

DIPLOMADOLGOZAT

Madácsi Csenge Anna - Diplomamunka

Madácsi Csenge Anna

2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Budai Campus

Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszék
mesterképzési szak

Csicseriborsó ultrahangos áztatásának vizsgálata

Belső konzulens: *Dr. Zsorné dr. Muha
Viktória*
egyetemi adjunktus

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:** Élelmiszeripari
Méréstechnika és
Automatizálás Tanszék

Külső konzulens: *Somogyi Tamás*
PhD hallgató (MATE)

Készítette: **Madácsi Csenge Anna**

Budapest

2023

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS.....	1
1.2. A dolgozat célkitűzései	3
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	4
2.1. Csicszeriborsó	5
2.1.1. Csicszeriborsó makrotápanyag-összetétele	5
2.1.2. Csicszeriborsó mikrotápanyag-összetétele.....	6
2.2. Táplálkozás / hüvelyesek	7
2.3. Csicszeriborsó felhasználásával készült élelmiszeripari termékek	8
2.4. Élelmiszerpazarlás / szennyvízkezelés.....	9
2.5. Feldolgozási eljárások.....	10
2.6. Technológia	10
2.7. Ultrahangos kezelés	11
3. Anyagok és módszerek	13
3.1. Anyagok	13
3.2. Módszerek	13
3.3. Ultrahangos eszközök és ultrahangos kezelés	14
3.4. Színmérés	14
3.5. Vezetőképesség mérése	16
3.6. Szárazanyagtartalom.....	17
3.7. °Brix-érték.....	17
3.8. Csicszeriborsó főzési tulajdonságainak vizsgálata.....	18
3.8.1. SMS TA-XT.2 precíziós penetrométer	18
3.9. Statisztikai elemzések	19
4. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK.....	20
4.1. Áztatási idő.....	20
4.2. Színmérés	22
4.3. Szárazanyag tartalom.....	24
4.4. Brix	25
4.5. pH.....	26
4.6. Keménységmérési módszer SMS mérések	26
5. TOVÁBBI FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK	33
6. ÖSSZEFOGLALÁS	34
HIVATKOZÁS	37

Madácsi Csenge Anna - Diplomamunka

1. BEVEZETÉS

Az élelmiszeripar nap, mint nap új kihívásokkal szembesül, legyen szó a növekvő népesség egyre nagyobb igényeinek kiszolgálásáról, vagy alapanyag beszerzési, minőségi, illetve mennyiségi problémáról. További versenyhelyzetet eredményez a változó fogyasztói igények kiszolgálása. Ahogyan a tudomány robbanásszerűen fejlődik, olyan gyorsasággal változik a fogyasztói társadalom igénye. Megfigyelhetjük, ahogy időről időre új egészségügyi és táplálkozási trendek törnek utat a mindennapjainkban: miután megjelent a Covid-19 korona vírus járvány, fokozottan előtérbe került az egészséges életmód. Az emberek egyre nyitottabbak és tudatosabbak lettek az élelmiszerek tekintetében is, hogy gondosan megválogatva szerezzenek be olyan termékeket, amelyek előnyös hatással lehetnek az egészségükre. Ez megnöveli a magasabb minőségű, egészséges élelmiszeripari termékekre való keresletet. Ezért is kiemelkedően fontos a termelő üzemek számára, hogy minél inkább törekedjenek a termék és technológiai fejlesztésekre. Ahogy a fogyasztói igények egyre inkább keresik a magasabb minőségű, hozzáadott értékkel rendelkező élelmiszereket, úgy az ipar is egyre inkább foglalkozik olyan magas minőségű terményekkel, amely hazánkban nem őshonos, termesztésének nincsen hagyománya. Emellett az igény megmaradt azon termékekre, amelyek valamilyen kényelmi funkcióval is rendelkeznek.

Így kerül előtérbe a csicseriborsó, amelyet bár hazánkban nem termesztenek, de a kulturális integrálódásnak köszönhetően egyre jobban beépül az étrendjébe. A legnagyobb mennyiségben Indiában és Amerikában termesztik és széles körben felhasználható számos élelmiszernél és takarmányban is. Számos kultúra ételeinek alapját képezi a csicseriborsó, sok étel ennek felhasználásával készül, ilyen például a humusz, curry, saláták, falafel, levesek, snack termékek. Emellett lisztként is elterjedt a felhasználása, hiszen nem tartalmaz glutént. A növényi italok között is szerepel olyan ital, amelyben csicseriborsó is megtalálható.

A csicseriborsó száraz állapotban, konzerv formájában vagy valamilyen feldolgozott állapotban hozzák forgalomba legnagyobb mennyiségben. Ahogyan a száraz termények esetében, a csicseriborsó esetében is a konzerviparban az első lépés az áztatás, amelynek időtartama körülbelül 12 órás folyamat, majd ezt követi a konzervek hőkezelése.

A világgazdasági helyzet következtében az energiaárak fokozatosan növekednek. Az élelmiszeripar, ahol a folyamatok döntő többsége, esetünkben például a csicseriborsó konzerv hőkezelési nagy energiafelhasználást igényel. A költségek csökkentésének érdekében fontos olyan intézkedéseket bevezetni, amellyel energiamegtakarítást tud elérni a termelőegység.

A termikus hőkezelések kiegészítéseként már több technológiai újítást alkalmaznak az iparban. Ilyen például a nagy hidrosztatikai nyomás (HHP) (Varela-Santos et al., 2012), vagy az ultrahang, amelyek alkalmazásával egyes technológiai folyamatoknál kiválthatjuk a hőkezelést. Az áztatási idő csökkentésére és a technológia fejlesztésére jó alternatív eljárás lehet az ultrahang alkalmazása. Az élelmiszeripar már számos területen alkalmazza az ultrahangos eljárást.

Madácsi Csenge Anna - Diplomamunka

1.2. A dolgozat célkitűzései

A bevezetésben említett okoknál fogva célom volt, hogy aktív ultrahang segítségével a száraz csicseriborsó áztatási idejét és az áztató levének fizikai tulajdonságait vizsgáljam. Célkitűzésem volt vizsgálni, hogy az ultrahangos kezelések milyen eltéréseket eredményeznek a hagyományos áztatással végzett, kontroll mintákhoz képest. További célom volt tanulmányozni, hogy az ultrahangos kezeléssel a csicseriborsó feldolgozási ideje csökkenthető-e. Ezeken felül célom volt az ultrahangos áztatás során kapott áztatólé fizikai tulajdonságainak elemzése és esetleges további felhasználási lehetőségek feltárása.

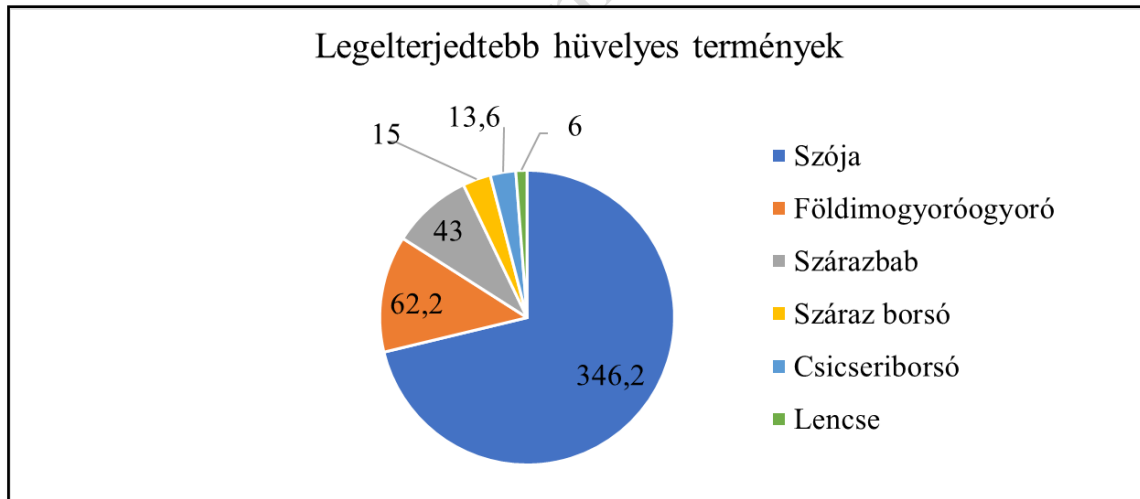
Madácsi Csenge Anna - Diplomamunka

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az élelmiszeripar kihívása, hogy a növekvő népességet képes legyen élelemmel ellátni a Földön. Figyelembe kell venni, hogy az élelmiszer-ellátási rendszer, beleértve a mezőgazdasági és élelmiszeripari létesítményeket, jelentős szerepet játszik az üvegházhatású gázok kibocsátásában és a vízfogyasztásban. A húsfélék előállítása kiemelt szerepet tölt be a károsanyagok kibocsátásában, mivel az állattartás jelentős környezeti hatással jár. (Semba és et al., 2021) Az emberi és állati táplálkozásban a hüvelyes termények fogyasztása kiemelkedő fontosságú szerepet töltenek be.

A hüvelyesek családjába több, mint 450 nemzetség és több, mint 10.000 faj tartozik, melyek termesztése 6000 évre nyúlik vissza. Szerte a világon a hüvelyesek csupán néhány fajtáját termesztik jelentős mennyiségben (Leterme, 2002). A legelterjedtebb hüvelyes termények mennyiségi eloszlását az 1. ábra mutatja be.

A hüvelyesek viszonylag alacsony környezeti terheléssel termeszthetők, azaz kevesebb vizet és kevesebb termőföld-helyet igényelnek, valamint a légköri nitrogén megkötése pozitív hatással lehet a talajminőségre. Ezáltal a hüvelyes termények fogyasztása hozzájárulhat a fenntartható élelmezési rendszer célkitűzéseinek eléréséhez.



1. ábra Különböző hüvelyesek relatív hozzájárulása a globális hüvelyes termesztéshez 2014 és 2019 között, millió tonnában (Mt) (Semba és et al., 2021 alapján saját szerkesztés).

2.1. Csicseriborsó

A csicseriborsót (*Cicer arietinum* L.) már ősidők óta fogyasztják. A csicseriborsó hüvelyes növény, dél-kelet Törökországból származik (Faridy és et al., 2020). A csicseriborsó is szerepel a legfontosabb hüvelyes növények között világszerte (Withana-Gamage és et al., 2011). Számos országban termesztik, de a legnagyobb mennyiséget India állítja elő (Vinod és et al., 2023). Többféle fajtája létezik, a legelterjedtebb változatai a *Desi* és *Kabuli*. A szemek a babhoz képest kisebbek, szögletesek és színük igen eltérő, a világos sárgától fekete színig terjed (Yegrem, 2021).

Az utóbbi években a csicseriborsót fogyasztó felnőttek aránya több, mint kétszeresére nőtt: 1,9%-ról 4,5%-ra (Rehm és et al., 2023).

2.1.1. Csicseriborsó makrotápanyag-összetétele

A csicseriborsó kitűnő forrása a szénhidrátoknak (elsősorban keményítőnek), fehérjéknek, élelmi rostoknak, illetve mikrotápanyagoknak.

A fő tárolt szénhidrát a keményítő, melyet a rostok, oligoszacharidok és egyszerű cukrok, mint a glükóz és a szacharóz követnek. Emellett a növény szerkezetének kialakulásáért felelős további alkotóelemek a galaktomannánok és glükomannánok, illetve további strukturális építő eleme a cellulóz is (Jukanti és et al., 2012a). A csicseriborsó szénhidrát tartalma körülbelül 60-70%, a gabonafélékhez képest magasabb a szénhidráttartalmuk. A benne található szénhidrátok - amelyeket az emberi szervezet képes lebontani, azaz a vékonybélben enzimek hatására lebontódnak - többnyire monoszacharidok (glükóz, fruktóz, galaktóz) és diszacharidok (szacharóz, maltóz). A nem emészthető szénhidrátok közé tartoznak az oligoszacharidok (raffinóz sztachióz, verbaszkóz és ciceritol), rezisztens keményítő, pektin, hemicellulóz, cellulóz, és ezek nem emészthetők a vékonybélben (Kaur & Prasad, 2021)

A csicseriborsó vízoldható szénhidrát tartalmának a legnagyobb mennyiségben α -galaktozidok tekintetében a ciceritol és sztachióz található meg benne. A főzés hatására a vízoldható szénhidrát tartalma jellemzően 57%-kal csökken. Ez főleg az emésztési problémákkal rendelkező emberek esetében hasznos (Martín-Cabrejas és et al., 2006)

Kutatásokkal bebizonyították, hogy a különböző keményítőtartalmú élelmiszerek hatással vannak a vércukorszintre. Thorne et al., (1983) megállapították, hogy a keményítő emészthetőségét több tényező befolyásolja, mint például a keményítő és a rostok közötti kölcsönhatás, az élelmiszerben található antinutriensek (például a fitátok), vagy a fehérjék jelenléte (Thorne et al., 1983). Ezen összefüggések alapján a hüvelyesek magas fehérje-, rost-

és antinutriens tartalma hozzájárul a keményítő lassú felszívódásához, ezáltal viszonylag kis mértékben növeli meg a vércukorszintet, ami előnyös a cukorbetegeknek (Thorne et al., 1983).

A gabonafélékhez képest kétszer annyi fehérje található meg a csicseriborsóban (Singh és et al., 2004). Kiemelkedő tulajdonsága, hogy a benne található fehérjék minősége jobb, mint más hüvelyes termények fehérjéinek minősége, hiszen a kéntartalmú aminosavakat leszámítva az összes esszenciális aminosavat tartalmazza. A fehérjetartalma körülbelül 17-20%. (Gopalan et al.1995). A fehérjetartalom miatt széles körben állít elő az élelmiszeripar különböző termékeket belőle, amelyek egyre közkedveltebbek kiváló fehérjetartalma miatt (Lucas & Fuller, 2014).

A csicseriborsó lipidtartalma viszonylag alacsony, de a gazdag táplálkozás szempontjából nélkülözhetetlen telítetlen zsírsavakban, mint például a linolsav, vagy az olajsav (Jukanti és et al., 2012a). A csicseriborsó jellemzően 2,7-6,5% zsírt tartalmaz (Kaur & Prasad, 2021).

2.1.2. Csicseriborsó mikrotápanyag-összetétele

A hüvelyes terményekben jelentős mennyiségben előfordul a kálium (K), foszfor (P), réz (Cu), vas (Fe), kalcium (Ca) és magnézium (Mg), melyek közül csicseriborsó kalcium, magnézium, vas tartalma jelentős. Összehasonlítva más hüvelyes terményekkel a kálium, mangán, cink és foszfor tartalma magasabb mennyiségű (Raza és et al., 2019). Emellett kiváló forrásai olyan egyéb vitaminoknak, mint a riboflavin, niacin, tiamin, folsav és az A-vitamin prekursorának, a β -karotinnak. (Koul és et al., 2022; Jukanti et. al. 2012).

