

Nagy hidrosztatikus nyomással kezelt gyümölcslevek vizsgálata

Cserhalmi Zsuzsanna – Mészáros László – Sass Ágnes – Tóth Marianna

ÖSSZEFOGLALÓ

A SZERZŐK A NAGY HIDROSZTATIKUS NYOMÁSSAL KEZELT ALMALÉ, SZAMÓCALÉ, MÁLNALÉ, SZEDERLÉ, MEGGYLÉ ÉS SZILVALÉ REFRAKCIÓ ÉS pH ÉRTÉKÉT, VISZKOZITÁST, VEZETŐKÉPESSÉGÉT, SZÍNÉT NEM ENZIMES BARNULÁSI INDEXÉT, SZERVES SAVTARTALMÁT ÉS ILLÉKONY AROMA KOMPONENSEIT VIZSGÁLTÁK. MEGÁLLAPÍTOTTÁK, HOGY A KEZELÉS NEM VOLT HATÁSSAL A MINTÁK REFRAKCIÓJÁRA, DE A VISZKOZITÁST, VEZETŐKÉPESSÉGET, pH-T, NEM ENZIMES BARNULÁSI INDEXET, A SZÍNT ÉS AZ AROMA KOMPONENSEK MENNYISÉGÉT BIZONYOS ESETEKBE SZIGNIFIKÁNSAN BEFOLYÁSOLTA.

INHALT

DIE AUTOREN HABEN DIE pH-WERTE, DIE VISKOSITÄT, DIE LEITFÄHIGKEIT, DIE FARBE, DEN NICHT ENZYMATISCHEN BRÄUNENINDEX, DEN ORGANISCHEN SÄUREGEHALT UND DIE FLÜCHTIGEN AROMAKOMPONENTEN DER MIT HOHEM HYDROSTATISCHEN DRUCK BEHANDELTEN APFEL-, ERDBEERE-, HIMBEERE-, BROMBEERE-,

SAUERKIRSCH- UND PFLAUMESÄFTE. ES WURDE FESTGESTELLT, DASS DIE BEHANDLUNG KEINE WIRKUNG AUF DIE REFRAKTION DER PROBEN GEHABT HAT ABER, IM BESTIMMTEN FÄLLEN, HAT SIE DOCH EINEN SIGNIFIKANTEN EINFLUSS AUF DIE VISKOSITÄT, DIE LEITFÄHIGKEIT, pH, DEN NICHT ENZYMATISCHEN BRÄUNENINDEX, DIE FARBE UND DIE QUANTITÄT DER AROMAKOMPONENTEN GEÜBT.

SUMMARY

THE AUTHORS HAVE EXAMINED THE pH-VALUE, VISCOSITY, CONDUCTIVITY, COLOUR, NON-ENZYMATIC BROWNING INDEX, ORGANIC ACID-CONTENT AND VOLATILE AROMA COMPONENTS OF APPLE-, STRAWBERRY-, RASPBERRY-, BLACKBERRY-, SOUR CHERRY- AND PLUM-JUICES TREATED THROUGH HIGH HYDROSTATIC PRESSURE. THEY HAVE COME TO THE CONCLUSION THAT THE TREATMENT HAD NO EFFECT ON THE REFRACTION OF THE SAMPLES, HOWEVER, IN CERTAIN CASES, IT AFFECTED SIGNIFICANTLY THE VISCOSITY, CONDUCTIVITY, pH, NON-ENZYMATIC BROWNING INDEX, COLOUR AND THE QUANTITY OF THE AROMA COMPONENTS.

BEVEZETÉS

A nagy hidrosztatikus nyomás (High hydrostatic pressure, HHP) a kíméletes élelmiszerfeldolgozási technológiák egyik legismertebb képviselője, mely sikerét annak köszönheti, hogy alkalmazásával a kezelt élelmiszerek megőrzik friss jellegüket, állományukban, színükben és ízükben kifejezésre jutó érzékszervi tulajdonságaikat és vitamin tartalmuk sem csökkent jelentősen.

