space models”. In 2016 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP), 0462–66, 2016.
<https://doi.org/10.1109/ICCSP.2016.7754179>.
- Szeliski, R. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. Texts in Computer Science. Springer International Publishing, 2022.
<https://books.google.hu/books?id=QptXEAAAQBAJ>.
- Timmermans, A.J.M. „COMPUTER VISION SYSTEM FOR ON-LINE SORTING OF POT PLANTS BASED ON LEARNING TECHNIQUES”. *Acta Horticulturae*, sz. 421 (1998. március): 91–98.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1998.421.8>.
- Wu, Di, és Da-Wen Sun. „Colour measurements by computer vision for food quality control – A review”. *Trends in Food Science & Technology* 29, sz. 1 (2013. január 1.): 5–20. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.08.004>.
- Xiaojun Wu and Guangming Gao, "LED light design method for high contrast and uniform illumination imaging in machine vision," *Appl. Opt.* 57, 1694-1704 (2018)
<https://opg.optica.org/ao/abstract.cfm?URI=ao-57-7-1694>
- Yogamangalam, R, és B Karthikeyan. „Segmentation Techniques Comparison in Image Processing”. *International Journal of Engineering and Technology* 5, sz. 1 (2013).

- Yosini, Deliana. „Consumer Preferences on Import and Local Fruit in Indonesia”, 2011. <https://repository.iuls.ro/xmlui/handle/20.500.12811/3418>.
- Zacarias, Lorenzo. „Stewart Postharvest Review 2014, 2:2”. *Stewart Postharvest Review*, 2014. szeptember 16.
- Zhang, Yu-Jin. „Color Image Processing”. In *Handbook of Image Engineering*, 721–71. Singapore: Springer Singapore, 2021. https://doi.org/10.1007/978-981-15-5873-3_20.

9. Ábrák és táblázatok jegyzéke

a. Ábrajegyzék

1. ábra: RGB színtér	16
2. ábra: HSV színtér	17
3. ábra: H színezeti szög RGB konverziós módszerek összehasonlítása	25
4. ábra: S2 szín telítettség és oldott szárazanyag koncentráció közötti lineáris korreláció	32
5. ábra: HSV színtér V érték (világosság) lineáris korrelációja az oldott szárazanyag koncentrációval	33
6. ábra: A V érték (világosság) és nem elég savastól eltérő érzékszervi minősítési eredmények lineáris korrelációja	38
7. ábra: Oldott szárazanyag koncentráció és a nem elég savastól eltérő eredmények lineáris korrelációja	41
8. ábra: Oldott szárazanyag koncentráció és a nem elég édestől eltérő eredmények lineáris korrelációja	42

b. Táblázatjegyzék

1. táblázat: Felhasznált narancs minták héjának átlagos RGB adatai	23
2. táblázat: RGB színtérből konvertált HSV adatok	24
3. táblázat: Az RGB színtér vörös szín csatornájának dominánsságát kifejező normalizált R értékek	26
4. táblázat: Keménység és Oldottszárazanyag koncentráció adatok	27
5. táblázat: Savasság JAR skála minősítés eredményei	28
6. táblázat: Édesség JAR skála minősítés eredményei	28
7. táblázat: Illatoság JAR skála minősítés eredményei	29
8. táblázat: Keménység JAR skála minősítés eredményei	29
9. táblázat: Keménység és Oldott szárazanyag koncentráció Pearson korrelációs eredményei a színezeti tulajdonságokkal	30
10. táblázat: Színezeti paraméterek Pearson korrelációs eredményei az érzékszervi minősítések eredményeivel	34
11. táblázat: Érzékszervi minősítés és keménységi eredmények Pearson korrelációs eredményei	39

12. táblázat: Érzékszervi minősítés és Oldott szárazanyag koncentráció eredmények Pearson korrelációs eredményei.....	40
--	----

Pécsek Mihály Zoltán

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Pécsék Mihály Zoltán
A Hallgató Neptun kódja: E3M7NX
A dolgozat címe: Narancs színezetének, érzékszervi és műszeres vizsgálatának korrelatív értékelése
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás

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 a 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 mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumba. 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 MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Kelt: Budapest, 2024 év október hó 30 nap



Hallgató aláírása

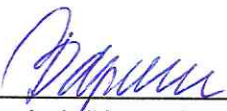
NYILATKOZAT

Pécsek Mihály Zoltán (hallgató Neptun azonosítója: E3M7NX) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom¹.

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

Kelt: Budapest, 2024 év október hó 30 nap


belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.