100 g csicseriborsó képes fedezni az ajánlott napi vasbevitelt (férfiak esetében 1,05 mg, míg a nők esetében 1,46 mg) és a cink bevitelt (férfiaknak 4,2 mg, a nők esetében 3 mg) (Raza és et al., 2019).

A csicseriborsó kiváló forrása bioaktív vegyületeknek, az antioxidánsoknak. A polifenolok a magasabb rendű növények által termelt másodlagos anyagcsere termékek. Számos egészségre gyakorolt hatásuk van, mint például gyulladáscsökkentő, rákellenes, vérnyomáscsökkentő és antimikrobiális szerekként is számon tartják (Daglia, 2012).

A növényi élelmiszerek többsége csakúgy, mint a csicseriborsó is tartalmaz nem emészthető antinutrienseket. Ilyen anyagok többek között a lektinek, fitátok, nitritek, tanninok és oxalátok. A túlzott fogyasztásuk megakadályozza egyes ásványi anyagok felszívódását. Az eltávolításukat elsősorban hosszú ideig való áztatással és főzéssel lehet elvégezni. Ahhoz, hogy biztonságosan fogyasztható legyen, a csicseriborsó először egy áztatáson, majd hőkezelésen szükséges keresztülmennie. Egyes eljárások, mint például az áztatás, főzés, képes egyes

antinutriensek, például a fitinsav, valamint a szaponinok mennyiségének a csökkentésére. Das et al. (2022) szerint számos kezelés hozzájárul ezen anyagok további csökkentéséhez, ilyen az ultrahangos kezelés, az extrudálás és a γ -sugárzás. Ezeket az anyagokat fontos, hogy eltávolítsuk, mert így tovább növelhetjük a termék emészthetőségét.

Das et al. (2022) végeztek olyan kutatásokat, hogy a hagyományos, illetve új fajta technológiai eljárások által hogyan lehet minél hatékonyabban eltávolítani az antinutrienseket, hogy az egészségügyi szempontból minél kedvezőbb legyen emberi fogyasztásra. megállapították, hogy a gyorsabb áztatási idő szempontjából az ultrahang alkalmazása a legjobb lehetőség az α -galaktozidok csökkentésére, ami annak is köszönhető, hogy az ultrahang hatással van a makromolekulák közötti nem kovalens (Das et al., 2022). Lehetőség van az antinutritív anyagokat hatástalanítani, vagy csökkenthetjük például melegítéssel, áztatással (Hendek Ertop & Bektaş, 2018).

2.2. Táplálkozás / hüvelyesek

Rohanó világunkban az életvitel és étkezési szokásaink teljesen megváltoztak. Az élelmiszerpiac végeláthatatlan kínálatában gyakran nem a megfelelő tápanyagokat juttatjuk szervezetünkbe, ami miatt egyre elterjedtebbé váltak bizonyos betegségek.

Olyan ételek készítéséhez, amelyek hozzájárulnak a kiegyensúlyozott étkezéshez, tökéletes választás a csicseriborsó. A csicseriborsó jelentős vérnyomáscsökkentő, illetve antiallergiás és görcsoldó tulajdonságokkal rendelkezik a kulcsfontosságú biológiai aktivitású vegyületek mellett (Wang et al., 2021). A héja flavonoidokat tartalmaz, amelyek antioxidánsként működnek (Ulloa et al., 2015).

A csicseriborsó a boltok polcain kimért csomagolásban, konzervként vagy akár készételként is megtalálható; gasztronómiai szempontból számtalan eltérő és különleges étel készíthető belőle. A konzervgyártás során a hüvelyesek főzővize (aquafaba) nem kerül felhasználásra, hanem hulladékként kezelik (Kilicli & Toker, 2022). Ezért az újrahasznosítás fontos a gazdaságosság és fenntarthatóság szempontjából, amelyek bármilyen felhasználása az ipar nagy kihívása és egyben feladata. A különböző babfélék főzővizéről már vannak tanulmányok, ahol a megfigyelték, hogy annak fizikai paraméterei befolyásolják a késztermék minőségét. A főzővíz fehérjetartalma 20-35% közötti értéket képes felvenni, amely érték az áztatólében jóval alacsonyabb (Kilicli & Toker, 2022). Tufaro és Cappa (2023) a csicseriborsó főzővizének cukrászati célú feldolgozási lehetőségét kutatta, ahol igazolódott, hogy a csicseriborsó főzővize jó habzási tulajdonsággal rendelkezik (Tufaro & Cappa, 2023). Megfigyelték, hogy a csicseriborsó lé kiváló technológiai és minőségi tulajdonságainak

köszönhetően felhasználható az állati eredetű összetevők helyett. Strukturáló és habosítószerként akár majonéz, habcsók fagylalt gyártás során is alkalmazható lenne, mint tojásfehérje helyettesítő.

2.3. Csicsseriborsó felhasználásával készült élelmiszeripari termékek

Ahogy az előzőkből látható, a csicsseriborsó egyre nagyobb népszerűségnek örvend, nem csupán a napjainkban egyre népszerűbb vegetáriánus és vegán étrend kapcsán, de azért is mert számos ételintoleranciával rendelkező ember étrendjébe beépíthető. Kiemelkedően magas tápértéke révén ezekbe a speciális étrendekbe kiváló növényi fehérjeforrásként beilleszthető. A növekvő ételintolerancia révén kialakuló trendeknek köszönhetően a növényi alapú élelmiszerek termékfejlesztésére nagy odafigyelést fordítanak. A növényi termékfejlesztésen belül is a növényi italok kiemelt figyelmet kaptak az utóbbi években. A laktóz érzékenység különbözőképpen érinti a világ különböző tájain élő embereket. Ázsiában és Afrikában a laktózintolerancia a népesség nagy részét érinti. A 2. ábra mutatja a világ országaiban a lakosság számát, aki laktózintoleranciában szenved.



2. ábra: A világ népessége laktózintolerancia szempontjából (Internet 1)

A 2. ábrán látható, ahogy a népesség jelentős része érintett ebben a problémában, ezért a tej helyettesítésére szolgáló termékek iránti kereslet is növekszik. Manapság rengeteg féle

növényi italt megtalálhatunk a boltok polcain. A növényi italok alapja lehet valamilyen gabona féle, olajos mag vagy akár hüvelyes termény is. Legjellemzőbb a kókusz, mandula, zab, rizs, de megjelentek a hüvelyes terményekből készült italok is.

Az élelmiszeripar emberi fogyasztás mellett jelentős mennyiségben használja takarmányozás céljából is csicseriborsót. Jelentősége azért is fontos, mivel az állatjólét egyre nagyobb szerepet kap az élelmiszeriparban és a fogyasztók is azokra a termékekre tartanak igényt, amelyek ilyen gazdaságokból származnak. A szója az elsődleges takarmány világszerte, amelynek egy kiváló alternatívája a csicseriborsó. A szóját nagy mennyiségben génmódosítással termelik. A csicseriborsót nem, így az abból készült takarmányokkal etetett állatokat GMO mentesek (Danek-Majewska és et al., 2021).

2.4. Élelmiszerpazarlás / szennyvízkezelés

A növekvő népességszám növekvő élelmiszerigényt jelent, amely maga után vonja a termelés során keletkező nagy mennyiségű melléktermék és hulladék keletkezését. Emellett a korlátozott erőforrások és a gazdaságos szemlélet arra ösztönzi az ipart, hogy a termelést minél hatékonyabban bonyolítsák le. Ezt tovább erősíti az élelmiszeripart is érintő hulladékcsökkentésére vonatkozó jogszabályok jelenléte.

Minden élelmiszeripari feldolgozás során keletkezik hulladék. A *FAO* adatai alapján az emberi fogyasztásra szánt élelmiszer harmada kidobásra kerül (Gustavsson et al., 2011). A nyersanyagfeldolgozás során keletkezik hulladék a betakarítás, válogatás, és a különböző feldolgozási technológiák során. A keletkező hulladékokat leggyakrabban állati takarmányként hasznosítják. Számos tápanyagot és bioaktív anyagot tartalmaznak, mint például fehérjét, rostot, ásványi anyagokat és fenolokat. Azonban a magas víz- és tápanyagtartalmuk kedvezhet a kórokozók elterjedésének és környezetszennyezéshez is vezethet (Tomar et al., 2023). Emiatt törekszik az ipar ezeket a komponenseket kinyerni.

Az újítások lehetővé teszik, hogy minél hatékonyabban történjen a termelés, így kevesebb hulladék keletkezzen vagy a hulladék újra felhasználható legyen, ezáltal is csökkentve az ipari hulladék mennyiségét.

2.5. Feldolgozási eljárások

Az élelmiszeripar egyik legnagyobb kihívása a biztonságos növényi alapú élelmiszerek fejlesztése és tervezése magas funkcionális és minőségi tulajdonságokkal. A csicscriborsó fogyasztás előtt feldolgozást igényel, mivel tartalmaz olyan anyagokat, amelyek nem emészthetőek. Többek között ilyen anyagok tripszin, kimotripszin, inhibitorok (a fehérjeemésztés gátlásához). Az α -amiláz inhibitor gátolja a keményítő emészthetőségét, valamint a fitátok és oxalátok gátolják az ásványi anyagok felszívódását. Az előkezelés segíti a csicscriborsó emészthetőségét, azáltal, hogy magasabb mennyiségben maradnak benne bioaktív anyagok és a fizikai-kémiai profilja is előnyösebb emészthetőség szempontjából (Raza és et al., 2019).

2.6. Technológia

. Különböző kezelési eljárások másképpen befolyásolták az ásványi és vitamintartalmát. Alajaji & El-Adawy, (2006) kísérletei eredményi alapján azt találta, hogy a B-vitamin és ásványianyagtartalom vesztesége alacsonyabb volt a mikrohullámmal kezelt csicscriborsó esetében, mint a hagyományos eljárással hőkezelt csicscriborsónak. A főzés hatására csökkent a lizin, izoleucin, és az összes aromás aminosav tartalma (Alajaji & El-Adawy,2006).

Szárított hüvelyesek feldolgozása során számolni kell azzal, hogy a konzervbe kerülés előtt a terményt hidratálni szükséges. Ez a folyamat a 3-4 órától akár 10-12 óráig is terjedhet termény típustól és fajtától függően. A megfelelő vízfelvétel különösen fontos gyártás során, amely elsősorban az áztatási időtől és a víz hőmérsékletétől függ, hiszen ezek azok a tényezők, amik befolyásolják a következő folyamatokat és a végtermék minőségét is (Shafaei et al 2016). A hosszú áztatási idő azonban szignifikánsan csökkenthető, erre számos lehetőség rendelkezésre áll. Ezek közül általános megoldásént a magasabb hőmérsékletű víz alkalmazása terjedt el (Ranjbari et al 2013). Az áztatási idő és hőmérséklet változtatása mellett az ultrahangos kezelés, mint újszerű technológiai eljárás lehetőséget biztosít arra, hogy befolyásoljuk az áztatás folyamatát, ami nem mellesleg költségcsökkentés szempontjából is hasznos. Az ultrahangos kezelést, mint újszerű technológiát egyre gyakrabban alkalmazzák az élelmiszeripari folyamatokban.

2.7. Ultrahangos kezelés

Az ultrahang egy hullám, amely mechanikai energiát szállít a részecskék helyi mozgásának köszönhetően 20 kHz vagy annál magasabb frekvencián (Leighton, 2007).

Alkalmazása számos előnnyel rendelkezik a hagyományos termikus módszerekkel szemben, többek között a nagyobb termelés hozam, gyorsabb feldolgozási sebesség, feldolgozott élelmiszerek jobb minősége és funkcionalitása és a hőkezelt élelmiszerek jobb eltarthatósága. Hatékonyabb technológia, amely kevesebb energiát használ könnyebb üzemeltetés és telepítés (Gharibzahedi & Smith, 2020).

Az ultrahangos alkalmazásoknál a legmeghatározóbb szempont a generált hullámok tartománya. Ennek értékelésére a hullám teljesítményét watt-ban adjuk meg (W), míg a hullámok intenzitását (W/m^2) vagy hullámsűrűségnek (Ws/m^3) mutatókat használunk (Gallo et al., 2018).

Az ultrahangos energia terjedésekor a hullám amplitúdója a távolsága csökken, ami a csillapodás, vagy szórás miatt következik be. A csillapítás során a hullámenergia egy része hővé alakul át, míg a szórás irányváltoztató mozgást okoz. A közeg abszorbeálja az energiát hőtermelésre, ami hőmérsékletnövekedést eredményez (O'Brien, 2007).

Az ultrahang mechanikai, kémiai és biokémiai hatást vált ki folyadékban a kavitációs buborékok kialakulásával és a későbbi összeomlásukkal. Az ultrahang hullámokkal terjed a folyadékban, amelyet a közeg molekuláiban kialakuló sűrítés és ritkulás hullámok indukálnak. Ha a frekvencia elegendő intenzitású, akkor a folyadékban üregek jönnek létre, amelyeket kavitásoknak neveznek. Amint ezek a kavitások nőnek, instabillá válnak, és magas hőmérsékletet és nyomást szabadítanak fel mikroszkópos szinten, ami szélsőséges nyírási erőket eredményez, tömegátadást, nagyon hatékony keverést és homogenizációt, valamint magas hőmérsékletű "forró pontokat" eredményez a feldolgozott folyadék tömegében. Éppen ez az üregesedés okozza az élelmiszerfeldolgozási során tapasztalt különböző hatások energiáját, mint például a zsírcseppek méretének csökkenését, a folyadékok nagyobb homogenitását és az erőteljes kivonást (Paniwnyk, 2017, Hu et al., 2023).

Az utóbbi időben nagyobb figyelmet fordítottak a környezetbarát és újszerű technológiákra. Az ultrahangot az élelmiszeripari területen használhatják a termékek általános jellemzésére, mint az összetétel, a szerkezet, a folyadékszint, vagy akár a vastagságot és az áramlási sebességet is meghatározhatjuk vele (Jayasooriya et al 2004). Az ultrahang használata több szempontból is előnyös, mivel nem mérgező, és a környezetre sincs káros hatással (Arzeni et al., 2012). Az élelmiszeriparban alkalmazzák, mivel fokozza a homogenizálhatóságot

(emulgeálhatóságot), továbbá a viszkozitás változását; kristályosítást, sterilizálást, szárítást, hús puhítást és pácolást segíti. Az ultrahang a tejtermékekben, illetve gyümölcslevekben javítja a krémképződési sebességet, emeli a bioaktív vegyületek mennyiségét, és segíti a folyadékok sterilizálását (Mason és et al., 2015).