A nagy nyomás élelmiszer tartósításra történő alkalmazása Hite (1899) nevéhez fűződik, de a legutóbbi évtizedekig e technika más irányú, nem élelmiszeripari alkalmazása kapott elsődlegesen hangsúlyt. Az első, élelmiszeripari szintű alkalmazásra a kilencvenes évek elején Japánban került sor. Mind Európában, mind pedig az USA-ban a jelentős kutatások elenére ipari szintű alkalmazás a magas beruházási költség és szabályozási kérdések miatt lassan halad. Néhány jelenlegi alkalmazást mutat be az 1. táblázat.

A nagy hidrosztatikus nyomás, amely megállíthatatlanul és egyenletesen fejti ki hatását függetlenül a kezelt élelmiszer méretétől, alakjától és összetételétől jellemzően a fehérjék denaturációját, szerkezeti változásokat, sejt deformációt és a sejt membrán károsodását okozza. Ezek a folyamatok a mikroorganizmusok és az enzimek inaktiválásához vezetnek. A kezelés hatékonyságát döntően befolyásolja az alkalmazott nyomás nagysága, a kezelés időtartama, a kezelési hőmérséklet, beleértve az adiabatikus melegedést, a termék kiindulási hőmérséklete, a kezelőtér hőmérséklet eloszlása a nyomás so-

rán, a termék pH-ja, összetétele, vízaktivitása, a csomagoló anyag sértetlensége (Cheftel, 1992, Simpson and Gilmour, 1997, Raso et al., 1998, Kalchayanand et al., 1998, Teo et al., 2001, Farkas et al., 2003). Számos tanulmány foglalkozik a technológia mikroorganizmusokra, enzimekre gyakorolt hatásával (Cheftel, 1991, 1995, Mertens and Knorr, 1992, Knorr, 1993, 1995, Heinz and Knorr, 1998, Ritz et al., 2000, Spilimbergo et al., 2002, Gracia-Graells et al., 2003). Viszonylag keveset tudunk azonban a technológia gyümölcslevek fizikai és kémiai tulajdonságaira gyakorolt hatásáról. A témában eddig megjelent irodalmak a technológia gyümölcslevek fizikai és kémiai tulajdonságaira gyakorolt, a hagyományos hőkezeléses technológiáknál kíméletesebb hatásáról számolnak be (Butz et al., 1997, 2003, Tauscher, 1998,

Lambert et al., 1999, Zabetakis et al., 2000, Fernández Gracia et al., 2001, Dalmadi, 2003).

Munkánk során célul tűztük ki a technológia almalé, szamócalé, málnalé, szederlé, meggylé és szilvalé refrakció és pH értékére, vezetőképességére, viszkozitására, színére, nem enzimés barnulási indexére, szerves sav tartalmára és illékony aroma komponenseire gyakorolt hatásának vizsgálatát.

Anyagok és módszerek

Vizsgálati anyagok

Vizsgálatainkat az EKO Kft. által gyártott frissen préselt, hőkezelés mentes 100%-os almalével, valamint a nagyrédei hűtőházból származó fagyasztott gyümölcsökből (szamóca, málna, sze-

1. táblázat

Nagy nyomású technológia élelmiszeripari alkalmazása

| Termék | Gyártó | Gyártási körülmény |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------|
| Jam, gyümölcs dressing, gyümölcs szósz, joghurt, gyümölcs zselé | Meidi-ya Company, Japán | 400 MPa, 10–30 perc, 20 °C |
| Grapefruit lé | Pokka Corp., Japán | 120–400 MPa, 2–20 perc, 20°C + hőkezelés |
| Mandarin lé | Wakayama Food Ind., Japán | 300–400 MPa, 2–3 perc, 20 °C |
| Nem fagyasztott tropikus gyümölcsök | Nishin Oil Mills, Japán | 50–200 MPa („megfagy” –18 °C) |
| Tenderizált marhahús | Fuji Ciku Mutterham, Japán | 100–50 MPa, 30–40 perc, 20 °C |
| Avokádó | Avomex, USA | 700 MPa, 600–800 L/óra |
| Narancs lé | UltiFruit, Franciaország | 500 MPa, 5 vagy 10 perces ciklusok 1 perces tartással |
| Hűskészítmények (szeletelt sonka, vörösrák, mini kolbászok) | Espuna, Spanyolország | 400 MPa, 5–10 perc, 10 °C alatt |

