

# A DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Szabó Gergő

Budapest

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

## **ALMA FRESH-CUT TECHNOLOGIÁJÁNAK FEJLESZTÉSE**

DOI: 10.54598/004970

**Szabó Gergő**

Budapest

2024

## **A doktori iskola**

**Megnevezése:** Élelmiszertudományi Doktori Iskola

**Tudományága:** Élelmiszertudományok

**Vezetője:** Simonné Dr. Sarkadi Livia,

Egyetemi tanár, DSc

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

Táplálkozástudományi Tanszék

**Témavezető:** Dr. Hitka Géza,

Egyetemi tanár, PhD

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

Árukezelés, Kereskedelem, Ellátási Lánc és Érzékszervi

Minősítés Tanszék

.....

Az iskolavezető jóváhagyása

.....

A témavezető jóváhagyása

## 1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI ÉS CÉLKITŰZÉSEK

A 'fresh-cut' nemzetközi viszonylatban elterjedt kifejezés, mely magyar nyelven **mosott, szeletelt, csomagolt gyümölcs terméket** jelent.

A világ élelmiszertermelése két fő részre osztható. Az egyik a friss formában értékesítésre kerülő élelmiszerek csoportja, míg a másik az élelmiszeripar által feldolgozott termékeké. Az élelmiszerek tárolástechnológiája mindkét élelmiszercsoport esetében meghatározó szerepet tölt be. Az első csoportba tartoznak többek között a kertészeti termelésből származó termékek, azaz a zöldségek és a gyümölcsök. A feldolgozás technológiai láncában kiemelendő fontosságú a kertészeti nyersanyag és a késztermékek tárolása. Jelenleg több lehetőség adott a kertészeti termékek érésgátlókkal kombinált tárolására. Ebben az esetben a biológiai öregedés folyamata magasfokú szabályozás alatt tartható. **A doktori képzésem alatt a frissen mosott és szeletelt úgynevezett fresh-cut alma termék- és gyártástechnológiájának fejlesztésével foglalkoztam a Kooperatív Doktori Pályázat követelményeit is figyelembe véve.** A frissen szeletelt gyümölcsök gyártása, csomagolása és tárolása a feldolgozás során megnövekedő magas légzésintenzitás, a számos rájuk ható fizikai paraméter változékonysága és a termék tárolási érzékenysége miatt nehezen kivitelezhető és összetett technológiai folyamat. Erre a problémára igyekeztem komplex megoldást találni. A magyar kereskedelmi láncok polcain nem találkozhatunk frissen szeletelt, kockázott gyümölcstermékekkel, melyek 1-3 napnál hosszabb fogyaszthatósági idővel rendelkeznek. Egyik külföldi konferencia utam során találkoztam PE tasakba csomagolt fresh-cut almával, melynek megkóstolása után kellemetlen mellékízt éreztem a terméken. Világunk a kényelmesség felé halad az élelmiszertermelés és feldolgozás rögzös útjain. A kényelem, a tartósítószer mentesség, a magas tápanyag tartalom és a frissesség megőrzése egyaránt fogyasztói elvárás a frissen szeletelt gyümölcstermékek esetében. Doktori munkám céljaként kifejlesztett technológia által bízom benne, hogy növelhető lesz a hazai gyümölcsfogyasztás, különös tekintettel a kisgyermek és iskoláskorúak körében, akár az iskolagyümölcs program által. Ennek a technológiának számos területét körbejártam és kísérletekkel igazoltam, milyen tényezőkre szükséges odafigyelni a helyes gyártási gyakorlat kialakítása során. Értekezésem során igyekeztem a tudományos vizsgálati módszertant az ipari gyártási lehetőségekkel kombinálni és olyan komplex módon megközelíteni a kutatási témát, hogy az utána, akár könnyedén valós gyártási környezetben is megállhassa a helyét.

A doktori képzésem alatt célom volt olyan tudományos megközelítések alapján végzett kutatásokat elvégezni, melyeket – lehetőségekhez mérten – a gyártási technológiákba is könnyedén át lehet átültetni. A dolgozatom valójában egy tudományos alapossággal végzett termék- és technologiafejlesztés. **A Kooperatív Doktori Program alapja, hogy iparilag is**

**hasznosítható tudományos kutatás jöjjön létre a pályázat 4 éve alatt. Ennek megvalósítása érdekében az alábbi célokat tűztem ki:**

- Szeletelt, mosott, csomagolt friss,  $200\text{ g} \pm 5\text{ g}$  tömegű alma termék (fresh-cut alma) **feldolgozás- és csomagolástechnológiájának fejlesztése és kidolgozása**, melynek a **fogyaszthatósági ideje** minimum 12 napra tehető hűtött körülmények között.
- A fresh-cut alma termék feldolgozása és tárolása során kialakuló **húsbarnulás megakadályozása vagy mérsékelése**, különböző élelmiszeriparban engedélyezett anyagok felhasználásával.
- A fresh-cut alma termék csomagolástechnológiájának kidolgozása, az **optimális gázösszetétel meghatározása, a megfelelő méretű mikroperforációk kialakítása**, a mechanikusan vagy a lézerrel előállított **mikroperforációk alkalmazástechnikai összehasonlítása, a fajlagos gázáteresztési sebesség összefüggésének megállapítása**.
- A szeletelt alma **légzésintenzitásának meghatározása** különböző alkalmazott gázkoncentrációk (csökkentett  $\text{O}_2$ ) mellett, valamint a seblégzés és a feldolgozottsági fok összefüggéseinek feltárása.
- A fresh-cut alma **termék gyártási technológiájának validálása**, mint a termékfejlesztés utolsó lépése, igazodva a **Kooperatív Doktori Pályázat** elvárásaihoz.

## 2. ANYAG ÉS MÓDSZER

### 2.1. Alma

**A minőségi paraméterek meghatározásához** Magyarországon a legnagyobb mennyiségben termelt és a legjobb tárolhatósági tulajdonságokkal rendelkező fajta az Idared alma (*Malus domestica* Borkh., cv. Idared), emiatt az ország 4 különböző pontjából -pontosabban, Jánkmajtisról, Vámosmikoláról, Pécsről és Zalaszentőrtől – szereztem be Idared almát, hogy minél nagyobb alapossággal feltérképezsem a hazai alapanyagok sajátosságait. Minden területről 20 – 20 kg kontroll és 1-MCP-vel (700 ppm) kezelt minta állt rendelkezésemre a vizsgálatokhoz.

**A légzésintenzitás és etiléntermelés vizsgálatához** a kísérlet során szintén Idared almát (*Malus domestica* Borkh., cv. Idared) használtam fel, melyet az Agricolae Kft. (Jánkmajtis, Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegye, Magyarország) biztosított számomra.