Több kutatás foglalkozik a témával, amelyek tanulmányozzák az ultrahanggal kezelt csicseriborsó áztatásának előnyeit (Kilicli & Toker, 2022). Yildirim et al (2013) megállapították, hogy az ultrahangos kezelés nem csak az áztatás idejét, de a főzési időt is csökkenti (Yildirim et al., 2013).

Számolni kell az ultrahang fehérjemolekulákra gyakorolt hatásával, miszerint megváltoztatja a fehérjemolekulák szerkezeti, fizikai-kémiai és funkcionális jellemzőit. Emellett az áztató lébe kerülő anyagoknak köszönhetően a gyártás közben fellépő hulladéknak minősülő áztató lé további felhasználásának lehetősége is felmerülhet.

Kilicli és Toker (2022) megállapította, hogy ultrahanggal kezelt csicseriborsó áztatóleve (aquafaba) fehérje tartalma 20-35% között változott. Az ultrahang csökkentette az aquafaba fehérjetartalmát és habzókéességét. Az emulgeáló hatás nőtt az ultrahanggal kezelt csicseriborsók áztatása során, ezáltal az így kapott aquafaba technológiai tulajdonságai alapján állati összetevők helyettesítő termékként felhasználható (Kilicli & Toker, 2022).

3. Anyagok és módszerek

3.1. Anyagok

A kísérletben kereskedelmi forgalomban kapható száraz csicseriborsót (Happy Harvest, származási hely Venezia, Olaszország) használtam fel. A méréseket minden egyes kísérletnél 3 ismétléssel végeztem el.

3.2. Módszerek

A szárított csicseriborsó áztatása csapvízben történt. A minta előkészítése során minden csoport esetében 20 g száraz csicseriborsó mintát 200 ml-es üvegedénybe mértem ki, amelyhez 200 g csapvizet öntöttem. A hidratálás folyamatánál - az ipari gyakorlatnak megfelelően - a cél a szárított csicseriborsó kiindulási tömegének a megduplázása volt. Az áztatás során különböző hőmérsékletű, 25, 35 és 45 °C-os áztatóvízben áztak a minták. A csicseriborsó minták tömege az áztatási folyamat során 30 percenként kerültek lemérésre, így ezáltal figyelni lehetett, hogy mikor éri el a csicseriborsó tömege a kezdeti tömegének kétszeresét. Az áztatási folyamat végén kapott áztatóvíz tulajdonságai kerültek további vizsgálatra és összehasonlításra a kontroll minták áztatóvizével.

A duzzadási arány kiszámítását az alábbi képlettel végeztem:

$$\frac{m_{mért}}{m_{kezdeti}} = x_{duzzadási\ arány} [\%], \text{ ahol}$$

- $m_{mért}$: adott időpontban mért áztatott tömeg [g];
- $m_{kezdeti}$: kiindulási tömeg [g]

A termény hidratáltságát jellemző duzzadási arány időbeni változása telítési görbével közelíthető. Ezért a folyamat modellezéséhez az alábbi általános exponenciális egyenletet használtam:

$$d = d_0 - d_v * e^{-\frac{t}{\tau}} + d_v, \text{ ahol} \quad [1]$$

d_0 – a csicseriborsó minta kezdeti duzzadási aránya [%]

d_v – a csicseriborsó duzzadási aránya a folyamat végén [%],

t – áztatási idő [perc],

τ – időállandó [perc].

3.3. Ultrahangos eszközök és ultrahangos kezelés

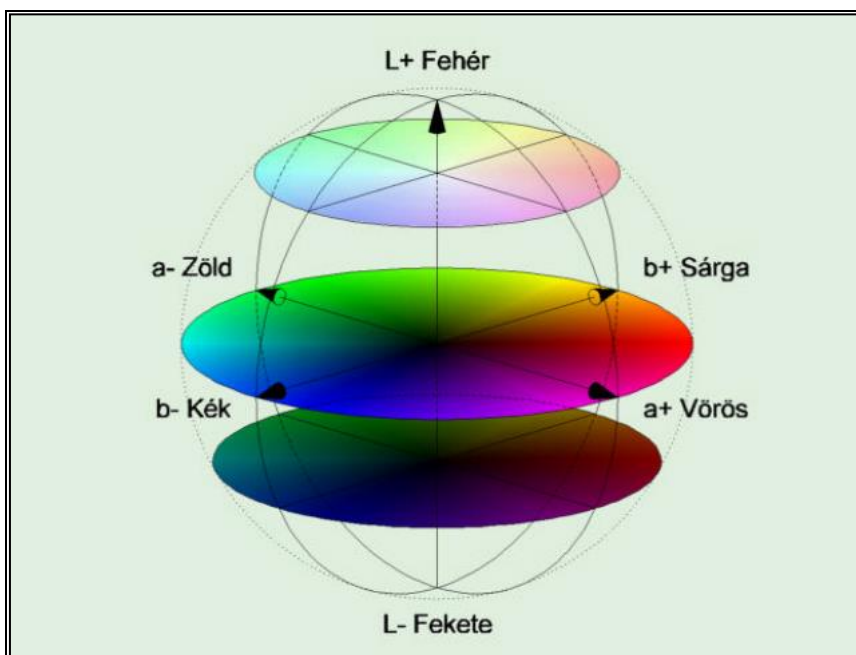
A kezelt csoportok esetében ultrahangos kezeléssel együtt történt az áztatás. Az ultrahangos kezeléshez HBM Machines (Hollandia) által gyártott ultrahang fürdőt használtam (3. ábra). A megfelelő hangvezetés biztosítása érdekében az ultrahangos berendezést csapvízzel töltöttem fel, amelybe a mintaedényeket helyeztem. A kezeléseket 40 kHz és 300 W teljesítményen végeztem 25; 35 és 45 °C hőmérsékleten. A megfelelő hőmérséklet beállítását követően az üvegeket ebben a közegben kezeltem. Az ultrahangos kezelés során az állandó hőmérséklet fenntartása érdekében egy külső termosztátot csatlakoztattam a rendszerhez, hogy biztosítva legyen az állandó hőmérsékletet végig a kezelés során.



3. ábra: HBM Machines (Hollandia) forrás: Saját fénykép

3.4. Színmérés

A szín meghatározását az 5. ábrán látható a ColorLite sph850 spektrofotométerrel segítségével végeztem, mely során CIE- tristimulus koordináta rendszerben vizsgáltam meg az áztatóvíz színét. A CIE-L* a* b* kolorimetriás rendszer paraméterei az XYZ rendszerből származnak (amelyet a 4. ábra mutat be).



4. ábra CIELAB színmodel leegyszerűsített ábrázolása
(Internet 2.a)

Az L^* azt mutatja meg, hogy mennyire fényes a szín (0-tól 100-ig). Minél nagyobb az L^* , annál világosabb a minta. Az a^* színkoordináta a zöld és vörös közötti színárnyalat közötti (internet 2b) eltérést mutatja meg, ahol a negatív érték a zöld színárnyalatot, a pozitív érték pedig a vörös színárnyalatot jelenti a vízszintes tengelyen. Emellett a b^* a kék és a sárga színárnyalat közötti különbséget mutatja – a kék a mínusz értékeket (-100-tól 0-ig), a sárga pedig 0 és +100 közötti értékeket jelöl. Ezen adatok alapján lehetővé válik a szín pontos leírása. A vizsgált mintákat színkoordinátáinak mérését háromszor ismételt meg, majd az L^* , a^* , b^* paraméterek átlagát használtam a továbbiakban.



5. ábra: ColorLite sph850 spektrofotométer (ColorLite GmbH, Németország)

A két mintaszín közötti euklideszi távolság CIE-L*a*b* térben a következő egyenlet segítségével számítható ki. (2. egyenlet):

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}, \quad [2]$$

ahol:

- ΔE^*_{ab} a teljes színekülönbség értéke;
- ΔL^* , Δa^* , Δb^* a CIE-L*a*b* a két színadat színekülönbségének értéke.

Irodalmi kutatások alapján, ha (2. egyenlet) ha ΔE^*_{ab} értéke, nagyobb, mint 2,3, akkor a színekülönbség még egy tapasztalatlan megfigyelő számára is észrevehető (Mokrzycki & Tatol, 2011).

3.5. Vezetőképesség mérése

A minták vezetőképességét és pH-értékeit szobahőmérsékleten (24 °C) mértem Mettler-Toledo SevenMulti™ (6. ábra) kettős pH/vezetőképességmérővel (Mettler-Toledo Kft., Magyarország), amelyet a mérés előtt mérőoldatokkal (pH7 és pH4) szobahőmérsékleten kalibráltam. A különböző hőmérsékleten kezelt mintákból két párhuzamos mérést végeztem.



6. ábra: Mettler-Toledo SevenMulti™ kettős pH/vezetőképességmérővel (Mettler-Toledo Kft., Magyarország) (saját fénykép)

3.6. Szárazanyagtartalom

A minták szárazanyag-tartalmának meghatározása Mettler-Toledo HR83-P halogén nedvességelemző készülékkel (Mettler-Toledo Kft., Magyarország) történt. A minták homogenizálása után 1,000 g áztatóvizet mértem ki analitikai mérlegen, majd 105 °C-on állandó tömegűre szárítottam (7.ábra).



7. ábra Mettler-Toledo HR83-P halogén nedvességelemző készülék (forrás: internet 3)

3.7. °Brix-érték

A °Brix-értéket (mely a redukáló cukortartalmat mutatja meg) Atago Digital Pocket Refraktométer PAL-1 (Atago, Japán) készülékkel mértem (8. ábra). A különböző hőmérsékleten kezelt mintákat három párhuzamos méréssel vizsgáltam.



8. ábra: Atago Digital Pocket Refraktométer PAL-1 (Atago, Japán) (saját fénykép)

3.8. Csicszeriborsó főzési tulajdonságainak vizsgálata

Ehhez a méréshez különböző hőmérsékleten kezelés nélkül és ultrahang segítségével áztattam a mintákat, egészen addig, amíg a duzzadási arányuk el nem érte a 2,0-s értéket. Ez a kontroll minták esetében hőmérséklettől függően 1-2 óra plusz áztatást jelentett. Ezt követően az áztatott csicszeriborsót leszűrtem és forrásban lévő csapvízbe tettem főzni. Elektromos főzőlap segítségével 650 W-os teljesítményen főztem 30 percig. Már a 0. perctől kezdve mintát vettem és mértem a csicszeriborsó keménységét. A főzés minden 5. percében 20 darab csicszeriborsót kivettem a főzővízből és az Stable Micro System (SMS) precíziós penetrométer segítségével megmértem az állományát. Az így kapott eredmények átlagát és szórását ábrázoltam a diagrammokon.

3.8.1. SMS TA-XT.2 precíziós penetrométer

Egy termék keménységét mérhetjük közvetetten vagy közvetlen. A közvetlen eljárás során olyan fizikai tényezőt mérünk, mint amely például a nyomófeszültség vagy nyírófeszültség. A közvetett módszer a terményre ható külső behatásokból származó reakciók mérésén alapszik, például rezgésekből vagy hanghatásokból. A legelterjedtebb mérési módszer a termék keménységi vizsgálata során a nyomófeszültség alkalmazása. Ebben az esetben valamilyen fejjel ellátott mérő eszközt nyomunk a termékbe (Fekete et al., 2014).

A méréseimet a Méréstechnika és Automatizálás Tanszéken lévő SMS Micro System Ltd. (Godalming, Surrey, UK) XT-2A precíziós penetrométer készüléket használtam. A vágáshoz késes mérőfejet és alumínium alátámasztást használtam (9. ábra).

A mérőfej 0,1 mm/s sebességgel mozgott és a műszer a csicszeriborsó kettévágásához szükséges erőt rögzítette a deformáció függvényében. Az így kapott görbe elemzéséhez a készülék szoftverét használtam. A görbe paramétereinek közül az átvágáshoz szükséges maximális erőt (F_{max}

(N)), az első csúcshoz tartozó meredekséget (N/mm) és a teljes szétvágáshoz szükséges munkát (N*mm) használtam a csicsriborsó jellemzésére.



9. ábra: SMS Stable Micro System Precision Penetrometer (Saját fénykép)

3.9. Statisztikai elemzések

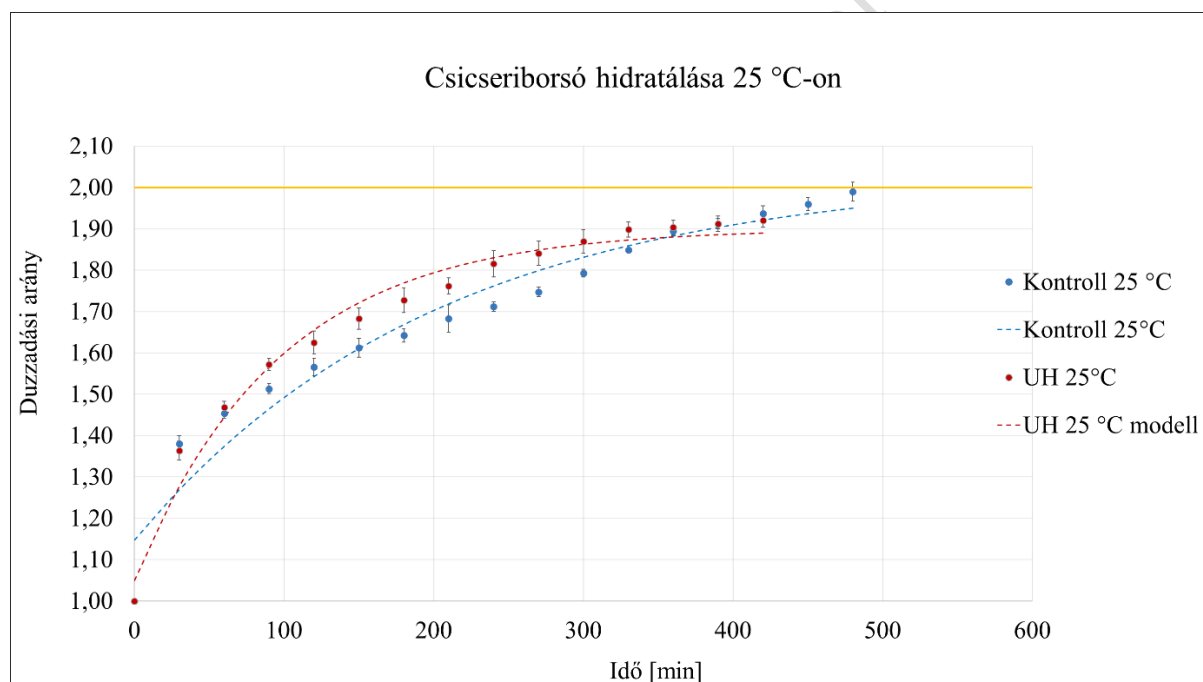
A mérések eredményét MS-Excel programmal elemeztem. Az exponenciális modellillesztést a Solver bővítmény segítségével végeztem el. Az SPSS for Windows ver. 14.0 statisztikai szoftverrel értékeltem a mérési adatokat. Az ANOVA statisztikai elemzést 95%-os szignifikanciaszinten ($\alpha = 0,05$) végeztem el.

4. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

4.1. Áztatási idő

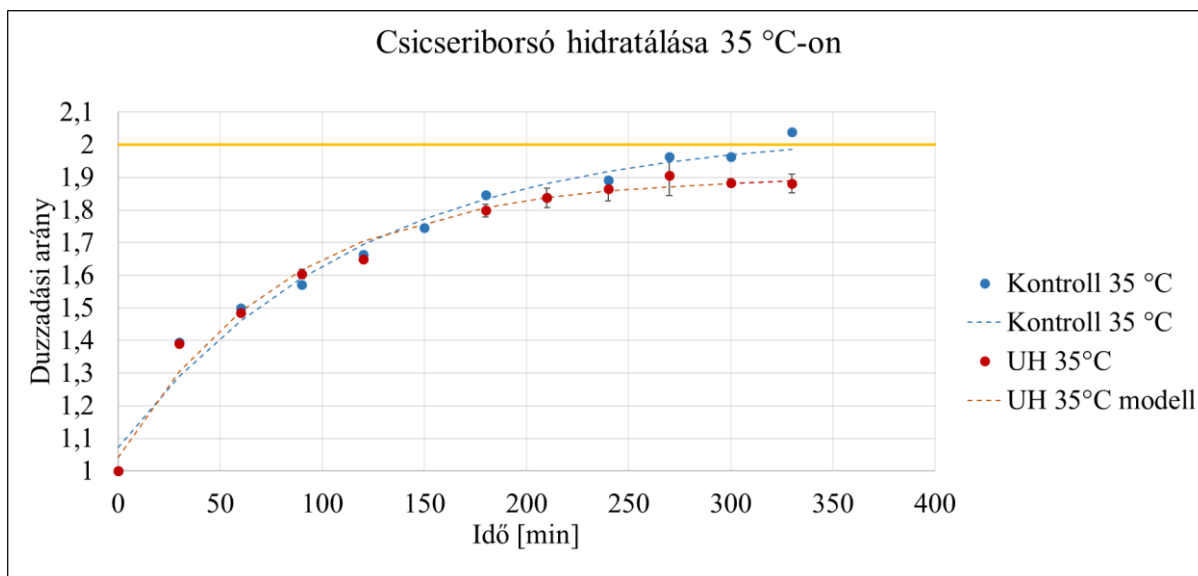
A különböző csoportok áztatás során mért duzzadási arányának időbeli változása a 10-12. ábrán látható. A duzzadási arány és idő összefüggésére exponenciális modellt illesztettem (1. egyenlet).

A 10. ábrán megfigyelhető, hogy a 25 °C-on, ultrahanggal kezelt és a kontroll száraz csicszeriborsók hidratálási folyamata kezdetben, az áztatása 60 percéig nem különbözött. Majd ezután a kezelt minták duzzadási aránya magasabb volt, mint a kontroll csoporté, tehát a folyamat gyorsabban játszódott le a kezelt minták esetében. Megfigyelhető, hogy a kezelt minták hidratálását leíró görbe nem éri el a 2,0-t, hanem csak a 1,9-es duzzadási arányt. A kezeletlen minták hidratációjához (2,0-s duzzadási arány) több, mint 480 percre volt szükség.



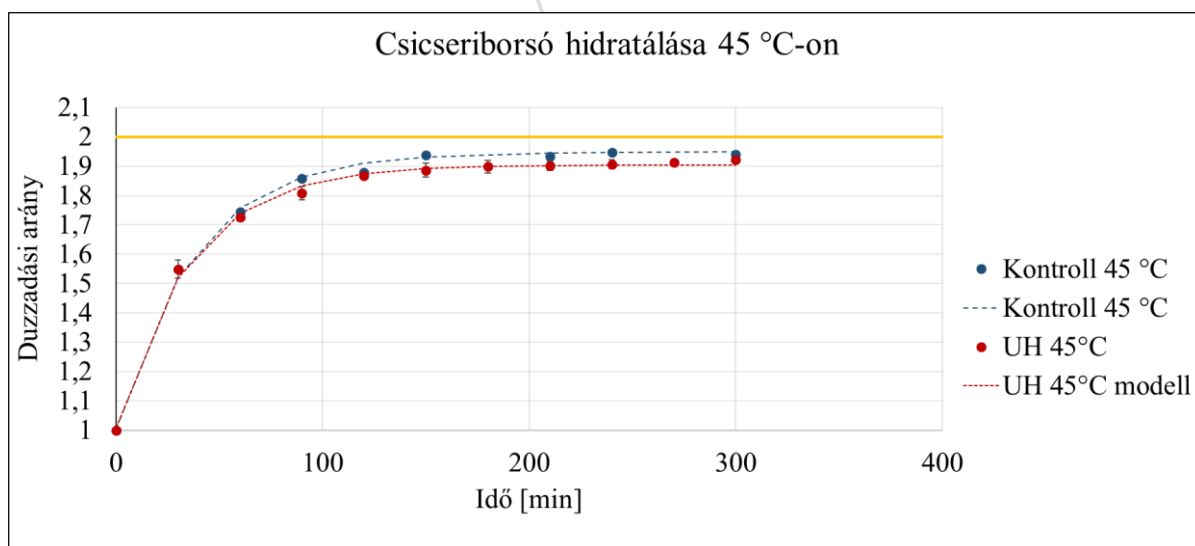
10. ábra: Csicszeriborsó hidratálási folyamata 25 °C-on

A 35 °C-os áztatás során (11. ábra) az ultrahanggal kezelt és a kontroll minta között nem figyelhető meg lényeges különbség a 180. percig. A kezelt minták hidratálását leíró görbe ennél a hőmérsékletnél sem éri el a 2,0-t, hanem csak a 1,9-es duzzadási arányt. A 240. perctől kezdve a kontroll minta duzzadási aránya magasabb volt. A kontroll minta az ideális 2,0-es duzzadási arányt 330. percre érte el.



11. ábra: Csicszeriborsó hidratálási folyamata 35 °C-on

A 45 °C-os hőmérséklet esetében (12.ábra) is hasonló módon kezdett el a két féle minta hidratálódni, nincs különbség a duzzadásuk között az első 60 percben. Itt is megfigyelhető, hogy a kontroll minta duzzadási arányának átlaga magasabb, mint az ultrahanggal kezelt minta átlaga. 45°C-on történt áztatás során megfigyelhető, hogy már a kontroll minta sem éri a 2,0-es értéket csak az 1,97-ot. Az ábráról megfigyelhető, hogy a két csoport hidratálásának dinamikája nagyon hasonló.



12. ábra: Csicszeriborsó hidratálása 45 °C-on

Megállapítható, hogy a hőmérsékletnek jelentős hatása van az áztatásra. A fenti ábrákon bemutatott görbék dinamikáját megvizsgálva egyértelműen látható, hogy minél magasabb a kezelési hőmérséklet, annál gyorsabb a nyersanyag hidratációja mind a kezeletlen, mind a kezelt csoportok esetében. Megfigyelhető, hogy az ultrahanggal segített áztatási folyamat

esetén a duzzadási arány a folyamat végén alacsonyabb volt azonos kezelési hőmérsékleten a kontrollcsoportok értékeihez viszonyítva. A 25 és 35 °C-os kontrollcsoportok esetében a duzzadási arány elérte a 2,0-es értéket, de a 45 °C-os kontrollcsoportnál ez az érték alatta volt. Az ultrahanggal kezelt csoport esetében az áztatási időszak alatt a duzzadási arány 1,90 körül volt az összes alkalmazott hőmérséklet esetében. Ez a hatás az ultrahangnak köszönhető, mivel a kezelés hatására a fehérjék térszerkezete megváltozik, ezáltal kevesebb vizet képes felvenni (Clift és et al., 2017).

A 10-12. ábrákon megfigyelhető, hogy az azonos hőmérsékleten mért kezelt és kezeletlen csoportok közötti különbség a hőmérséklet növekedésével egyre kisebb lett. Ez a megfigyelés összhangban van Miano et al. (2018) megállapításával, miszerint minél magasabb a kezelési hőmérséklet, annál kisebb az ultrahangos kezelés hatása (Miano et al., 2018).

Az illesztett exponenciális modell időállandója (τ) az ultrahangos kezeléssel és a magasabb hőmérséklettel csökkent (1. táblázat). Minél magasabb a hőmérséklet az áztatás során, annál alacsonyabb az időállandó, ami a hidratálási folyamat gyorsulását mutatja. Az ultrahang alkalmazása még alacsonyabb tau (τ) értéket eredményez, ami azt jelenti, hogy a hidratációs folyamat gyorsabbá válik.

1. táblázat: A hidratációs folyamatra illesztett exponenciális egyenlet időállandó (τ) értékei

Hőmérséklet [°C]	τ kontroll [min]	τ UH [min]
25	169.02±10.63	101.14±6.47
35	118.06±3.27	81.99±2.53
45	54.18±0.72	35.32±2.24

4.2. Színmérés

Az áztatóvíz színe is jelentősen megváltozott a különböző hőmérsékleteken történt áztatás során (2.-4. táblázat). Jól látható, hogy minél magasabb hőmérsékleten kezelt a mintákat, annál sötétebb színű áztatólevet kaptam. Ezt mutatja a magasabb hőmérsékletű áztatási folyamat végén a jelentősen alacsonyabb, világossági tényező (L^*) érték. Az ANOVA-teszt eredményei alapján elmondható, hogy az ultrahanggal kezelt minták színe szignifikánsan különbözött a kontroll mintákhoz képest ($F(5;12) = 207,86; p < 0,001$). Ez is bizonyíthatja az ultrahang roncsoló hatását, ami arra utal, hogy az áztatási folyamat végére több összetevő oldódik ki a nyersanyagból.

A b^* értéke minél nagyobb, annál sárgásabb színt jelöl, ezáltal megfigyelhető, hogy az ultrahanggal kezelt 25-35 °C-os hőmérsékleten hidratált minták esetében a b^* érték nagyobb,

mint kétszer akkora volt, mint a kontroll mintáknál mért érték. A legmagasabb értéket a 45 °C-on, ultrahanggal kezelt minta érte el.

2. táblázat: 25 °C-os hőmérsékleten kezelt minták színkoordinátái

25 °C			
	L*	a*	b*
Kontroll	91,14 ± 1,13	-0,80 ± 0,06	10,41 ± 1,21
Ultrahanggal kezelt	51,36 ± 0,58	2,34 ± 0,1	25,82 ± 1,15

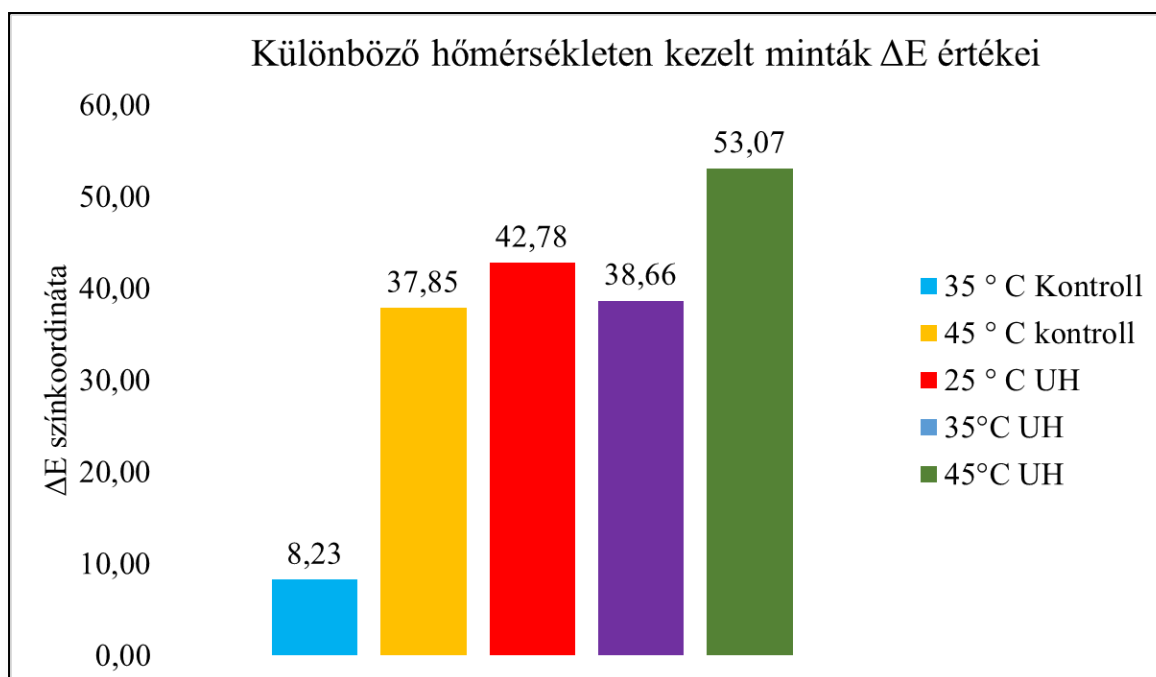
3. táblázat: 35 °C-os hőmérsékleten kezelt minták színkoordinátái

35 °C			
	L*	a*	b*
Kontroll	83,36 ± 3,91	0,42 ± 0,24	12,69 ± 0,3
Ultrahanggal kezelt	56,87 ± 1,36	1,75 ± 0,29	28,07 ± 1,21

4. táblázat: 45 °C-os hőmérsékleten kezelt minták színkoordinátái

45 °C			
	L*	a*	b*
Kontroll	57,59 ± 2,93	2,50 ± 0,19	27,50 ± 0,94
Ultrahanggal kezelt	44,34 ± 1,72	4,12 ± 0,39	34,92 ± 1,13

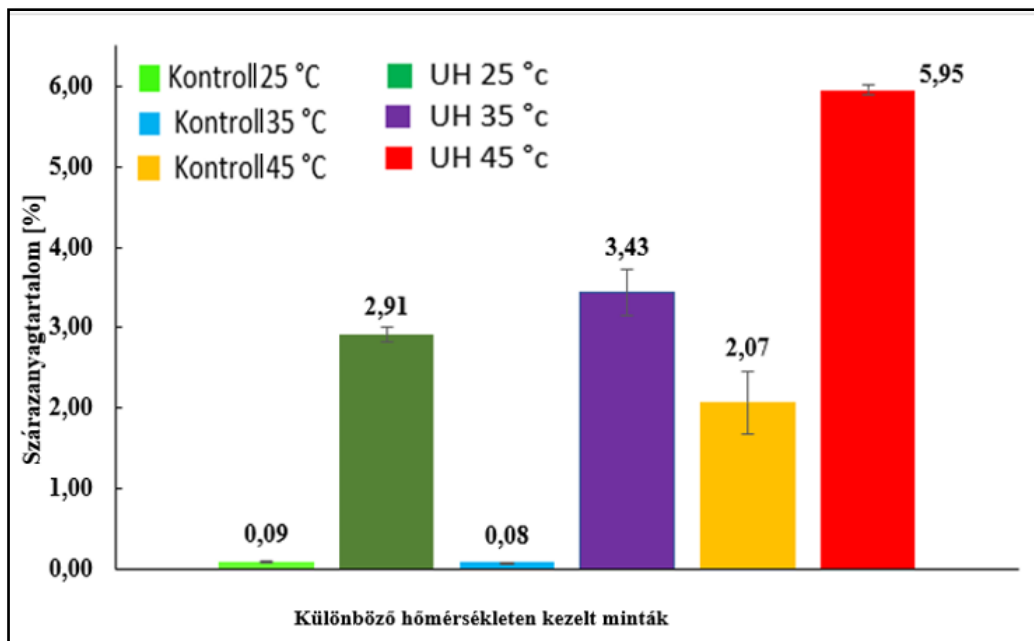
A kapott áztatóvizek színparamétereiből a 25 °C-on áztatott kontroll minták színéhez viszonyítva kiszámoltam a ΔE értékeket. Megfigyelhető (13. ábra), hogy a legkisebb ΔE értéket a 35°C-on áztatott kontroll minták esetében kaptam, de ez is magasabb, mint 2,3 (több, mint 8), tehát szemmel látható különbség található a kontroll 25°C-on áztatott minta színéhez képest. A 13. ábra jól szemlélteti, hogy a magasabb hőmérsékleten kezelt minták ΔE értékei egyre magasabbak a kontroll csoport esetében. Az ultrahanggal kezelt minták esetében már a 25°C-on történő áztatással magasabb ΔE értéket kaptam, mint a kontroll 45°C-os csoport esetében. Ez további bizonyíték arra, hogy az áztatás során ugyanannyi idő alatt, a hőmérséklet és az ultrahang hatására több vízoldható komponens került az áztatóvízbe.