der, meggy és szilva) laboratóriumi körülmények között előállított, szűrőpapíron (MN 6151/4) többszörösen szűrt, centrifugált (3000 ford./perc, 15 perc), desztillált vízzel az adott koncentrációra hígított nyers levekkel végeztük. A számóca, szeder és szilvaleveket 50%-ra, a málnalevet 40%, a meggylevet 25%-ra hígítottuk. A hígítást a gyümölcsle minták Pulzáló elektromos térerővel történő kezelhetősége indokolta, amit a nagy nyomású kezeléssel párhuzamosan végeztünk és a mérések eredményéről az Élelmezési Ipar 2004. évi 1. számában számoltunk be. A hígított gyümölcsleveket a felhasználásig $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tároltuk, majd a felhasználás előtt hűtőszekrényben ($5\text{ }^{\circ}\text{C}$) felengedtettük.

HHP kezelés

Stansted „Food-Lab 900” típusú nagy nyomású készülékkel dolgoztunk. A gyümölcsleveket 30 ml-s polietilén edényekbe töltöttük és 600 MPa nyomáson 10 percig kezeltük. A kezelés során a minták hőmérséklete $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatt volt. A kezelt mintákat a mérések elvégzéséig hűtőszekrényben $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on, illetve $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tároltuk.

Vizsgálati módszerek

A minták refrakcióját refraktométerrel (Zeiss, Jena, DDR), pH értékét OP-211/1 (Radelkis) pH-mérővel, vezetőképességet OK-104 típusú (Radelkis) konduktométerrel, viszkozitását Rheotest 2 típusú rotációs viszkoziméterrel, színét a teljes látható fénytartományban felvett spektrum alapján UV-160A típusú (Shimadzu, Japán) fotométerrel, valamint tristimulusos színértékek meghatározásával Chroma méterrel (CR 200, Minolta, Japán) mértük. A műszeres színmérsélnél meghatározott világossági tényező (L^*), vörös (a^*) és sárga (b^*) színezet alapján megállapítottuk a minták színíngér különbségét (ΔE). A színíngér különbségi értékek és a vizuális megítélés között az alábbi kapcsolat van (Lukács, 1982):

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

| DE | Szemmel észlve a különbség |
|----------|----------------------------|
| 0–0,5 | nem észrevehető |
| 0,5–1,5 | alig észrevehető |
| 1,5–3,0 | észrevehető |
| 3,0–6,0 | jól látható |
| 6,0–12,0 | nagy |

A minták nem-enzimes barnulási indexét (NEBI) Birk és munkatársai (1998) által kidolgozott fotometriás módszerrel

határoztuk meg. A gyümölcslevelek szerves sav tartalmát (almasav, citromsav, borkósav és aszkorbinsav) HPLC-vel mértük Alliance Waters 2690 kromatográfiai rendszerben diódasoros detektorral (Waters 996) reverz fázison. YMC ODS-AQ ((250×4,6 mm I.D., S-5 μ m) oszlopot (ABL&E-JASCO) használtunk. Az eluens (KH_2PO_4 2,75 g L $^{-1}$, pH: 2,8) átfolyási sebessége 0,7 mL min $^{-1}$ volt. Az almasav, citromsav és borkósav detektálása 412 nm-en, az aszkorbinsavé 242 nm-en történt. A mennyiségi analízishez a hígítási sor 0,01 g L $^{-1}$ –1,0 g L $^{-1}$ között volt. A korrelációs koeficiens (R^2) 0,9999, a reprodukálhatóság $< \pm 3\%$, a relatív standard hiba $< \pm 5\%$ volt. Az illékony aroma komponensek mennyiségét szilárd fázisú mikroextrakciós mintaelőkészítéssel, gázkromatográfiai-tömegspektrometriás (GC-MS) módszerrel határoztuk meg. Az aromaanyagok kinyerése és mérése blokktermosztátban kevertetés mellett $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on két órás ek-