**A színrögzítés vizsgálatához** a frissen szedett gyümölcsmintákat (*Malus domestica* Borkh., cv. Idared) 2022 októberében, kereskedelmi érettségi állapotban szüretelték le az Agricolae Kft. ültetvényén Jánkmajtison, mely Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegyében található, Magyarországon. A szüret után a mintákat az egyetem laboratóriumába szállítottam.

**A szeletelt alma megváltoztatott gázkoncentráció, légzésintenzitásra való hatásának vizsgálata** során a minták (*Malus domestica* Borkh., cv. Idared) Zalaszentőrtől származtak (Zala vármegye, Magyarország). Kontroll és 1-MCP (700 ppm) kezeléssel átesett egyedeket használtam fel a kutatásom során.

**A fresh-cut késztermék vizsgálata** során az almát (*Malus domestica* Borkh., cv. Idared) az Agricolae Kft-től (Jánkmajtis, Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegye, Magyarország) kaptam, melyek kontroll és 1-MCP (700 ppm) kezeléssel átesett minták voltak. A kezelés szüretet követő 36 órán belül megtörtént. A kezelés és a kísérleti felhasználás ideje között nagyjából 4 hónap hűtve tárolás telt el.

### 2.2. Nyersanyag minőségi paramétereinek meghatározása földrajzi eredet, érésgátló kezelések tekintetében

Az alma szedést követően közvetlenül 1°C-os hűtőtárolókba került, majd 3-7 napon belül megtörtént az 1-MCP kezelés. A kezelést 24 órán át, zárt, légtömör hűtőtárolókban végeztem. A hatóanyag koncentrációja 700 ppm volt, amit a SmartFresh gyártó saját rendszere a hűtőterem üres térfogatára (m<sup>3</sup>) vetítve számolt ki (gyártói ajánlás). A kezelést követően a kontroll és a kezelt minták 20±1 °C-on temperáltak ún. „pulton tartásra” kerültek 14 napig. A kiindulási

paraméterek méréseit közvetlenül a szüret után végeztem, míg a pulton tárolás után a 14. napon történt meg a minták visszamérése.

A húskeménység mérése Effegi FT 327 (13 kg-os) típusú penetrométerrel történt (Facchini, Srl., Alfonsine, Olaszország), 1 cm átmérőjű nyomófejet alkalmazva (Hitka, 2011). A vízoldható szárazanyag tartalmat ATAGO Palette PR-101 (ATAGO CO., LTD., Tokió, Japán) típusú digitális refraktométerrel vizsgáltam. A keményítő indexet Lugol-oldattal határoztam meg a félbevágott gyümölcsökön. Az oldat a 10g jód és 10g kálium jodid 1 literes vizes oldata volt, melyben található jodid képes zárványba zárni a keményítőt, ezáltal pedig sötétebb színt ad a gyümölcshúson ott, ahol nagyobb koncentrációban található meg a keményítő. A kiértékeléshez CTIFL keményítő skálát (Starch Scale) alkalmaztam. Az etilén termelés mérése ICA-56 kézi etilén analizátor (International Controlled Atmosphere Ltd., London, Egyesült Királyság) műszerrel történt. Az eredményeket a friss tömegre számolt megtermelt etilén mikroliter/kilogramm gyümölcs/óra ( $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ) mértékegységre átszámolva adtam meg.

### 2.3. Légzésintenzitás és etiléntermelés vizsgálata a feldolgozottsági fok és a hőmérséklet függvényében

A gyümölcsminták légzésintenzitás és etiléntermelés mérését a feldolgozás után azonnal, 60 perces méréssel végeztem, így valójában a seblégzés közvetlen dinamikáját vizsgáltam a feldolgozottsági fok tekintetében. A feldolgozottsági fokok (seblégzési felület változtatása) esetében a kontroll (hámozatlan egész alma) mellett hámozott egész alma, alma szeletek és almakockák (1 cm · 1 cm · 1 cm) légzésintenzitás és etilén termelés mérése történt meg 1 °C-on, 5 °C-on, 10 °C-on és 20 °C-on. Megkülönböztettem kontroll (jelölése: K) és SmartFresh™ (jelölése: SF), azaz 1-metilciklopropén (1-MCP) érésgátló szerrel kezelt mintákat. A szén-dioxid mérést, FY A600–CO<sub>2</sub>H szén-dioxid szenzorokkal (Ahlborn Mess-und Regelungstechnik GmbH, Holzkirchen, Németország) és egy Almemo 3290-8 adatgyűjtő mérőműszerrel (Ahlborn Mess-und Regelungstechnik GmbH, Holzkirchen, Németország) végeztem.

### 2.4. Különböző koncentrációjú oldatok (sók, savak oldatai) színrögzítő hatás vizsgálata szeletelt alma esetében

A citromsavat (Lach-Ner s.r.o. Neratovice, Csehország), aszkorbinsavat (Chem-Lab NV, Zedelgem, Belgium), nátrium-kloridot (Lach-Ner s.r.o. Neratovice, Csehország) és kalcium-kloridot (Chem-Lab NV, Zedelgem, Belgium) analitikai minőségben használtam. Az áztatóoldatok koncentrációját 0 és 10 g/L között, 2 g/L-es lépésekben állítottam be. Ami azt jelentette, hogy a következő koncentrációkat készítettem el: 0 g/L, 2 g/L, 4 g/L, 6 g/L, 8 g/L, 10

g/L minden egyes oldatból. A mintákat 3 percig áztattam az oldatban, majd a mintákat sorba helyezve egy asztalra helyeztem.

A felszeletelt, áztatott alma hússzínét Konica Minolta Chroma Meter CR-400 (Minolta Corporation, Osaka, Japán) készülékkel mértem. Két minta színének összehasonlításához a színínges különbség ( $\Delta E^*$ ) számítást használtam. A színméréseket 210 percen keresztül végeztem. Az első 120 percben 10 percenként történt mérés, majd a maradék 90 percben 30 percenként volt rögzítve a szeletelt alma szín értéke.

Minden kezelési csoportot én és 8 kollégám leíró érzékszervi bírálat alá vetettük.

## 2.5. Mikroperforáció típusok (mechanikai, lézer) feltérképezése, létrehozása és vizsgálata

A polipropilén tálcákat (Linpac Packaging Kft., Törökbálint, Magyarország) polipropilén műanyag fóliával borítottam (Opalen rétegvastagság: 65  $\mu\text{m}$ , típus: HB AF PP szélesség: 420 mm, Amcor plc, Melbourne, Ausztrália). A műanyag fóliára minden esetben 1 db mikroperforációt tettem.