13. ábra: Az egyes csoportok ΔE értékei a 25°C-on áztatott kontroll mintákhoz viszonyítva

4.3. Szárazanyag tartalom

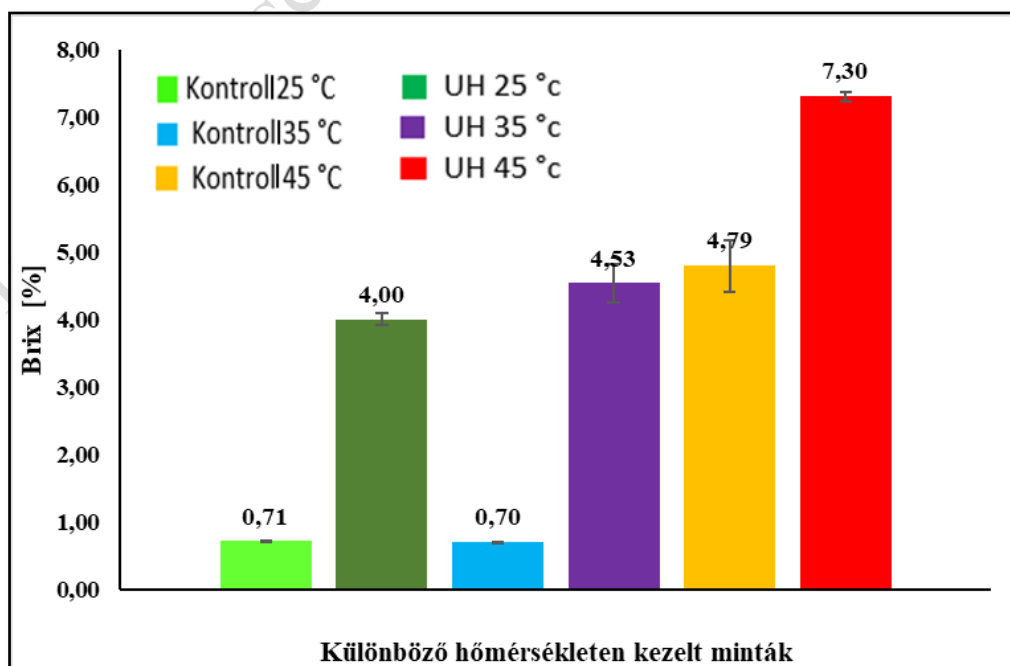
A különböző minták áztatóvizének vizsgálatával következtetéseket tudunk levonni az áztatási folyamatokról. A minták között szignifikáns különbség volt megfigyelhető (14. ábra). Az eredmények azt mutatták, hogy az ultrahanggal kezelt csoportban az átlagos szárazanyag-tartalom minden alkalmazott hőmérséklet tekintetében magasabb volt a kontroll mintához képest. A kontroll minták esetében a 25 és 35 °C-os csoportokban nagyon alacsony volt az átlagos szárazanyag-tartalom. Csak a 45 °C-os csoport mutatott magasabb (2,07 %) értéket. Viszont a 45 °C-on áztatott kontroll csoport szárazanyag-tartalma is alacsonyabb volt (2,07 %), mint a 25 °C-on ultrahanggal kezelt mintáké (2,91%). A kezelt minták átlagos szárazanyag-tartalma a hőmérséklet növekedésével nőtt. Az ultrahanggal segített áztatás pozitív hatással volt az áztatási folyamat idejének lerövidítésére, de ezzel együtt megfigyelhető, hogy az áztatóvízbe több vízoldható anyag került a csicseriborsóból, mint a kontroll mérésnél.



14. ábra: Különböző hőmérsékleten kezelt minták szárazanyagtartalma

4.4. Brix

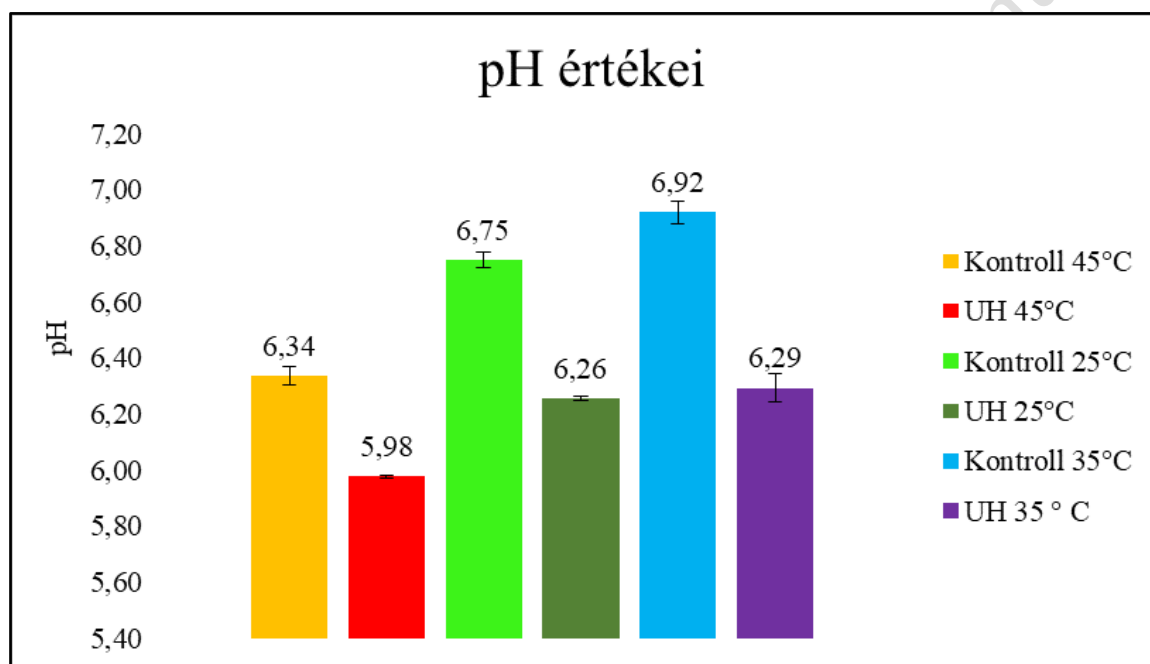
Az átlagos szárazanyag-tartalom változásához hasonlóan az áztatóvíz Brix-értéke is nőtt az ultrahangos kezelés során (15. ábra). Sem a kontroll mérésnél, sem pedig az ultrahangos kezelésben nem mutatkozik szignifikáns különbség 25 és 35 °C között. Szignifikáns különbség figyelhető meg azonban 45 °C-on. A Brix-érték ebből adódó növekedése is megerősítheti az ultrahangos kezelés (romboló) hatását. Ez tovább erősíti a feltételezésünket, hogy az ultrahangos kezelés növeli a szárazanyag komponenseinek kiáramlását az áztatóvízbe.



15. ábra: BRIX° értékek a különböző csoportok esetében

4.5. pH

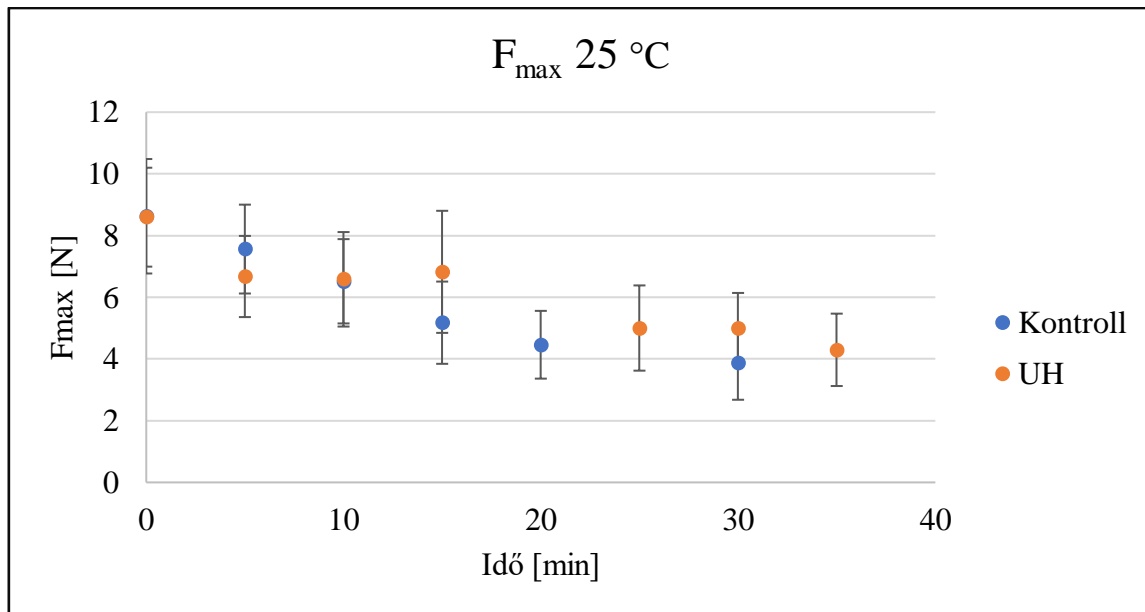
A pH érték az ultrahanggal kezelt minták és a kontroll minták esetében mindegyik mérésnél lényeges eltérést mutat. Érdekes megfigyelni az alábbi (16. ábra) diagrammon, hogy a pH-értékek az ultrahangos kezelés alkalmazásával szignifikánsan csökkentek ($p < 0,001$). A hőmérséklet növelésével a pH értékek a kontroll minták esetében növekedést mutattak. A kezelt minták esetében viszont a 35 és 45 °C-on kezelt minták között már nem volt szignifikáns különbség.



16. ábra: Különböző hőmérsékleten kezelt minták átlagos pH értékei

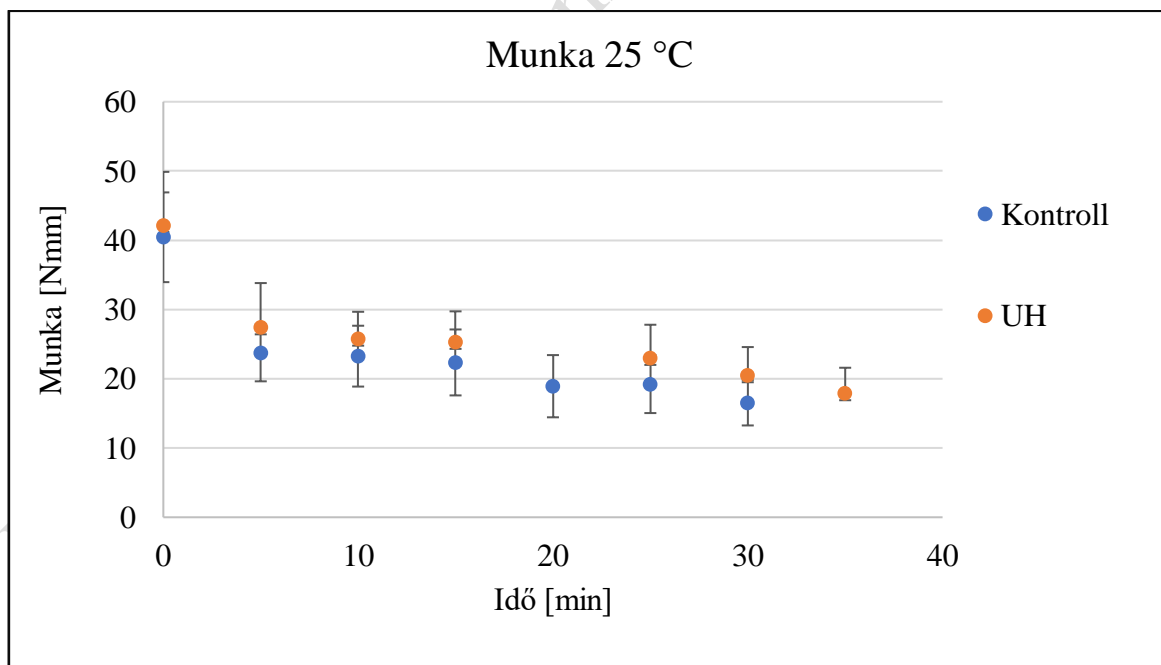
4.6. Keménységmérési módszer SMS mérések

A 17-25. ábrán a csicszeriborsó reológiai tulajdonságai láthatók a főzés során.