vilbrálást követően mikroextrakciós készülékkel, PDMS (polidimetil-sziloxán) szállal a gőztérből vett mintából HP 5890 típusú gázkromatográfban HP 5971 tömegszelektív detektorral történt. Az alkalmazott oszlop RH-5 ms $^+$ (30 m hossz, 0,25 mm belső átmérő, 0,25 μ m filmvastagság), a vivőgáz hélium volt. Az alkalmazott hőmérsékletprogram: $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 1 perc, $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{perc}$ $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig, $15\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{perc}$ $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig, 8 perc a véghőmérsékleten, splitless injektálás, 1 perc, detektor $260\text{ }^{\circ}\text{C}$. A vegyületek azonosítása számítógépes könyvtárkereséssel történt, Wiley 275 könyvtár felhasználásával. Az eredményként megadott adatok csúcsterület-értékek.

A vizsgálatokat három párhuzamos méréssel végeztük, az eredményeket páros t-próbával értékeltük. A szignifikáns különbségeket $p < 0,05$, $p < 0,01$, illetve $p < 0,001$ szinten határoztuk meg. A táblázatban feltüntetett eredmények a mérések átlag értékeit tartalmazzák.

2. táblázat

Gyümölcsle minták refrakció ($^{\circ}\text{Brix}$), pH, vezetőképesség és viszkozitás értékei

| Minta | Kezelés | $^{\circ}\text{Brix}$ (%) | pH | Vezetőképesség (mS) | Viszkozitás (cP) |
|-----------|------------|---------------------------|---------|---------------------|------------------|
| Almalé | Kezeletlen | 11,00 | 3,50 | 1,29 | 1,65 |
| | Kezelt | 11,50 | 3,47 | 1,29 | 1,64 |
| Szamócalé | Kezeletlen | 4,80 | 3,30 | 1,72 | 2,27 |
| | Kezelt | 5,00 | 3,16*** | 1,84* | 2,72** |
| Málnalé | Kezeletlen | 4,50 | 3,13 | 1,69 | 2,21 |
| | Kezelt | 4,20 | 2,99** | 1,83* | 2,71 |
| Szederlé | Kezeletlen | 6,25 | 3,29 | 1,33 | 3,05 |
| | Kezelt | 6,40 | 3,19* | 1,49* | 2,91 |
| Meggylé | Kezeletlen | 5,10 | 3,27 | 1,37 | 1,15 |
| | Kezelt | 5,00 | 3,24 | 1,50** | 1,23 |
| Szilvalé | Kezeletlen | 7,50 | 3,51 | 1,53 | 6,69 |
| | Kezelt | 7,70 | 3,43* | 1,61* | 7,56 |

*A kontrolltól szignifikánsan különbözik $p = 0,05$ szinten, **szignifikánsan különbözik $p = 0,01$ szinten, ***szignifikánsan különbözik $p = 0,001$ szinten

Eredmények és következtetések

A vizsgált gyümölcsle minták refrakció ($^{\circ}\text{Brix}$), pH, vezetőképesség és viszkozitás értékeit a 2. táblázat tartalmazza. A táblázat adataiból látható, hogy a nagy nyomású kezelés nem volt hatással a gyümölcslevelek refrakciójára és a viszkozitás is csupán a szamócalé esetében mutatott szignifikáns különbséget. Szignifikáns változásokat tapasztaltunk a vezetőképességben és a pH-ban. Az almalé kivételével a kezelés hatására valamennyi vizsgált minta vezetőképessége növekedett. Matematikailag szignifikáns pH változást, vagyis csökkenését négy esetben, szamócalében, málnalében, szederlében és szilvalében mértünk. A matema-