A kereskedelemből beszerezett mikroperforált csomagolóanyagokat a Kollár-Pakk Kft.-től (Budapest, Magyarország) kaptam. Az általam létrehozott mikroperforációkat a Multivac T200-as (Multivac, Wolfertschwenden, Németország) félüzemi csomagológéphez tartozó henger alakú, mechanikai mikroperforáló feltéttel „hidegen” készítettem. A kereskedelmi mikroperforáció a kereskedő/ gyártó állítása szerint lézerrel készült. A kész műanyag csomagolások mikroperforációit digitális mikroszkóppal vizsgáltam. A mikroperforációk készítéséhez lézerperforáló berendezést (Laser plotter, Laser Engraving Machine, CO<sub>2</sub> 50W DSP 40x60cm CL6040T, Shanghai ZX Trading co. ltd, Shanghai, Kína) használtam. Előzetes kísérletek alapján az optimális méretű mikroperforációt a következő beállítással lehetett elérni. Egy beállítást alkalmaztam munkám során. A programbeállítást illetően a speed (sebesség) értéke 25 mm/s, a power (teljesítmény) értéke 100%, ill. a distance (méret) értéke 0,101 mm volt X és Y irányban is meghatározva.

A mikroperforációkat digitális mikroszkóppal (Dino-Lite Edge AM7515MT4A, AnMo Electronics Corporation, New Taipei City, Tajvan) vizsgáltam és a rögzített képeket a hozzá kapott szoftverrel értékeltem ki (DinoCapture 2.0). Minden mérési sorozat előtt kalibrációt végeztem a műszerhez tartozó kalibrációs vonalzó segítségével.

## 2.6. Az O<sub>2</sub> csökkenés hatásának vizsgálata a szeletelt alma respirációjára

A respirométer tartályainak gázöblítéséhez gázkeverővel (Dansensor<sup>®</sup> MAP Mix Provectus<sup>®</sup>, Mocon Europe A/S, Ringsted, Dánia) bekevert gázt adagoltam mindaddig, amíg az utolsó tartály

is elérte a kívánt gázösszetételt. A tervezett O<sub>2</sub> gázkoncentrációk a következők voltak: 20,9 % O<sub>2</sub> (légköri), 15% O<sub>2</sub> N<sub>2</sub>-ben, 10% O<sub>2</sub> N<sub>2</sub>-ben, 5% O<sub>2</sub> N<sub>2</sub>-ben, 3% O<sub>2</sub> N<sub>2</sub>-ben, 1% O<sub>2</sub> N<sub>2</sub>-ben. A légzéintenzitás a korábban ismertetett módon és készüléssel végeztem el. A légtér gázkoncentrációját gázanalizátorral (WITT Oxybaby 6i O<sub>2</sub> /CO<sub>2</sub>, WITT-Gasetechnik, Witten, Németország) monitoroztam és a termék hűtését jégágazattal biztosítottam.

## 2.7. Fajlagos gázcsere sebesség vizsgálata a gázkoncentrációk függvényében különböző méretű lézerrel előállított mikroperforációk esetében

Ebben a kutatásban mesterségesen hoztam létre O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> és CO<sub>2</sub> gázkoncentráció különbséget mikroperforált fóliával lezárt csomagban, módosított atmoszférás csomagolásra alkalmas berendezéssel. Majd a koncentrációkülönbség hatására fellépő gázcserét mértem a gázra vonatkoztatott parciális térfogatváltozásból és a gázcsere mértékét a vizsgált gázra és az ismert mikroperforációs felülethez viszonyítva adtam meg.

A csomagokat 97,9%-os CO<sub>2</sub> (Linde Gas Hungary, BIOGON C, Répcelak, Magyarország), ill. 99,3%-os N<sub>2</sub> gáz kezdeti koncentrációjával töltöttem fel. A kísérleteimhez a nitrogéngázt egy N<sub>2</sub>-generátor (UHPLCMS 12E, Domnick Hunter Gas Generation Division, Gateshead, Anglia) segítségével állítottam elő.

A védőgáz csomagok elkészítéséhez Multivac T200 (Multivac, Wolfertschwenden, Németország) csomagológépet használtam. A tálcák 10 napig 22 °C ± 1 °C-on voltak tárolva.

Véletlenszerűen három tálca kiválasztása után a csomag O<sub>2</sub> és CO<sub>2</sub> koncentrációját megmértem gázelemző készülékkel (WITT Oxybaby 6i O<sub>2</sub> /CO<sub>2</sub>, WITT-Gasetechnik, Witten, Németország). A mintavevő egységét a csomag fóliáját átszúrva, megmértem a csomag gázterének összetételét. A mintavételhez szükséges gáz térfogata maximum 2 mL. A csomag térfogata 642,27 ± 4,69 mL volt. Az eredményeket a csomagban lévő O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> és CO<sub>2</sub> térfogatszázalékában fejeztem ki (Szabó et al., 2023).

A tárolóhelységben a csomagokat körülvevő gázkoncentráció O<sub>2</sub>: 20,9 V/V% ±0,3 %; N<sub>2</sub>: 79,1 % ±0,4 % és CO<sub>2</sub>: 0,00 % volt. Összegezve 2 kiindulási gázkoncentrációt, 2 mérettartományú mikroperforációs területet és 10 napos tárolást (mérés: 24 óránként) eszközölve, 3 ismétlésszámmal, összesen 120 minta mérése történt meg.

A mikroperforációk készítéséhez lézerperforáló berendezést (Laser plotter, Laser Engraving Machine, CO<sub>2</sub> 50W DSP 40x60cm CL6040T, Shanghai ZX Trading co. ltd, Shanghai, Kína) használtam. Minden csomag fóliájára 1 db mikroperforációt helyeztem el. Kettő fajta beállítást eszközöltem a berendezésen. Az első beállítás során a speed (sebesség) értéke 25 mm/s, a power

(teljesítmény) értéke 100%, ill. a distance (méret) értéke 0,101 mm volt X és Y irányban is meghatározva. A második beállítás során pedig a speed (sebesség) 1 mm/s, a power (teljesítmény) 80% és a méret 0,101 mm volt X és Y irányban is meghatározva.

Az eredmények alapján az SMP (smaller microperforation: kisebb méretű mikroperforáció) esetében egy  $170,4 \pm 24,4 \mu\text{m}$  átlagos átmérőjű ellipszis/ kör, az LMP (larger microperforation: nagyobb méretű mikroperforáció) esetében pedig egy  $221,6 \pm 21,1 \mu\text{m}$  átlagos átmérőjű ellipszis/ kör alakult ki.