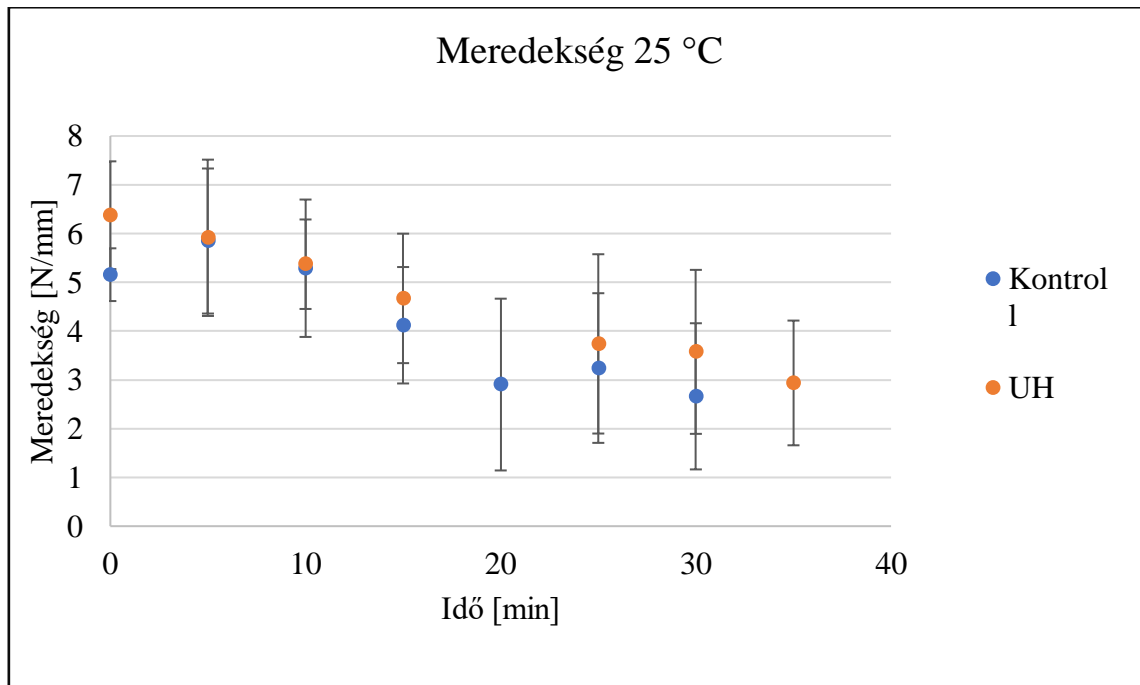
17. ábra: Csicszeriborsó kettévágásához szükséges maximális erő (F_{max}) értékei 25 °C-os kezelést követően

A 17. ábrán látható, hogy a 25 °C-os kezelést követően a csicszeriborsó 0. percben mért keménysége hasonló volt mind az ultrahanggal kezelt, mind a kontroll minta esetében. Az F_{max} érték kontroll minta esetében 8,6 N, míg az ultrahanggal kezelt csoport esetében 8,59 N volt.



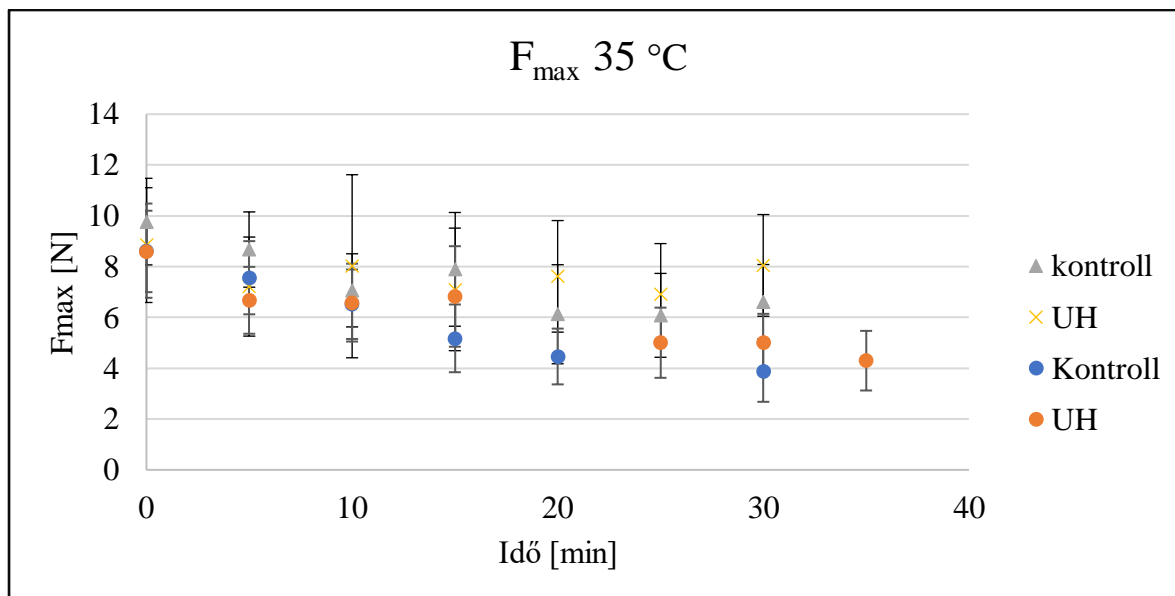
18. ábra: A csicszeriborsó kettévágásához szükséges munka, 25 °C-os kezelést követően

A 18 ábra segítségével megfigyelhetjük, hogy mekkora munka szükséges ahhoz, hogy a csicsseriborsót átvágja a penetrométer. A 0. percben a kontroll minta átvágásához átlagosan 40,43 N*mm volt szükséges, míg az ultrahanggal kezelt minta esetében ez az érték 42,18 N*mm volt.



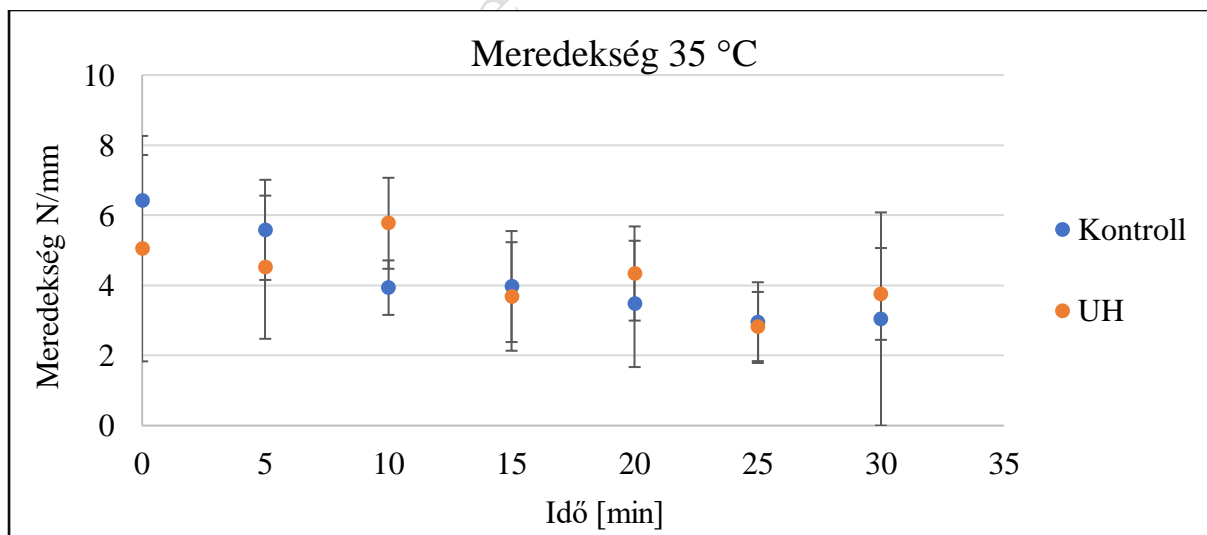
19. ábra: Csicsseriborsó merekség gradiense 25 °C-os kezelést követően

A 0. percben, tehát az áztatás után, az erő-deformáció görbe 5,15 N/mm-es merekség értéke az mutatta, hogy a csicsseriborsó még kemény, nehezebben deformálható, ez adja a magasabb merekség értéket. Az ultrahanggal kezelt csicsseriborsó esetében ez az érték 6,37 N/mm volt.



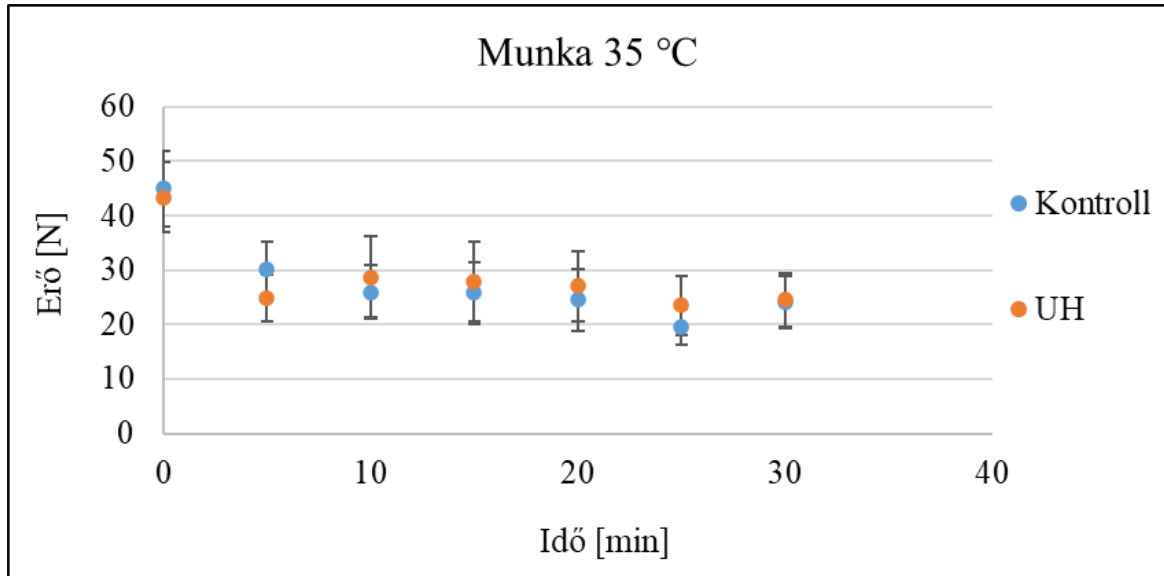
20. ábra: Csicszeriborsó kettévágásához szükséges maximális erő (F_{max}) értékei 35 °C-os kezelést követően

A 17. ábrán látható a csicszeriborsó kettévágásához szükséges maximális erő értéke 35 °C-os áztatást követően. Leolvasható, hogy a 0. percben a borsó keménysége a kontroll minta esetében 9,77 N volt, míg az ultrahanggal kezelt borsó esetében 8,84 N erőre volt szükség a csicszeriborsó átvágásához.



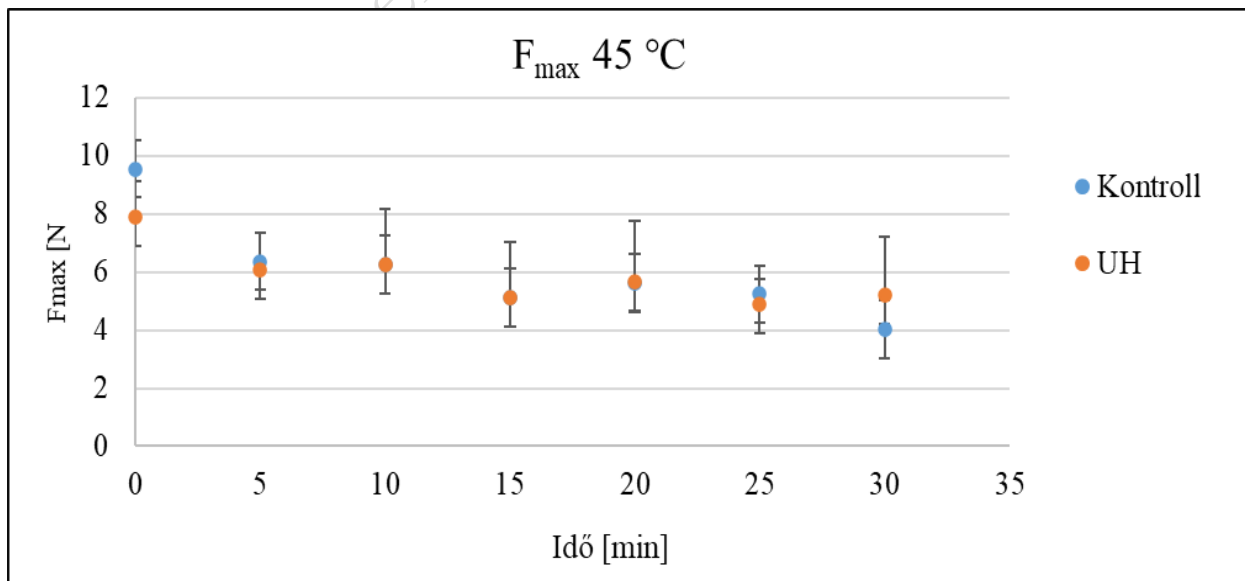
21. ábra: Csicszeriborsó mereksége 35 °C-os kezelést követően

A 35 °C-os kezelést követően a kontroll minta 0. percben mért mereedsége az erő-deformáció görbén 6,42 N/mm volt, az ultrahanggal kezelt borsóé pedig 5,05 N/mm. Ahogy tovább hőkezeltük a csicseriborsót úgy egyre csökkent mindkét mintánál hasonló dinamikával ez az érték.



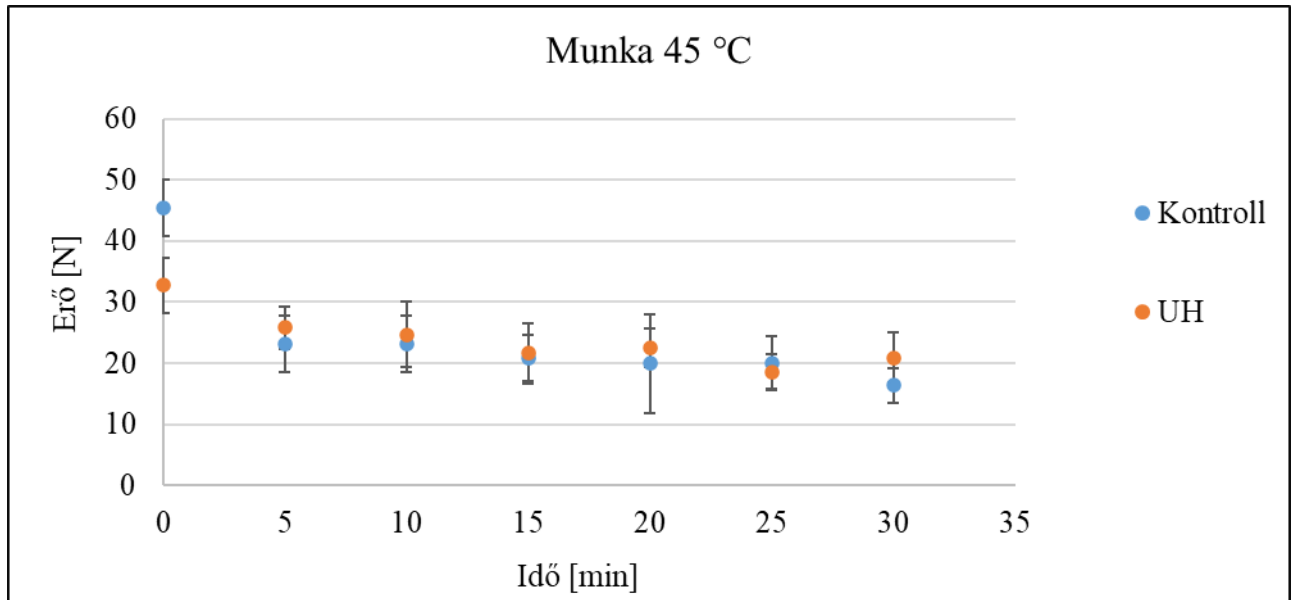
22. ábra: A csicseriborsó kettévágásához szükséges munka, 35 °C-os kezelést követően

A csicseriborsó kettévágásához szükséges munka 35 °C-os kezelést követően a kontroll minta esetében 44,97 N*mm, míg az ultrahanggal kezelt minta esetében 43,38 N*mm volt átlagosan.