3. táblázat

Gyümölcsle minták NEBI értéke

| Minta | Kezelés | NEBI |
|-----------|------------|---------|
| Almalé | Kezeletlen | 0,314 |
| | Kezelt | 0,473** |
| Szamócalé | Kezeletlen | 0,544 |
| | Kezelt | 0,542 |
| Málnalé | Kezeletlen | 0,703 |
| | Kezelt | 0,702 |
| Szederlé | Kezeletlen | 0,657 |
| | Kezelt | 0,688* |
| Meggylé | Kezeletlen | 0,109 |
| | Kezelt | 0,116* |
| Szilvalé | Kezeletlen | 0,150 |
| | Kezelt | 0,171** |

*A kontrolltól szignifikánsan különbözik $p = 0,05$ szinten, **szignifikánsan különbözik $p = 0,01$ szinten

4. táblázat

Gyümölcslevek szerves sav tartalma

| Minta | Kezelés | Almasav (g/l) | Citromsav (g/l) | Aszkorbinsav (mg/l) |
|-----------|------------|---------------|-----------------|---------------------|
| Almalé | Kezeletlen | 3,47 | 0,36 | – |
| | Kezelt | 3,49 | 0,33 | – |
| Szamócalé | Kezeletlen | 2,69 | 10,37 | – |
| | Kezelt | 2,13 | 9,87 | – |
| Málnalé | Kezeletlen | 1,12 | 19,51 | 88,60 |
| | Kezelt | 1,11 | 19,48 | 78,15 |
| Szederlé | Kezeletlen | 6,03 | 0,47 | – |
| | Kezelt | 5,35 | 0,42 | – |
| Meggylé | Kezeletlen | 21,87 | 0,30 | – |
| | Kezelt | 21,17 | 0,23 | – |
| Szilvalé | Kezeletlen | 7,09 | 0,01 | – |
| | Kezelt | 7,05 | 0,01 | – |

5. táblázat

Gyümölcslevek színpontjainak értékelése CIELab színíngermérő rendszerben

| Minta | Kezelés | L | a | b | ΔE* |
|-----------|------------|----------|---------|---------|-------|
| Almalé | Kezeletlen | 35,42 | 3,41 | 16,74 | 13,36 |
| | Kezelt | 28,77*** | 1,47*** | 5,32*** | |
| Szamócalé | Kezeletlen | 25,71 | 6,80 | 1,36 | 2,59 |
| | Kezelt | 25,48 | 4,27*** | 0,84*** | |
| Málnalé | Kezeletlen | 25,09 | 2,65 | 0,16 | 0,69 |
| | Kezelt | 25,00 | 1,97*** | 0,14 | |
| Szederlé | Kezeletlen | 24,90 | 0,86 | 0,07 | 0,10 |
| | Kezelt | 24,98 | 0,91 | 0,10** | |
| Meggylé | Kezeletlen | 24,93 | 1,88 | 0,11 | 0,65 |
| | Kezelt | 24,94 | 1,24*** | 0,02** | |
| Szilvalé | Kezeletlen | 24,85 | 0,44 | 0,59 | 0,18 |
| | Kezelt | 25,03 | 0,43 | 0,57 | |

A kontrolltól szignifikánsan különbözik p = 0,01 szinten, *szignifikánsan különbözik p = 0,001 szinten (ΔE = 0–0,5 szemmel nem észrevehető, ΔE = 0,5–1,5 alig észrevehető, ΔE = 1,5–3 észrevehető, ΔE = 3–6 jól látható, ΔE = 6–12 nagy különbség)

tikailag szignifikáns változások ellenére a mért jellemzőkre vonatkozólag gyakorlatilag jelentős változásokról nem beszélhetünk.