A mikroperforációkat digitális mikroszkóppal (Dino-Lite Edge AM7515MT4A, AnMo Electronics Corporation, New Taipei City, Tajvan) vizsgáltam és a rögzített képeket a hozzá kapott szoftverrel (29. ábra) értékeltem ki (DinoCapture 2.0). A program 2592x1944 pixeles képet adott, a mikroszkóppal 457,7x-os nagyítással dolgoztam, a kép élesítését a mikroszkóp állványon található mechanikai finom hangoló egységgel állítottam be. A szoftveres képelemzéskor ellipszis alak esetén az ún. „Line”, míg szabálytalan perforáció esetén a „Lasso” funkciót használtam a perforációk területének meghatározásához.

A fajlagos gázcsere sebesség alatt a mikroperforáción bekövetkező ki- és beáramlást értem. A fajlagos gázcsere sebesség meghatározásához a kiválasztott gáz parciális térfogatváltozását két mérési időpont között kell megbecsülni állandó nyomáson, állandó hőmérsékleten. A gázcsere folyamata során adott esetben a nagyobb koncentrációjú  $\text{O}_2$  vagy  $\text{CO}_2$  molekulák áramlanak a kisebb koncentráció felé a molekula koncentráció kiegyenlítődés céljából. A hajtóerőt a koncentrációkülönbség adja. Ez a folyamat gázmolekulák ütközésével is jár, mely szintén befolyásolja a gázcsere sebességét.

A gázok térfogata nem változott, így a nyomás állandónak tekinthető. A gázok parciális térfogata viszont változik, mely a koncentrációváltozást adja. Ennek igazolására a Dalton törvényét mutatom be a következőkben.

A fajlagos gázcsere sebességeket minden egyes mérésre (minden egyes mikroperforációs területre) a következőképpen számoltam ki.

$$D = \frac{\Delta V}{t_{\text{period}} \cdot A_{\text{perf}}} \quad [1]$$

ahol: D: becsült fajlagos gázcsere sebesség ( $\text{ml}/(\text{h} \cdot \text{mm}^2)$ ),  $A_{\text{perf}}$ : mikroperforációs terület ( $\text{mm}^2$ ),  $\Delta V$ : becsült gáztérfogat változása két mérés között (ml),  $t_{\text{period}}$ : két mérés között eltelt idő (h).

## 2.8. Fresh-cut alma késztermék validációja

Az utolsó fejezetben az eddigi eredményeim alapján a késztermék elkészítésére tettem kísérletet. Itt a teljes gyártási technológiát felhasználtam és a tárolási mintákat meghatározott minőségi paraméterek mentén vizsgáltam.

Ezek után a csomagolás során módosított atmoszférát alkalmaztam. A csomagolás után tárolási kísérletet végeztem és vizsgáltam a csomagok légterének gázkoncentráció változását, a minták színét (CIE  $L^*a^*b^*$  színtérben), állományát, pH-ját, vízdoldható szárazanyag tartalmát, összes csíraszámát (élelmiszerbiztonság megléte) és érzékszervi változását, melyeknek módszertanát a következő alfejezetekben ismertetem.

Az almát csapvízzel megmostam, nagykonyhai géppel szeletekre vágtam fel, majd egy újabb tiszta csapvízzel való mosás után a meghatározott koncentrációjú (citromsav 4 g/L, aszkorbinsav 4 g/L, nátrium-klorid 2 g/L és kalcium-klorid 6 g/L) oldatba 120 másodpercre bemártottam. A minták felületi nedvességének eltávolítását kézi konyhai centrifugával végeztem, majd a műanyag tálcákba helyeztem és módosított atmoszférát (1%  $O_2$  99%  $N_2$ -ben) alkalmazva becsomagoltam. Ezek után egy csomagra egy darab, a lehető legkisebb méretű lézer mikroperforációt (Kontroll és 1-MCP mintákra egyaránt) készítettem a csomagok fóliáján és hűtve tároltam 5°C-on. Ezek után a kiindulási, a 6 és a 12 napig tárolt kontroll és 1-MCP kezelt minták vízdoldható szárazanyag tartalom, húskeménység, csomagtér gázkoncentráció, pH, színérték paraméterei és az összcsíraszám vizsgálata történt meg.

## 2.9 Statisztikai módszerek

Az adatokat egyrészt a az SPSS v.28 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) programmal dolgoztam fel, de volt olyan adat, amit a Microsoft Excelben értékeltem ki. Jellemzően egy (vagy két) tényezős variancia-analízist (ANOVA) használtam. Az adatcsoportok elemzését külön termelési helyekre, állománymérésre, a vízdoldható szárazanyag tartalomra és az etiléntermelés és légzésintenzitás értékeire, a keményítő index, színmérés értékeire, a kontroll- és kezelt mintákra, ill. a késztermék validáció esetében az összes mért eredményre (szín, összcsíra, Brix°, precíziós állománymérés, gázkoncentráció, pH) határoztam meg. Az adatsorokra normalitás- és szóráshomogenitás tesztet is lefuttattam. Ha a Kolmogorov-Smirnov (ill. Shapiro-Wilk) teszt esetében  $P\text{-érték} > 0,05$ , akkor normális eloszlást feltételeztem. Ha a Levene-teszt esetében a  $P\text{-érték} > 0,05$ , akkor a szóráshomogenitás felétele teljesül. Ha az ANOVA ( $P\text{-érték} < 0,05$ ) szignifikáns, akkor post-hoc tesztet végeztem, ha viszont a szóráshomogenitás feltétele sérül, akkor a Games-Howell tesztet végeztem el, viszont, ha a vizsgált csoportok legnagyobb varianciáját elosztom a legkisebb varianciával ( $\text{var}_{\text{max}}/\text{var}_{\text{min}}$ ) és ennek arányértéke  $< 2$ , abban az esetben a Tukey tesztet is használhattam. Ha az ANOVA szignifikáns ( $P\text{-érték} < 0,05$ ), és a

szóráshomogenitás is teljesült, akkor a Tukey tesztet alkalmaztam a statisztikai kiértékelések során.

A mikroperforációk szóródási mérőszámaikat a terjedelemmel, az átlagos abszolút eltéréssel, a szórással és a relatív szórással jellemeztem.

A leíró matematika illeszté pontosságát az RMSE és az  $R^2$  mérőszámai adták meg.

### 3. EREDMÉNYEK

Doktori munkámban az alábbi témákkal foglalkoztam.