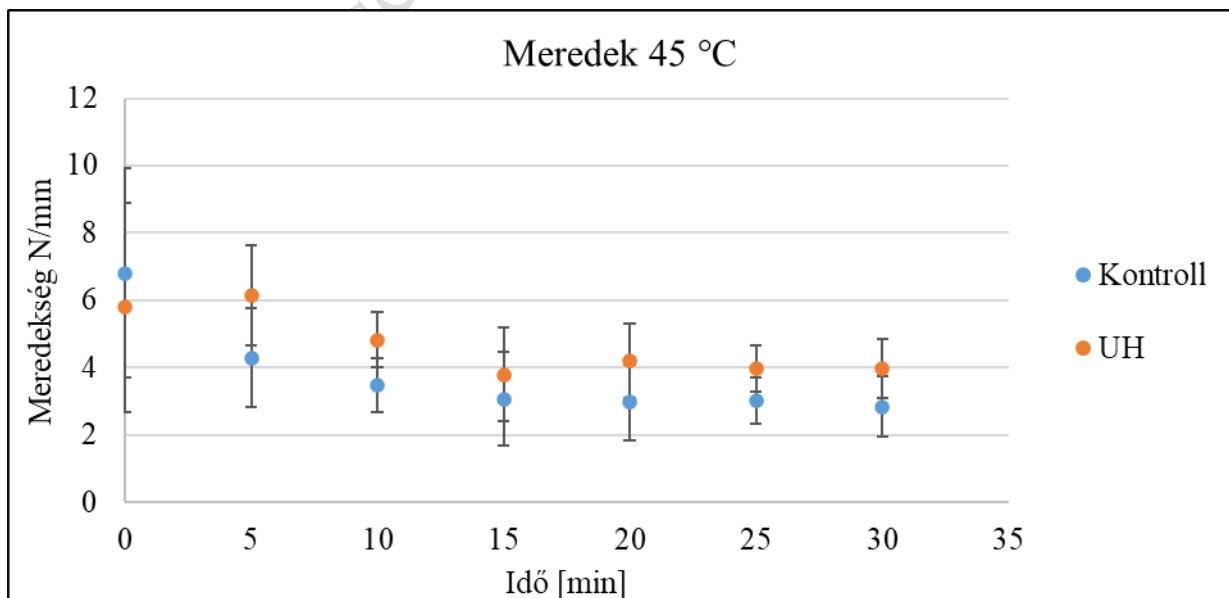
23. ábra: Csicseriborsó kettévágásához szükséges maximális erő (F_{max}) értékei 45 °C-os kezelést követően

A 45 °C-os kezelést követően a 0. percben a kontroll minták szétvágásához (F_{max}) 9,56 N-ra volt szükség, az ultrahanggal kezelt borsó esetében pedig 7,91 N erő kellett a maximális erő kifejtéséhez átlagosan.



24. ábra: Csicseriborsó munkaszükséglete 45 °C-os kezelést követően

A csicseriborsó kettévágásához szükséges munka 45 °C-os kezelést követően a 0. percben már nagyobb különbséget mutatott az alacsonyabb hőmérsékleten áztatott csicseriborsókhoz szükséges átvágási erőhöz képest. A kontroll minta esetében a munka 45,37 N*mm, az ultrahanggal kezelt csicseriborsó esetében már csak 32,75 N*mm volt.



25. ábra: Csicseriborsó meredeksége 45 °C-os kezelést követően

A 45 °C-os kezelést követően a kontroll minta esetében az erő-deformáció görbe meredeksége a 0. percben 6,81 N/mm, míg az ultrahanggal kezelt mintáé 5,79 N/mm volt.

Az ábrák alapján elmondható, hogy az egyes csoportok szórása elég nagy volt. Az egyik vizsgált paraméter esetében sem találtam különbséget az ultrahanggal kezelt és a kezeletlen minták reológiai tulajdonságiban a főzés során. A különböző hőmérsékleten áztatott csoportok sem különböztek egymástól. A pontosabb eredmény elérése érdekében javaslom a mérés több mintával való megismétlését.

Madácsi Csenge Anna - Diplomamunka

5. TOVÁBBI FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK

A dolgozatomban vizsgált csicseriborsó áztatási folyamatának megismerése segítheti az ipari termelés gazdaságosabbá tételét. Az ultrahangos technológiával egy új, korszerű és megbízható technológiai eljárás alakítható ki. Amiatt szükséges az áztatási folyamatokon gondolkodni, mivel ez a legidőigényesebb folyamata a száraz hüvelyes termények konzervgyártásának. Az idő igénye mellett, az áztatás során ivóvíz minőségű vizet használnak fel, majd hulladékként kezelve nem használják fel már másra. Az ivóvíznek és a szennyvízkezelésnek is magas anyagi vonzata van. A magasabb hőmérsékleten és ultrahanggal kezelt csicseriborsó áztató levén szemmel is jól látható volt, hogy sötétebb, sűrűbb folyadékot eredményezett az eljárás. Érdeemes további vizsgálatokat végezni az áztatóvíz kémiai tulajdonságait illetően is, hiszen az ultrahanggal kezelt termékek esetében az antioxidáns tartalom, ezen belül is a polifenol tartalom előreláthatóan magasabb mennyiségben van jelen, mint a hagyományos eljárással kezelt csicseriborsó áztatóvizének esetében. Emellett fontos szerepet töltenek be az antinutritív anyagok is, hiszen azok lecsökkentése is a cél az áztatás során. Ezen anyagok jelenlétét is érdemes összehasonlítani az ultrahangos kezelést követően az eddig alkalmazott áztatás eljárás során áztatóvízben maradó antinutriens tartalommal.

Ahogy az irodalmi áttekintő fejezetben is említettem, vannak már olyan élelmiszerek, amelyekhez használnak csicseriborsó levét. Számos olyan technológiai funkcióval rendelkezik az áztatóvíz, amit kedvezően fel lehetne használni bizonyos élelmiszeripari vagy takarmányozási termékhez. A további felhasználhatóságát tekintve számolni kell azzal a tulajdonságával is, hogy a csicseriborsónak, épp úgy, mint a hüvelyes terményeknek különleges illattal és ízzel rendelkezik. Ennek érdekében olyan termékekhez lehetne felhasználni, ami erőteljes, ízzel rendelkezik. Emellett számolni kell az áztató lé erős habzási tulajdonságaival. Elképzeléseim szerint jó kiindulási alapanyagként lehetne felhasználni valamilyen funkcionális ital gyártására. A piacon már van rá példa, hogy növényi tejként forgalmazzák, ám a jellegzetes íze miatt mindenképp valamilyen ízesítő anyaggal egészíteném ki, illetve fehérje hozzáadásával képzelem el a terméket. Ezáltal egy magas fehérjetartalommal rendelkező funkcionális italt hozva létre. Fontos a termék kényelmi szerepe is, mivel ez meghatározó szempont a termékek választásakor.

Gazdaságilag megéri megfontolni az újra hasznosítását az áztató lének, hiszen rengeteg olyan anyagot tartalmaz, ami a csicseriborsóból ázik ki, és még alkalmas lenne a felhasználásra.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A vizsgálat során a csicseriborsó duzzadási arányát és az időt összefüggésbe hoztam, és az eredményeket exponenciális modell segítségével elemeztem.

A 25 °C-on az ultrahanggal kezelt és a kontroll csicseriborsók hidratálódása a 60. perc után az ultrahanggal kezelt minták duzzadási aránya magasabb volt, és gyorsabban megtörtént a hidratálódás. Az ultrahanggal kezelt minták duzzadási aránya nem érte el a 2,0-t, míg a kontroll mintákhoz több mint 480 perc volt szükséges. 35 °C-os hidratálás során az ultrahanggal kezelt és a kontroll minta között nincs jelentősen nagy különbség az első 180 percig. A kezelt minták duzzadási aránya nem érte el a 2,0-t, illetve a 240. perctől kezdve a kontroll minta duzzadási aránya magasabb volt. 45 °C-a hidratálás dinamikája nagyon hasonló a két csoport között. Megfigyelhető, hogy már a kontroll minta sem éri a 2,0-es értéket csak az 1,97-et.

Megállapítható, hogy a hőmérséklet szignifikáns hatással van az áztatás folyamatára. Magasabb hőmérsékleten a hidratálódási folyamat a kezelt, és a kezeletlen minták esetében gyorsabban ment végbe. Az ultrahanggal kezelt minták esetében a duzzadási arány azonos hőmérsékleten alacsonyabb volt a kontrollcsoportokéhoz képest. Azzal magyarázható, hogy az ultrahang hatására a fehérjék térszerkezete megváltozott, és kevesebb vizet képesek felvenni. Az ábrákon látható, hogy az azonos hőmérsékleten mért kezelt és kezeletlen csoportok közötti különbség a hőmérséklet emelkedésével egyre kisebb lett. Ez megerősíti azt az elképzelést, hogy minél magasabb a kezelési hőmérséklet, annál kisebb az ultrahangos kezelés hatása. Az illesztett exponenciális modell időállandója (τ) az ultrahangos kezeléssel és magasabb hőmérséklettel csökkent. Minél magasabb a hőmérséklet, annál alacsonyabb az időállandó, ami a hidratálási folyamat gyorsulását mutatja. Az ultrahang alkalmazása még tovább csökkentette τ értékét, ami azt jelenti, hogy a hidratálás még gyorsabbá vált. Az eredmények alátámasztják, hogy az ultrahangos kezelés és a magasabb hőmérséklet hatékonyan felgyorsítja a hidratálási folyamatot a csicseriborsó esetében.

A vizsgálatok eredményei egyértelműen mutatják, hogy minél magasabb hőmérsékleten kezelték a mintákat, annál sötétebb színű áztatóleve van a csicseriborsónak. Ezt alátámasztja a magasabb hőmérsékleten mért áztatási folyamat során mért alacsonyabb világossági tényező (L^*) érték. Az ANOVA-teszt eredményei, miszerint az ultrahanggal kezelt minták színe jelentősen különbözik a kontroll mintáktól. A b^* érték emelkedése azt mutatja, hogy az ultrahangos kezelt minták sárgásabbak voltak, különösen 25-35 °C-on, és a hatás a 45 °C-os mintákban volt a legkiemelkedőbb. Ez további bizonyíték arra, hogy az ultrahang hatékonyabban segíti elő a komponensek kinyerését a hidratálódó csicseriborsóból. A ΔE

értékek a színparaméterek alapján azt mutatják, hogy az ultrahanggal kezelt minták esetében már a 25°C-os áztatás is jelentősen eltér a kontroll 45°C-os mintáktól, ezzel indikálva, hogy az ultrahang és a hőmérséklet hatására több vízoldható komponens került ki az áztatóvízből, függetlenül az áztatás idejétől.

Száranyag tekintetében az ultrahanggal kezelt minták magasabb átlagos szárazanyagtartalmat mutattak minden hőmérsékleten a kontroll mintákhoz képest. Emellett a kezelt minták átlagos szárazanyag-tartalma a hőmérséklet növekedésével emelkedett, és az ultrahang hatására az áztatóvízbe több szárazanyag került a csicsriborsóból.

Az ultrahangos kezelés hatására az áztatóvíz Brix-értéke nőtt, különbség csak 45 °C-on volt szignifikáns

Az ultrahangos kezelés hatására a pH-értékek szignifikánsan csökkentek az összes mérésnél, míg a kontroll mintáknál a hőmérséklet növekedésével a pH-értékek nőttek, bár a 35 és 45 °C-os kezelt minták között már nem mutatkozott szignifikáns különbség.

A 25 °C-os kezelés után a csicsriborsó F_{max} értékek között nem volt jelentős különbség a két csoport között. Az áztatás után a csicsriborsók erő-deformáció görbéje eltérő meredekséget mutatott. Az ultrahanggal kezelt minta könnyebben deformálódott, amelyet a magasabb meredekség érték is alátámasztott. A 35 °C-os kezelést követően is látható volt, hogy az ultrahanggal kezelt csicsriborsó kevésbé volt kemény, és kevesebb erőre volt szükség a kettévágásához, mint a kontroll minta esetében.

A 45 °C-os kezelést követően a két csoport között jelentős különbség mutatkozott az átvágáshoz szükséges erő és a deformációs görbe meredeksége terén. Az eredmények alapján nem találtak számottevő különbségeket az ultrahanggal kezelt és a kezeletlen minták között, emiatt több minta mérése ajánlott a pontosabb eredmények eléréséhez.

Összefoglalva, a tanulmány megerősíti, hogy az ultrahangos kezelés pénzügyileg is előnyös lehet a csicsriborsók feldolgozása során az áztatási idő csökkentése miatt. Azonban fontos figyelembe venni ennek a kezelésnek a következményeit, például a szerkezet változását és a komponensek megnövekedett oldódását az áztatóvízbe. Megerősítésül szolgál, hogy érdemes alternatív felhasználási lehetőségeket is megfontolni az áztatóvízre vonatkozóan, mivel az ultrahangos kezelés során kinyert értékes összetevőket tartalmazhat.

A kinyert áztatóvizet további felhasználási célokra lehetne alkalmazni, például élelmiszeripari termékekhez vagy akár takarmány előállításához. Ezzel nemcsak a feldolgozás hatékonyságát növelhetjük, hanem a hulladékkezelés szempontjából is fenntarthatóbb megoldást eredményezhet.

Ezen kívül a kutatás eredmények rámutatnak az élelmiszeripar és az agráripar számára egyaránt fontos kérdésekre, és lehetőséget teremtenek további kutatásokra az ultrahangos technológiák alkalmazásának és az áztatóvíz felhasználásának optimalizálásával kapcsolatban. Az ilyen további vizsgálatok hozzájárulhatnak az élelmiszeripar fenntarthatóságához és hatékonyságához, valamint a fejlett mezőgazdasági termeléshez.