A minták nem-enzimes barnulási értéke (NEBI), amely bizonyos kémiai folyamatokra utal, mint pl. C-vitamin degradáció, barna pigmentek kialakulása, a kezelés eredményeként az almalé, szederlé és szilvalé esetében szignifikáns különbségeket mutattak (3. táblázat). A kezelt almalé NEBI-e 50,6%-kal lett nagyobb, mint a kontroll mintáé. Ez azzal magyarázható, hogy a kezelés során az almalé minták, feltételezhetően enzimikus tevékenységnek köszönhetően, opálosak lettek és ez az opálosság zavarta a NEBI meghatározást, amelyet a minta derítése után kolorimetriás mérésel határozzunk meg. A szederlé és szilvalé mintáknál a kezelést követő NEBI növekedés 4,7%-os, illetve 14%-os volt.

A gyümölcslevek fő szerves sav komponenseinek mennyisége, amelyeket a 4. táblázatban foglaltunk össze a kezelés hatására gyakorlatilag nem változtak. Aszkorbinsavat csupán a málnalé mintákban sikerült kimutatni és mérni, amelynek mennyisége a kezelés során jelentősen nem változott.

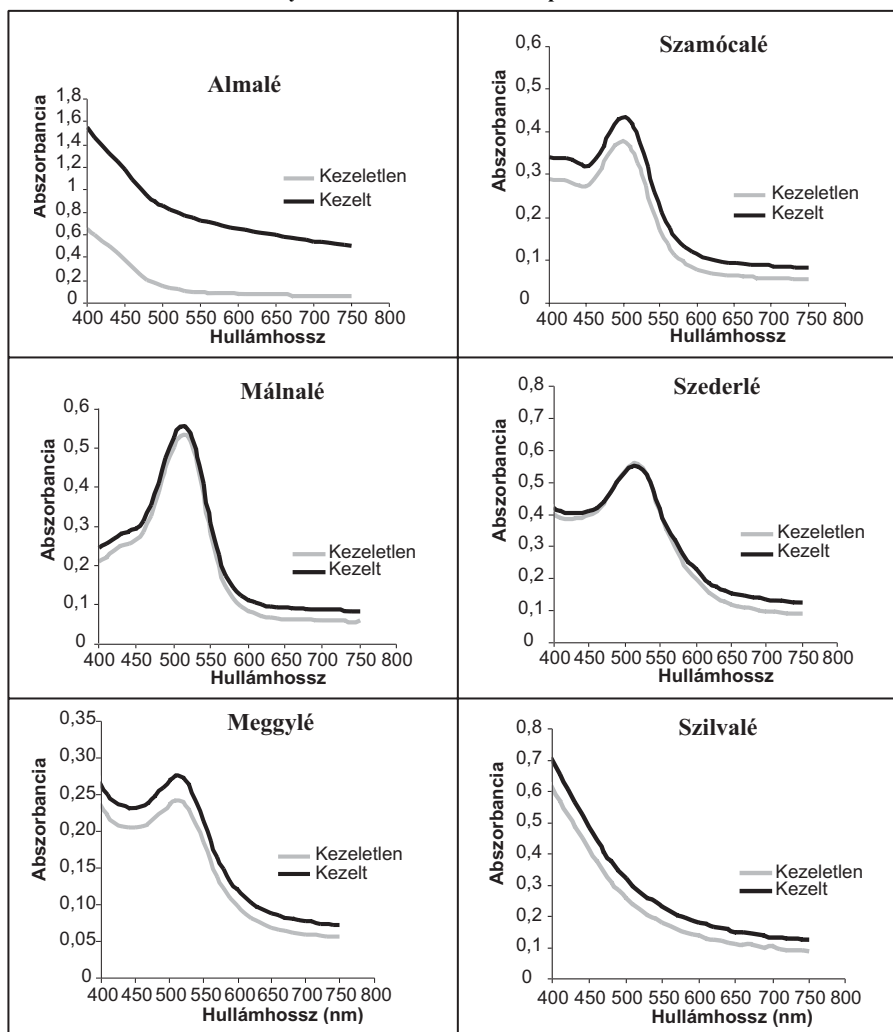
A műszeres színmérés eredményeit, a gyümölcslevek színpontjainak értékelését a CIELab színíngermérő rendszerben, az 5. táblázat mutatja. A kezelés eredményeként az almalé opálos jellegéből adódóan a kezelt minta színintenzitása (L*), vörös (a*) és sárga (b*) színezete szignifikánsan különbözött a kezeletlen mintától. A színíngér különbség (DE) ennek megfelelően igen nagy különbséget mutatott. Szignifikáns különbséget mérünk a kezeletlen és kezelt minták vörös és sárga színezetében a szamócalé és