Első kísérletemben megvizsgáltam a fresh-cut termékhez szükséges alapanyagok minőségi paramétereit. Foglalkoztam az alma, mint alapanyag objektív mérési módszereinek lehetőségeivel, az érésgátló kezelés hatékonyságának vizsgálatával, a minőségi paraméterek származás szerinti összehasonlításával. A nyersanyagok húskeménysége és etilén termelése alapján az 1-MCP kezelést javaslom elvégezni minden fresh-cut gyártásra szánt alma termék esetében. A minőségi paraméterek meghatározása során szignifikáns eredményeket kaptam a kontroll és az 1-MCP kezelt minták esetében etiléntermelés és húskeménység tekintetében.

A második kutatásomban az 'Idared' alma gyümölcs légzésintenzitását és etiléntermelését vizsgáltam a seblégzés felületének megnövelésével (feldolgozottsági fok) különböző hőmérsékleti tartományokban. Méréseim alapján az 1-MCP kezelés etiléntermelés gátló hatása kedvezően hat a gyümölcs légzésintenzitásának csökkenésére. Eredményeim kiértékelése során egyértelmű választ kaptam arra, hogy a nagyobb feldolgozottsági fok, ez esetben a gyümölcshús vágási felület megnövekedése magasabb légzésintenzitással és etiléntermeléssel jár. A seblégzések megfigyelésekor az 5°C-on való tárolás során a légzésintenzitás értéke a KOCKA (felkockázott) kontroll mintáknál 7,2-szoros, 1-MCP mintáknál 6,6-szoros volt, az EHÉJ (feldolgozás nélküli) mintákkal szemben. Az etiléntermelés 5°C-on való tárolás vizsgálata során KOCKA kontroll minták esetében 2,8-szoros, 1-MCP kezelt minták esetében 4,3-szoros volt az EHÉJ minták azonos feldolgozottsági fokú minták értékeihez képest. A mérési eredményeim kiértékelése után - ha a hőmérsékleti tényezőt nem vesszük figyelembe - arra a következtetésre jutottam, hogy a fresh-cut (KOCKA) termékek légzésintenzitása minimum 4-szeres, etiléntermelése minimum 2-szeres növekedéssel jár a feldolgozatlan friss (EHÉJ) almához képest.

A harmadik kísérletem során szín mérés és érzékszervi vizsgálatok segítségével határoztam meg az optimális só és sav összetételű áztatóoldatot, mely segítségével nagy hatékonysággal gátolható a termék enzim oxidáció által okozott felületi barnulása, ezzel is növelve a termék eltarthatóságát és fogyasztói kedveltségét. A szín rögzítés vizsgálat eredményei alapvető információkat szolgáltatottak a citromsav, az aszkorbinsav, a nátrium-klorid és a kalcium-klorid oldat szintartó hatásáról különböző koncentrációk (0 és 10 g/L között, 2 g/L lépésekben) alkalmazása esetén. Az eredmények alapján a következő oldatösszetétel javasolt arra az esetre, ha a fresh-cut 'Idared' alma hússzínét káros mellékíz fellépése nélkül hatékony módon

szeretnénk megőrizni: citromsav 4 g/L, aszkorbinsav 4 g/L, nátrium-klorid 2 g/L és kalcium-klorid 6 g/L.

A negyedik kísérleti fázisban a felhasznált csomagoló fóliák mikroperforációs területének (ahol a gázcsera megvalósul) standardizálása került a vizsgálat középpontjába. Előzetes kísérleteim során megfigyeltem, hogy a mechanikai mikroperforációk terület értékei nagyban szórnak, így a gázcsera szabályozása nehezen írható le. Így megvizsgáltam az általam létrehozott mechanikai-, a kereskedelembe kapható-, és a lézerrel létrehozott mikroperforált fóliákat. Ez a kísérlet nagyban befolyásolta kutatásom jövőképét. A megfelelő mikroperforáció létrehozása során egyértelműen a lézer mikroperforáció technológia bizonyult a legjobbnak. A relatív szórás megmutatta, hogy az átlaghoz viszonyított szórás mekkora a különböző perforálási technikák esetében. A lézer mikroperforált csomagolás adta a legjobb eredményt (11%) a mechanikai (35%) és kereskedelemből beszerezett (51%) mintákkal szemben. A kiszámíthatóság miatt a lézer mikroperforált fóliák alkalmazását javaslom fresh-cut alma csomagolása során.

Az ötödik kutatásomban a fresh-cut 'Idared' alma respirációját vizsgáltam különböző gázkoncentrációk mellett. A fresh-cut alma módosított atmoszférában vizsgált légzésintenzitás értékei minden esetben szignifikánsan alacsonyabb eredményt adtak a légköri O<sub>2</sub> koncentráción mért értékekhez képest. A csökkentett 15%, 10 %, 5%, 3% és 1% O<sub>2</sub> koncentrációkon mért légzésintenzitás értékek viszont szignifikáns eltérést nem mutattak egymáshoz képest. A csökkentett O<sub>2</sub> értéknek szignifikáns hatása van a légzésintenzitásra már 15 %-on kontroll és 1-MCP kezelés esetében egyaránt.

A hatodik kísérletemben a kiválasztott mikroperforált fólia fajlagos gázcsera sebességét határoztam meg és ezt leíró matematikai függvény segítségével fejeztem ki a különböző gázkoncentrációk függvényében. A matematikai függvény illesztése során jól közelíthető a fajlagos gázcsera sebesség a meghatározott gázkoncentráció függvényében. A leíró függvényt kísérleti mérésekkel igazoltam. Az illeszkedő görbe alapján kiszámítható a fajlagos gázcsera sebesség (D) és a mikroperforáción keresztüli gázcsera mennyisége is. A kísérleti eredmények bizonyítják a mért és az előre jelzett értékek között megfigyelhető jó illeszkedést, emiatt a polinomiális kinetikai görbe pontos közelítést ad a gázcsera leírására a gázkoncentráció függvényében. A kisebb SMP (0.022  $\mu\text{m}^2$ ) és a nagyobb LMP (0.037  $\mu\text{m}^2$ ) között nincs szignifikáns eltérés a fajlagos gázcsera sebességnek O<sub>2</sub> és a CO<sub>2</sub> gázkoncentrációk függvényében. Az egyes gázvegyületek fajlagos gázcsera sebességét összehasonlítva a sebességparaméterek a következők:  $\lambda_{\text{O}_2}$ : -0,031,  $\lambda_{\text{N}_2}$ : -0,0025 és  $\lambda_{\text{CO}_2}$ : 0,0015, ami azt jelenti, hogy az O<sub>2</sub> gázcsera sebessége 11-szer kisebb dinamikájú a kisebb (20,9%-os) koncentrációkülönbség miatt. Bár a N<sub>2</sub> konstans értéke hasonló a CO<sub>2</sub>-éhoz, fontos, hogy ne

hagyjuk figyelmen kívül a hajtóerő-különbséget. A  $N_2$  gázkoncentráció esetében körülbelül 79,05 % a különbség, míg a  $CO_2$  tekintetében ez majdnem 98 %. A  $N_2$  és a  $CO_2$  sebességparamétereinek összehasonlítása után kiderült, hogy a  $N_2$  dinamikája körülbelül kétszer kisebb, mint a  $CO_2$ -é. Összefoglalva, a polinomiális görbeillesztés minden kísérleti adat esetében sikeres volt.