Madácsi Csenge Anna - Diplomamunka

HIVATKOZÁS

- Aguilera, Y., Esteban, R. M., Benítez, V., Mollá, E., & Martín-Cabrejas, M. A. (2009). Starch, functional properties, and microstructural characteristics in chickpea and lentil as affected by thermal processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(22), 10682–10688. <https://doi.org/10.1021/jf902042r>
- Arzeni, C., Martínez, K., Zema, P., Arias, A., Pérez, O. E., & Pilosof, A. M. R. (2012). Comparative study of high intensity ultrasound effects on food proteins functionality. *Journal of Food Engineering*, 108(3), 463–472. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.08.018>
- Clift, D., McEwan, W. A., Labzin, L. I., Konieczny, V., Mogessie, B., James, L. C., & Schuh, M. (2017). A Method for the Acute and Rapid Degradation of Endogenous Proteins. *Cell*, 171(7), 1692–1706.e18. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2017.10.033>
- Daglia, M. (2012). Polyphenols as antimicrobial agents. *Current Opinion in Biotechnology*, 23(2), 174–181. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2011.08.007>
- Danek-Majewska, A., Kwiecień, M., Winiarska-Mieczan, A., Haliniarz, M., & Bielak, A. (2021). Raw Chickpea (*Cicer arietinum* L.) as a Substitute of Soybean Meal in Compound Feed for Broiler Chickens: Effects on Growth Performance, Lipid Metabolism, Fatty Acid Profile, Antioxidant Status, and Dietary Value of Muscles. *Animals*, 11(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/ani11123367>
- Das, G., Sharma, A., & Sarkar, P. K. (2022). Conventional and emerging processing techniques for the post-harvest reduction of antinutrients in edible legumes. *Applied Food Research*, 2(1), 100112. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100112>
- Dr. Fekete, Róbert Tamás Dr. Antal, Ákos Dr. Tamás, Péter Décsi-Paróczy, Annamária. (2014.). 2. Fejezet—A háromdimenziós technikák optikai és interferometriai háttere. Elérés 2023. október 11., forrás https://mogi.bme.hu/TAMOP/3d_megjelenitesi_technikak/ch02.html#image_II_12
- Faridy, J.-C. M., Stephanie, C.-G. M., Gabriela, M.-M. O., & Cristian, J.-M. (2020). Biological Activities of Chickpea in Human Health (*Cicer arietinum* L.). A Review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 75(2), 142–153. <https://doi.org/10.1007/s11130-020-00814-2>
- Gallo, M., Ferrara, L., & Naviglio, D. (2018). Application of Ultrasound in Food Science and Technology: A Perspective. *Foods*, 7(10), 164. <https://doi.org/10.3390/foods7100164>

- Gharibzahedi, S. M. T., & Smith, B. (2020). The functional modification of legume proteins by ultrasonication: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 98, 107–116. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.002>
- Han, L., Huang, J., Yu, Y., Thakur, K., Wei, Z., Xiao, L., & Yang, X. (2023). The alterations in granule, shell, blocklets, and molecular structure of pea starch induced by ultrasound. *International Journal of Biological Macromolecules*, 240, 124319. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124319>
- Hendek Ertop, M., & Bektaş, M. (2018). ENHANCEMENT OF BIOAVAILABLE MICRONUTRIENTS AND REDUCTION OF ANTINUTRIENTS IN FOODS WITH SOME PROCESSES. *Food and Health*, 159–165. <https://doi.org/10.3153/FH18016>
- Hu, J., Li, X., Zhu, J., Ning, X., Wan, Q., & Lin, C. (2023). Effect of cavitation on fluid-structure interaction of a cantilever hydrofoil. *Ocean Engineering*, 288, 116025. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.116025>
- Jukanti, A. K., Gaur, P. M., Gowda, C. L. L., & Chibbar, R. N. (2012a). Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): A review. *British Journal of Nutrition*, 108(S1), S11–S26. <https://doi.org/10.1017/S0007114512000797>
- Kaur, R., & Prasad, K. (2021). Technological, processing and nutritional aspects of chickpea (*Cicer arietinum*)—A review. *Trends in Food Science & Technology*, 109, 448–463. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.044>
- Kilicli, M., & Toker, O. S. (2022). Some physicochemical and technological properties of cooking water of pulses as a canned industry waste: Effect of ultrasound treatment during soaking. *International Journal of Food Engineering*, 18(2), 105–118. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2021-0245>
- Leighton, T. G. (2007). What is ultrasound? *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 93(1), 3–83. <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2006.07.026>
- Leterme, P. (2002). Recommendations by health organizations for pulse consumption. *British Journal of Nutrition*, 88(S3), 239–242. <https://doi.org/10.1079/BJN2002712>
- Lucas, L., & Fuller, D. Q. (2014). Chickpea: Origins and Development. In C. Smith (Szerk.), *Encyclopedia of Global Archaeology* (o. 1384–1387). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0465-2_2324
- Martín-Cabrejas, M. A., Aguilera, Y., Benítez, V., Molla, E., López-Andréu, F. J., & Esteban, R. M. (2006). Effect of industrial dehydration on the soluble carbohydrates and dietary fiber fractions in legumes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(20), 7652–7657. <https://doi.org/10.1021/jf061513d>

- Mason, T. J., Chemat, F., & Ashokkumar, M. (2015). Power ultrasonics for food processing. In J. A. Gallego-Juárez & K. F. Graff (Szerk.), *Power Ultrasonics: Applications of High-Intensity Ultrasound* (o. 815–843). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-028-6.00027-2>
- Miano, A. C., Sabadoti, V. D., & Augusto, P. E. D. (2018). Enhancing the hydration process of common beans by ultrasound and high temperatures: Impact on cooking and thermodynamic properties. *Journal of Food Engineering*, 225, 53–61. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.01.015>
- Mokrzycki, W., & Tatol, M. (2011). Color difference Delta E - A survey. *Machine Graphics and Vision*, 20, 383–411.
- O'Brien, W. D. (2007). Ultrasound–biophysics mechanisms. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 93(1), 212–255. <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2006.07.010>
- Paniwnyk, L. (2017). Applications of ultrasound in processing of liquid foods: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 38, 794–806. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.12.025>
- Raza, H., Zaaboul, F., Shoaib, M., & Zhang, L. (2019). *An Overview of Physicochemical Composition and Methods used for Chickpeas Processing*. 7(5).
- Rehm, C. D., Goltz, S. R., Katcher, J. A., Guarneiri, L. L., Dicklin, M. R., & Maki, K. C. (2023). Trends and Patterns of Chickpea Consumption among United States Adults: Analyses of National Health and Nutrition Examination Survey Data. *The Journal of Nutrition*, 153(5), 1567–1576. <https://doi.org/10.1016/j.tjnut.2023.03.029>
- Semba, R. D., Ramsing, R., Rahman, N., Kraemer, K., & Bloem, M. W. (2021). Legumes as a sustainable source of protein in human diets. *Global Food Security*, 28, 100520. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100520>
- Singh, N., Singh Sandhu, K., & Kaur, M. (2004). Characterization of starches separated from Indian chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Journal of Food Engineering*, 63(4), 441–449. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2003.09.003>
- Thorne, M., Thompson, L., & Jenkins, D. (1983). Factors affecting starch digestibility and the glycemic response with special reference to legumes. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 38(3), 481–488. <https://doi.org/10.1093/ajcn/38.3.481>
- Tomar, G. S., Gundogan, R., Can Karaca, A., & Nickerson, M. (2023). Chapter Four—Valorization of wastes and by-products of nuts, seeds, cereals and legumes processing. In E. Capanoglu, M. D. Navarro-Hortal, T. Y. Forbes-Hernández, & M. Battino

- (Szerk.), *Advances in Food and Nutrition Research* (Köt. 107, o. 131–174). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2023.03.004>
- Tosh, S. M., Farnworth, E. R., Brummer, Y., Duncan, A. M., Wright, A. J., Boye, J. I., Marcotte, M., & Benali, M. (2013). Nutritional Profile and Carbohydrate Characterization of Spray-Dried Lentil, Pea and Chickpea Ingredients. *Foods (Basel, Switzerland)*, 2(3), 338–349. <https://doi.org/10.3390/foods2030338>
- Ulloa, J. A., Enríquez López, K. V., Contreras Morales, Y. B., Rosas Ulloa, Petra., Ramírez Ramírez, J. C., & Ulloa Rangel, B. E. (2015). Effect of ultrasound treatment on the hydration kinetics and cooking times of dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *CyTA - Journal of Food*, 13(4), 588–596. <https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1024173>
- Varela-Santos, E., Ochoa-Martinez, A., Tabilo-Munizaga, G., Reyes, J. E., Pérez-Won, M., Briones-Labarca, V., & Morales-Castro, J. (2012). Effect of high hydrostatic pressure (HHP) processing on physicochemical properties, bioactive compounds and shelf-life of pomegranate juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 13, 13–22. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2011.10.009>
- Vinod, B. R., Asrey, R., Rudra, S. G., Urhe, S. B., & Mishra, S. (2023). Chickpea as a promising ingredient substitute in gluten-free bread making: An overview of technological and nutritional benefits. *Food Chemistry Advances*, 3, 100473. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100473>
- Wang, J., Li, Y., Li, A., Liu, R. H., Gao, X., Li, D., Kou, X., & Xue, Z. (2021). Nutritional constituent and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): A review. *Food Research International*, 150, 110790. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110790>
- Withana-Gamage, T. S., Wanasundara, J. P., Pietrasik, Z., & Shand, P. J. (2011). Physicochemical, thermal and functional characterisation of protein isolates from Kabuli and Desi chickpea (*Cicer arietinum* L.): A comparative study with soy (*Glycine max*) and pea (*Pisum sativum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(6), 1022–1031. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4277>
- Yegrem, L. (2021). Nutritional Composition, Antinutritional Factors, and Utilization Trends of Ethiopian Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *International Journal of Food Science*, 2021, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2021/5570753>

internetes források

internet 1 <https://milk.procon.org/lactose-intolerance-by-country/> utolsó elérés dátuma 2023. 10.17.

internet 2 http://www.epab.bme.hu/oktatas/Jegyzetek/visualization/13_Cie.pdf utolsó elérés dátuma 2023. 11.04.

internet 3 <https://labstuff.eu/en/mettler-hr83-p-moisture-analyser-moisture-balance.html> utolsó elérés dátuma 2023. 11.04.

Madácsi Csenge Anna - Diplomamunka

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőimnek Dr. Zsorné dr. Muha Viktóriának és Somogyi Tamásnak a sok segítségért, kitüntető bizalomért, amelyek hozzájárultak a diplomadolgozatom létrejöttéhez, illetve a tanulmányom ideje alatt kapott tanácsokért, biztatásért és a folyamatos figyelmességükért.

Szeretnék köszönetet mondani a szaktársaim (Boncsarovszki Balázs, Kereszturi Julianna, Rédey Ágnes és Stefaniga Tamásnak) akikkel közösen, egymást támogatva, biztatva jutottunk el az egyetem végére.

Végezetül köszönöm a családomnak, akik hittek bennem és mindenben támogatva bíztattak mindvégig.

Madácsi Csenge Anna - Diplomamunka

Mellékletek

I. Melléklet

2. táblázat: A hidratációs folyamatra illesztett exponenciális egyenlet időállandó (τ) értékei

2. táblázat: 25 °C-os hőmérsékleten kezelt minták színkoordinátái

3. táblázat: 35 °C-os hőmérsékleten kezelt minták színkoordinátái

4. táblázat: 45 °C-os hőmérsékleten kezelt minták színkoordinátái

II. Melléklet

26. ábra Különböző hüvelyesek relatív hozzájárulása a globális hüvelyes termesztéshez, 2014–2019, millió tonnában (Mt) (Semba és et al., 2021).

27. ábra: A világ népessége laktóztolerancia szempontjából (Internet 1)

28. ábra: HBM Machines (Hollandia) forrás: Saját fénykép

29. ábra CIELAB színmodel leegyszerűsített ábrázolása. Új telítettség meghatározás (Forrás: Internet 2.a)

30. ábra: ColorLite sph850 spektrofotométerrel (ColorLite GmbH, Németország)

31. ábra: Mettler-Toledo SevenMulti™ kettős pH/vezetőképességmérővel (Mettler-Toledo Kft., Magyarország) (saját fénykép)

32. ábra Mettler-Toledo HR83-P halogén nedvességelemző készülék (forrás: internet 3)

33. ábra: Atago Digital Pocket Refraktométer PAL-1 (Atago, Japán) (saját fénykép)

34. ábra: Csicsseriborsó hidratálási folyamata 25 °C-on

35. ábra: Csicsseriborsó hidratálási folyamata 35 °C-on

36. ábra: Csicsseriborsó hidratálása 45 °C-on

37. ábra: Az egyes csoportok ΔE értékei a 25°C-on áztatott kontroll mintákhoz viszonyítva

38. ábra: Különböző hőmérsékleten kezelt minták szárazanyagtartalma

39. ábra: BRLX° értékek a különböző csoportok esetében

40. ábra: Különböző hőmérsékleten kezelt minták átlagos pH értékei

41. ábra: Csicsseriborsó kettévágásához szükséges maximális erő (F_{max}) értékei 25 °C-os kezelést követően

42. ábra: A csicsseriborsó kettévágásához szükséges munka, 25 °C-os kezelést követően

43. ábra: Csicsseriborsó meredekség gradiense 25 °C-os kezelést követően

44. ábra: Csicsseriborsó kettévágásához szükséges maximális erő (F_{max}) értékei 35 °C-os kezelést követően

45. ábra: Csicsseriborsó meredeksége 35 °C-os kezelést követően

46. ábra: A csicsseriborsó kettévágásához szükséges munka, 35 °C-os kezelést követően

47. ábra: Csicsseriborsó kettévágásához szükséges maximális erő (F_{max}) értékei 45 °C-os kezelést követően

48. ábra: Csicsseriborsó munkaszükséglete 45 °C-os kezelést követően

49. ábra: Csicsseriborsó meredeksége 45 °C-os kezelést követően

Madácsi Csenge Anna - Diplomamunka

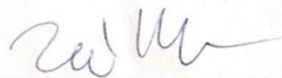
NYILATKOZAT

Madácsi Csenge Anna (hallgató Neptun azonosítója: BWORDB) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre **javaslom**.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: Budapest, 2023. november 4.



Dr. Zsorné dr. Muha Viktória

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Madács Genge Anna
A Hallgató Neptun kódja: BWORDB
A dolgozat címe: Gyógyászati ultrahangos ártalmak vizsgálata
A megjelenés éve: 2023
A konzulens intézetének neve: Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem
A konzulens tanszékének a neve: Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat 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 szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

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

Kelt: 2023 év 11 hó 05 nap

Madács Genge
Hallgató aláírása