meggylé esetében. A minták színíngér különbsége a szamócalénél már szemmel észrevehető, a meggylénél alig észrevehető különbséget mutatott. A málnalé esetében a vörös, a szederlé esetében pedig a sárga színezetben volt szignifikáns különbség a kezelt és kezeletlen minták között. A színíngér különbség a málnalénél alig észrevehetőnek, a szederlénél szemmel nem észrevehetőnek

ben pedig a sárga színezetben volt szignifikáns különbség a kezelt és kezeletlen minták között. A színíngér különbség a málnalénél alig észrevehetőnek, a szederlénél szemmel nem észrevehetőnek

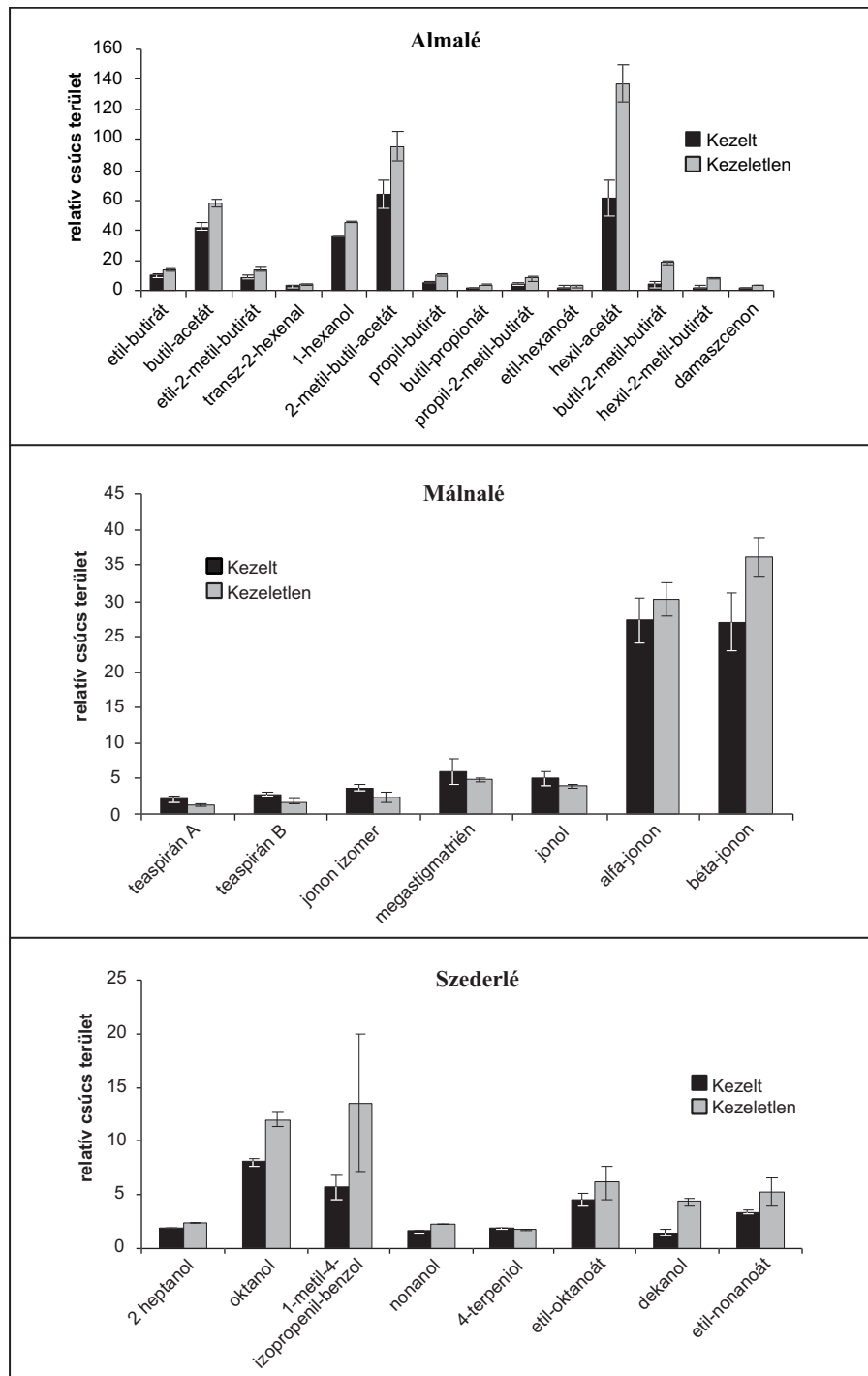
6. táblázat

Gyümölcslevek abszorbancia spektruma



7. táblázat

Gyümölcsök illó aromaanyagai



adódott. A szilvalé esetében a kezelt és kezeletlen minták között nem volt szemmel észrevehető különbség.

A kezelt és kezeletlen minták teljes látható fény tartományban felvett abszorbancia spektrumai (6. táblázat) az almalé kivételével – az opálos jellegből adódóan – közel azonos lefutásúak voltak.

A gyümölcslevek illó aromaanyagainak 7. táblázatban foglaltuk össze. A kezelés következtében az almalé aroma komponenseinek mennyisége szignifikánsan csökkent. A málnalé fő aromakomponensei közül a β -jonon koncentrációjában következett be szignifikáns változás. A szederlé esetében az oktanol, nonanol és a dekanol mennyisége csökkent jelen-

tősen. A táblázatban nem ismertetett szamóca-, meggy- és szilvalé mintáknál a kezelt és kezeletlen minták aroma anyagai között szignifikáns különbséget nem tapasztaltunk.