A hetedik és egyben utolsó kísérletemben az eddigi kutatási eredményeim validálását végeztem el, melyben a fresh-cut alma késztermék csomagolásán és tárolási kísérletén keresztül meghatároztam a doktori munkám eredményességét. Az utolsó fejezetben a fresh-cut késztermék minőségi paramétereinek vizsgálata során megállapítottam, hogy az 1,4%  $O_2$ -ben, 5 °C tárolás mellett, citromsav 4 g/L, aszkorbinsav 4 g/L, nátrium-klorid 2 g/L és kalcium-klorid 6 g/L koncentrációjú áztatóoldattal,  $2 \cdot 10^{-2} \pm 5,3 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$  területű mikroperforáció használatával a 6. és 12. napon nem volt szignifikáns eltérés a kiindulási mintákhoz képest pH, vízdoldható szárazanyag tartalom, érzékszervi minősítés, összes mezofil aerob csíraszám esetében. A validáció során a kezelések (kontroll, 1-MCP) szignifikáns eltérést mutattak a gázösszetétel, precíziós húskeménység, színingerküszöb mérése során. Az 1-MCP-vel kezelt minták kiindulási és tárolt minőségi paraméterei (húskeménység, színingerküszöb, csomag gázösszetétele) minden esetben jobb eredményt mutattak a kontroll (kezeletlen) mintákhoz hasonlítva. Az 1-MCP képes volt visszaszorítani a fresh-cut alma légzésintenzitását, érzékelhetően keményebbek, lédúsabbak voltak, ill. a vágás utáni almahús felület színe is minden esetben világosabbnak bizonyult a kontroll almához képest, melyek nem kaptak érégsgátló kezelést.

Az 1-metil-ciklopropén kezelés hatására az alma légzési, érési és öregedési folyamatai lassulnak, a termék jobban megőrzi keménységét, savtartalmát és friss jellegét, javul a pulton-tarthatósága is.

Összefoglalásként a doktori időszakom alatt a meglévő egyetemi technológiai infrastruktúra és a tudományos kutatási módszertan segítségével sikerült egy olyan termék gyártástechnológiai fejlesztésének alapjait meghatároznom, mely akár az ipar számára is hasznosítható információkat tartalmaz és van valós piaci alapja, hiszen friss, magas tápanyagtartalommal bíró, kényelmi termék fejlesztése valósulhatott meg a doktori időszakom kutatási és disszertációs szakasza alatt.

Hiszem, hogy a doktori kutatásom során sikerült olyan új tudományos eredményeket létrehoznom, amelyek jövőbe mutató és az ipar számára is hasznosítható tudományos információkat tartalmaznak annak elérése céljából, hogy a friss gyümölcs és zöldségfeldolgozás akár hazai szintén is egy magasabb hozzáadott értéket képviselő szintre léphessen.

#### 4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Doktori dolgozatomban 7 külön alfejezetben vizsgáltam a fresh-cut technológiát kritikusan befolyásoló tényezőket a késztermék tulajdonságainak figyelembevételével.

A felhasznált nyersanyag minőségi paraméterek meghatározása során szignifikáns különbséget kaptam a kontroll és az 1-MCP kezelt minták esetében etiléntermelés és állomány tekintetében.

A seblégzés hatását vizsgálva megállapítottam, hogy a fresh-cut feldolgozási művelet hatására többszörösére is megnőhet a minták légzésintenzitása a feldolgozatlan (egész alma) mintákhoz képest. Triviális, hogy az etiléntermelés és a légzésintenzitás hatása szignifikánsan függ a feldolgozottsági foktól. Fontos tudományos eredményt kaptam a kutatásomban, hiszen nem feltétlenül evidens, hogy már 15%-ra csökkentett  $O_2$  koncentráció ilyen nagymértékben csökkenti a légzésintenzitást szeletelt alma esetében. Itt további kutatás szükséges annak érdekében, hogy hosszabb távú következtetéseket lehessen levonni a légzésintenzitás, a seblégzés és a csökkentett  $O_2$  szint összefüggéseinek vizsgálatakor. (Alsó  $O_2$  küszöb kérdésköre, anaerobiózis kinetikája). Érdekes lenne a jövőben megvizsgálni, hogyan alakul a seblégzés az időben a seb kialakulásától kezdődően, illetve, hogy mekkora mértékű a lecsengése, vagy állandó marad hosszab idejű megfigyelést alkalmazva. Újabb kérdéseket vet fel, hogy milyen hatással lehet a seblégzésre a színrögzítő oldatok alkalmazása.

A gyártástechnológia egyik kritikus – a színrögzítés, azaz oxidatív húsbarulás - kérdéskörét jártam körbe olyan anyagok felhasználásával, mely az élelmiszeripari gyártás során alkalmazható, fenntartható megoldásnak tekinthetők. Kísérleteim során sikerült egy hatékony színmegőrző tulajdonsággal bíró oldatot kialakítani, mely könnyen beszerezhető és egészségre ártalmatlan (sőt, olykor egészségvédő funkciókat ellátó) anyagokat tartalmaz, melyek helyes koncentrációban való felhasználása a kiindulási érzékszervi tulajdonságokat sem módosítja kellemetlenül. A mérési eredményeim alapján a minden szempontból leghatékonyabb oldat a következő arányokat tartalmazza: citromsav 4 g/L, aszkorbinsav 4 g/L, nátrium-klorid 2 g/L és kalcium-klorid 6 g/L. A jövőben érdemes lenne nem csak külön-külön, hanem egyben (hatékony színmegőrzést produkáló oldatok együttes használata) is validációs tesztet végezni a koncentrációkra. Illetve jövőbeni kutatási potenciál a citrátok és az aszkorbátok alkalmazása, hiszen kisebb arány szükséges a felhasználásuk során. Nem utolsó sorban felmerülhet kérdésként, hogy a különböző összetételű színrögzítő folyadék elegyek mekkora mértékben hathatnak a szeletelt alma légzésére. Ennek utánajárása is további kutatómunkát igényel.

Megvizsgáltam továbbá a mikroperforációk előállításának lehetőségeit. Kísérletekkel igazoltam, hogy a mechanikai tűvel vagy a lézerrel előállított mikroperforációk előállítása standardizálható-

e jobban. A digitális mikroszkóp és a statisztika segítségével sikerült meghatározni, hogy a lézerperforációk előállítása – ugyan nagyobb méretű mikroperforációt eredményez, de a standardizálhatósága akár többszöröse lehet a mechanikai mikroperforációkhoz képest. Ezt több szóródási mérőszámmal statisztikailag is igazoltam. A jövőben érdemes lehet nagyobb értékű, pontosabb, precízebben vezérelhető lézerperforáló berendezés beszerzése, mellyel akár kisebb szóródási mérőszámokkal, alacsonyabb mérettartományú mikroperforáció is előállítható lenne. Ezen a területen számos további lehetőség rejlik, mely elősegítheti a gyártási implementációt is.

Az almaszeletek csomagolása során megvizsgáltam, hogy a csökkentett  $O_2$  gázkoncentráció milyen mértékben képes befolyásolni a termény légzésintenzitását, illetve EMAP technológia alkalmazásakor megvalósulhat-e az egyensúlyi állapot mikroperforációk alkalmazásával. Egyértelmű, statisztikailag igazolt eredményt kaptam arra vonatkozóan, hogy a becsomagolt, kezelt, szeletelt (fresh-cut technológiával előállított) alma légzésintenzitása hogyan változott csökkentett  $O_2$  koncentrációjú légtérben. Az almaszeletek légzése egyensúlyi állapotban maradásáról és arról, hogy a szeletben lévő oldott oxigén nem zavarta meg a légzési folyamatot, sajnos nem volt lehetőségem megbizonyosodni, de a jövőben tervezem gázkromatográfiás mérésekkel tovább gazdagítani kutatásomat.

A mikroperforációk alkalmazása során leíró matematikai függvényt alkalmaztam, mely megadja milyen mértékű a fajlagos gázcsere sebesség a csomagban lévő gázok ( $O_2$ ,  $CO_2$ ) és a környezet között. Kutatásomban sikerült leíró matematikai függvényt építenem egy harmadfokú polinom egyenlet segítségével a fajlagos gázcsere sebesség és a vizsgált gázkoncentrációk összefüggésének leírására. A harmadfokú polinom jó közelítést adott az összefüggés matematikai leírására. Következtetésképpen érdemes lehet egy matematikai modell fejlesztése, ill. a jelenlegi állandók, mint hőmérséklet, nyomás változtatásával milyen új modell rendszereket lehetünk képesek leírni. Felmerült korábban, hogy a mikroperforáción keresztül bekövetkező esetleges molekula ütközések milyen mértékben befolyásolhatják a gázátáramlást. Ennek kivizsgálása további és mélyebb, más természettudományi és mérnöki területekkel való egybefonódó kutatómunkát igényel.

Kutatásom utolsó állomásaként sikerült egy olyan gyártástechnológiai ajánlást validálni, mely során a fresh-cut alma, csomagolt termék megőrizte minőségét a 12. tárolási napra is. A jövőben érdemes lehet az ipar számára vonzóbb, más csomagolási kiegészítések, csomagolóanyagokra (esetleg tasakok) kifejleszteni és átkonvertálni a kifejlesztett technológiát. Innentől fogva könnyebben indulhatunk el más nagyobb légzésű fresh-cut gyümölcsök (szilva, meggy, körte, eper, mangó, stb.) csomagolástechnológiai irányába, hiszen az alapelvek mindenhol hasonlóak ahhoz, amit a doktori dolgozatomban kifejtettem.

## 5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Megállapítottam, hogy az 1-MCP és a kontroll (kezeletlen) alma (*Malus domestica*, Borkh., cv. Idared) 1°C, 5°C, 10°C és 20°C-on mért légzésintenzitása legalább 4-szeresére, míg az etiléntermelés mértéke legalább 2-szeresére emelkedett a seblégzési felületi 7,5-szeresére növelésével a feldolgozatlan alma gyümölcshöz képest.
2. Megállapítottam, hogy az O<sub>2</sub> szint csökkentése 20,9 %-ról 15 %-ra az 1-MCP kezelt, szeletelt alma (*Malus domestica*, Borkh., cv. Idared) 5°C-on mért légzésintenzitását 66%-ra csökkenti, az O<sub>2</sub> szint 1,2 %-ra való csökkentésével a légzésintenzitás 55%-ra mérsékelhető.
3. Megállapítottam a polipropilén fóliák esetében, hogy a lézer mikroperforációk területének relatív szórása - ezáltal standardizálható képessége - 11%, mely alacsonyabb érték az egyedileg létrehozott mechanikai perforáció (35%), ill. a kereskedelemben kapható (51%) mikroperforált polipropilén fóliák terület értékénél.
4. Kutatásomban sikerült jó illeszkedésű matematikai leíró függvényt alkalmaznom egy harmadfokú polinom egyenlet segítségével a fajlagos gázcsere sebesség és a vizsgált gázkoncentrációk összefüggésének leírására. Megállapítottam, hogy az O<sub>2</sub> fajlagos gázáteresztési sebesség konstans értéke: -0,048, kiindulási átlagos  $99,3 \pm 0,01\%$  N<sub>2</sub>-ben, ill.  $97,9 \pm 2,06\%$  kiindulási CO<sub>2</sub>-ban -0,031 (azonos mértékű  $20,8 \pm 0,09\%$  O<sub>2</sub> gázdifferencia esetén).
5. Megállapítottam, hogy a szeletelt alma (*Malus domestica*, Borkh., cv. Idared) húsbarnulásának megakadályozása során a citromsav 4 g/L, aszkorbinsav 4 g/L, nátrium-klorid 2 g/L és kalcium-klorid 6 g/L koncentrációjú oldatok együttes alkalmazása hatékonynak bizonyult a színrögzítés szempontjából az ízjellemzők érzékszervileg még elfogadható mértékű változása mellett.
6. Megállapítottam, hogy a fresh-cut alma technológia- és termékfejlesztése során az iparilag előállított 1-MCP-vel kezelt, 1,4% O<sub>2</sub>-be (98,6% N<sub>2</sub> gázkoncentrációban) csomagolt  $200 \pm 5$  g tömegű szeletelt alma (*Malus domestica*, Borkh., cv. Idared) termék, 5 °C tárolás mellett, citromsav 4 g/L, aszkorbinsav 4 g/L, nátrium-klorid 2 g/L és kalcium-klorid 6 g/L koncentrációjú áztatóoldat felhasználásával,  $642,27 \pm 4,69$  mL térfogatú polipropilén tálca csomagolásban,  $2 \cdot 10^{-2} \pm 5,3 \cdot 10^{-3}$  mm<sup>2</sup> felületű mikroperforáció használatával 12. napos tárolás után is megtartja friss jellegét, fogyaszthatóságát.