Vizsgálati eredményeinket összegezve megállapíthattuk, hogy a kezelés nem volt hatással a minták refrakciójára, de a kezelt és a kezeletlen minták viszkozitása, vezetőképessége és a pH értéke között néhány esetben matematikailag szignifikáns különbségeket mértünk. A matematikailag számított különbségek ellenére gyakorlati szempontból jelentős különbségekről azonban nem beszélhetünk. A nem enzimikus barnulási index a vizsgált hat minta közül háromnál mutatott szignifikáns különbséget, mely közül az almalé esetében a kezelés során bekövetkező opálos jelleg a mérést negatív irányban befolyásolta. Ez az opáloság a minta műszeres színmérése és abszorbancia spektrumának mérése során is zavart okozott. A műszeres színmérés eredményéből számított színíngert különbség a számócalé kivételével, ahol már szemmel észrevehető különbséget kaptunk, a kezelt és kezeletlen minták között nem vagy alig észrevehető különbségeket mutatott. A teljes láthatófény tartományban felvett kezelt és kezeletlen minták abszorbancia spektrumai is közel azonosak voltak. A kezelés hatására a minták aroma anyagai csökkentek, ez a csökkenés az almalé esetében szinte valamennyi aroma komponens esetében szignifikáns volt. A málnalé esetében csupán a β -jonon, a szederlé esetében pedig az oktanol, nonanol és dekanol mennyisége változott jelentősen. A másik három minta aroma anyagai szignifikánsan nem változtak. A minták fő szerves sav komponensei a kezelés hatására gyakorlatilag nem változtak.

Bár több mért jellemzőnél beigazolódtott a nagynyomású kezelés viszonylag csekély hatása a végső következtetések levonásához további vizsgálatok szükségesek.

Irodalom

A 24 pontból álló irodalmat az érdeklődők megtekinthetik a szerzőknél.

Szerző: Dr. Cserhalmi Zsuzsanna
mb. főosztályvezető
Mészáros László
Dr. Sass Ágnes
tudományos főmunkatárs
Dr. Tóth Marianna
tudományos főmunkatárs