## 6. PUBLIKÁCIÓK

### Impakt faktoros folyóiratcikkek

- Zsuzsanna Horváth-Mezőfi, Emese Bátor, **Gergő Szabó**, Mónika Göb, Zoltán Sasvár, Lien Le Phuong Nguyen, Koppány Majzinger, Karolina Ilona Hidas, Anna Visy, Géza Hitka, Tamás Zsom (2023): Effect of 1-MCP treatment on tomato photosynthetic chlorophyll activity during storage. Progress in Agricultural Engineering Sciences (19) S1, p 17-25, **IF: 0,73; Q: Q3** DOI: <https://doi.org/10.1556/446.2023.00078>
- Ha N.T.T., Pham T.T., Nguyen L.P.L., Mac H.X., Mónika Göb, Zoltán Sasvár, **Gergő Szabó**, Zsuzsanna Horváth-Mezőfi, Tamás Zsom, Géza Hitka (2023): Modelling of stiffness of ‘Irene’ apple during storage and shelf-life. Acta Horticulturae: Technical communications of ISHS 1382, p 157-162, **IF: 0,27; Q: Q4**, DOI: 10.17660/ActaHortic.2023.1382.20
- Ha N.T.T., Pham T.T., Nguyen L.P.L., Mac H.X., Mónika Göb, Zoltán Sasvár, **Gergő Szabó**, Zsuzsanna Horváth-Mezőfi, Tamás Zsom, Géza Hitka (2023): Carbon dioxide and ethylene production modeling of apricot at three maturity stages Acta Horticulturae: Technical communications of ISHS 1382, p 33-40 **IF: 0,27; Q: Q4**, DOI: 10.17660/ActaHortic.2023.1382.5
- **Gergő Szabó**, Flóra Vitális, Zsuzsanna Horváth-Mezőfi, Mónika Göb, Aguinaga Bosquez Juan Pablo, Tamás Zsom, Nguyen Lien Le Phuong, Géza Hitka, Zoltán Kovács, László Friedrich (2023): Application of Near Infrared Spectroscopy to Monitor the Quality Change of Sour Cherry Stored under Modified Atmosphere Conditions. Sensors, (23) 1, p 479. **IF: 4,35; Q: Q1**, DOI: <https://doi.org/10.3390/s23010479>
- Lien Le Phuong Nguyen, **Gergő Szabó**, Tamás Zsom, Géza Hitka (2022): Application of ethylene for ripening of 1-MCP treated pear after cold storage. Acta Alimentaria: An International Journal of Food (51) 2, p 176-184, **IF: 1,084; Q: Q3**, DOI: <https://doi.org/10.1556/066.2021.00201>
- Viktória Zsom-Muha, Lien Le Phuong Nguyen, László Baranyai, Géza Hitka, Zsuzsanna Horváth-Mezőfi, **Gergő Szabó**, and Tamás Zsom. (2021): An attempt to the nondestructive investigation of photo-induced potato postharvest quality degradation – Preliminary results. Progress in Agricultural Engineering Sciences, (17) S1, p 99–109, **IF: 0,435; Q: Q4**, DOI: <https://doi.org/10.1556/446.2021.30012>
- Lien Le Phuong Nguyen, **Gergő Szabó**, Géza Hitka, Tamás Zsom, Adrienn Tóth, Csaba Németh, Zoltán Kókai (2018): Effect of ethylene absorber on banana during storage. Acta

Horticulturae: Technical Communications of ISHS (1216) 1, p 55-58, **IF: 0,247; Q: Q4**, DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1216.7

- Lien Le Phuong Nguyen, **Gergő Szabó**, Géza Hitka, Tamás Zsom (2018): Effect of Hot Water, Chlorine and Ozone Microbubbles Treatment on Melon. International Journal of Food Engineering, (4) 1, p 27-31, **IF: 0,948; Q: Q2**, DOI: 10.18178/ijfe.4.1.27-31

#### **Impakt faktorról és Q1-Q4 minősítéssel nem rendelkező folyóiratcikkek**

- **Szabó Gergő**, Horváth-Mezőfi Zsuzsanna, Zsom Tamás, Hitka Géza (2022): A tárolás és a postharvest kezelések hatása a meggy beltartalmi mutatóira. Értékálló Aranykorona (22. évfolyam) 5-6. szám, pp. 12-13.

- Dr. Zsom Tamás, Dr. Hitka Géza, Horváth-Mezőfi Zsuzsanna, **Szabó Gergő** (2021): A burgonya piaci követelményei és áruvá készítése. Értékálló Aranykorona (21. évfolyam) 8. szám, p. 8-9.

- Horváth-Mezőfi Zsuzsanna, **Szabó Gergő**, Göb Mónika, Bátor Emese, Nguyen Le Phuong Lien, Visy Anna, Hidas Karina, Nagy Zsófia, Hitka Géza, Zsom Tamás (2021): 1-MCP-vel történő érésgátló kezelés hatása különböző érettségi állapotú paradicsom minőségére. Acta Agronomica Óváriensis, (62) 3, p. 62-75.

- **Szabó Gergő**, Horváth-Mezőfi Zsuzsanna, Lien Le Phuong Nguyen, Kocsis Tamás, Göb Mónika, Zsom Tamás, Hitka Géza (2021): Meggy tárolásának fejlesztése mosás és ehető bevonat alkalmazásával. Acta Agronomica Óváriensis, (62) 3, p. 76-87.

#### **7. IRODALOMJEGYZÉK**

- Hitka G. (2011) Budapesti Corvinus Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Kajszi szabályozott légterű tárolása, Árukezelési és Áruforgalmazási Tanszék, Doktori Értekezés, Budapest
- Szabó, G., Vitális, F., Horváth-Mezőfi, Zs., Gob, M., Aguinaga Bosquez, J., P., Gillay, Z., Zsom, T., Nguyen, L., L., P., Hitka, G., Kovács, Z., Friedrich, L. (2023) Application of near infrared spectroscopy to monitor the quality change of sour cherry stored under modified atmosphere conditions. Sensors 2023, 23, 1, p 479 <https://doi.org/10.3390/s23010479>