

**DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI**

**SZÉKELYHIDI RITA**

**MOSONMAGYARÓVÁR**

**2019**

**DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI**

**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM  
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZER-TUDOMÁNYI KAR  
ÉLELMISZER-TUDOMÁNYI TANSZÉK  
MOSONMAGYARÓVÁR**

Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer-tudományi  
Multidiszciplináris Doktori Iskola  
Pulay Gábor Élelmiszer-tudományi Doktori Program

Doktori Iskola vezetője:  
Prof. Dr. Ördög Vince

Programvezető:  
Prof. Dr. Varga László

Témavezetők:  
Dr. Ajtony Zsolt

**GYÓGYNÖVÉNY EREDETŰ ILLÓ ALKOTÓK VIZSGÁLATA  
SPME-GC-MS MÓDSZERREL KÉRŐDZŐK TAKARMÁNYÁBAN,  
VÉRPLAZMÁBAN, TEJBE, TEJZSÍRBA ÉS SAJTOKBAN**

**KÉSZÍTETTE:  
SZÉKELYHIDI RITA**

MOSONMAGYARÓVÁR

2019

2

## 1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

A legelő, tejhasznú állomány ellenőrzött körülmények között, takarmányozás útján jut hozzá gyógy- és fűszernövényekhez, amelyek révén pozitív állategészségbeli változásokra, másrészt laboratóriumi vizsgálatokkal bizonyítottan a tej megváltozott beltartalmi értékeire és ízbeli jellemzőire számíthatunk.

Jelen munkában a gyógynövényes takarmányozástól a sajtgyártásig végig követtem a hatóanyagok jelenlétét az adalékolt növények hatóanyag-tartalmától, a kinyert tej vizsgálatán keresztül a tejből készült kísérleti termékek vizsgálatáig. A szakirodalomra és a népi megfigyelésekre alapozva választottam ki több gyógy- és fűszernövényt, melyeknek illata, zamata, élettani hatása kedvező.

Célul tűztem ki, egy olyan HS-SPME-GC-MS módszer kidolgozását, melynek alkalmazásával közvetlenül nyers tej mintamátrixból mind minőségileg, mind pedig mennyiségileg meghatározhatók a különböző takarmányozási módok útján a tejelő állatok szervezetébe kerülő gyógynövényekből származó illékony terpenoidok. Igazolni kívántam továbbá, hogy a gyógynövényes takarmányozás során számos hatóanyag kerül a plazmán keresztül a tejelő állatok tejébe, illetve ezekből készült feldolgozott tejtermékekbe. Ezáltal bizonyítottam azt is, hogy gyógynövényeket tartalmazó takarmány etetésével a feldolgozó üzemek számára olyan alapanyagot lehet előállítani, amely a kidolgozott és alkalmazott analitikai eljárás által bizonyítottan kedvezően befolyásolják a tejipari termékek – elsősorban a sajtok – tulajdonságait.

## 2. SAJÁT VIZSGÁLATOK

### 2.2. Mintavételi és mintaelőkészítési eljárások

Vizsgálataimat több különböző fázisban végeztem és a felhasznált minták is két különböző telepről érkeztek az elemzések helyszínéül szolgáló Széchenyi István Egyem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Élelmiszertudományi Tanszékének Analitikai Laboratóriumába. A tejelő szarvasmarhától származó minták a Bicskei Mezőgazdasági Zrt. telepéről érkeztek ahol a kísérleti egyedeket különböző gyógynövényekkel bevetett legelőkre hajtották ki és ott a gyógynövényeket legelve jutottak szervezetükbe a vizsgálni kívánt gyógynövény hatóanyagok. A tej- és vérminták 10 napos legelést követően 2-2 kísérleti állat reggeli és esti fejésű tejéből származtak és ekkor történt a vérvétel is. A dolgozatban vizsgált sajtmintákat ezen egyedek gyógynövényes tejéből készítették a Bicskei Mezőgazdasági Zrt. munkatársai. A kecskékkal végzett etetési kísérleteket Csató József kertai mezőgazdasági vállalkozó telepén folytattam. Ebben a kísérletben már pontos mennyiségekkel végeztem az etetést. A minták 3-3 kísérleti jószágától származtak, melyeket elzárva tartottak a többi egyedtől és 10-10 napig etették 6 különböző gyógynövényvel. A takarmányhoz kevert növények mennyiségét fokozatosan emeltük a 10 nap során 40g-ról 50g-ra, hogy elkerüljük a kiskérődzők bendőjének megterhelését. A kecsketej minták az etetési kísérlet 10. napjának esti fejéséből származtak. Az etetési kísérleteket követően következett a laboratóriumba érkezett tej-, vér- és sajtminták feldolgozása és elemzése.

A tehenek esetében vérmintákból viszonylag kis mennyiség állt rendelkezésemre, ezért hogy a vizsgálatokhoz minimálisan szükséges 5 mL plazmát biztosítani tudjam, a két tehéntől származó mintát egyesítettem, majd a zárt mintavételi csőben 1 óra hosszat 5500 g gyorsuláson

centrifugáltam (3K, Sigma). A felülúszó plazmát a felhasználásig  $-20^{\circ}\text{C}$ -on tároltam. A vérminták előkészítéséhez Estell és mtsai (2010) cikkét vettem alapul, de végül a sikeres elválasztás érdekében az irodalomban közölt paramétereken változtatnom kellett.

Rövidebb idejű tároláshoz (2-3nap) a tejmintákat a beérkezésükkor  $1\text{g/L}$  koncentrációban hozzáadott nátrium-aziddal tartósítottam. A hosszabb időtartamú megőrzéshez ( $>3\text{nap}$ ) a mintákat a felhasználásig  $-20^{\circ}\text{C}$ -on tartottam.

A tejszírok elválasztásához az két lépéses centrifugálással végeztem (Abilleira és mtsai; 2010). Az általam végzett tejsír kinyerési eljárás során a tartósított tejek  $80\text{ grammját}$   $3\ 300\text{ g}$  gyorsuláson  $5^{\circ}\text{C}$ -on  $15\text{ percig}$  centrifugáltam. A felülúszó tejszint zárt centrifugacsőben  $35^{\circ}\text{C}$ -on  $5\ 500\text{ g}$  gyorsuláson  $2,5\text{ órán}$  keresztül további centrifugálásnak (3K, Sigma) vettem alá, majd a felülúszó tejszírt a felhasználásig  $-20^{\circ}\text{C}$ -on tároltam.

A kiskereskedelmi forgalomból származó vajminta zsírtartalmát a felolvasztása utáni  $35^{\circ}\text{C}$ -on és  $5\ 500\text{g}$  gyorsuláson történő  $1\text{ óra}$  időtartamú centrifugálást (3K, Sigma) követően különítettem el a vizes fázistól.

A közvetlen SPME analízisre érkező kecsketejminták  $5\text{-}5\text{ g}$ -ját a beérkezést követően kifűtött, csavaros kupakkal ellátott  $24\text{ mL}$ -es fiolába mértem és további felhasználásig  $-20^{\circ}\text{C}$ -on tároltam. a keresztszennyeződés elkerülése érdekében a fiolákat a mintabemérést megelőzően  $150^{\circ}\text{C}$ -on  $1\text{ órán}$  át kifűtöttem.

### **2.3. Szilárdfázisú mikroextrakciós mintavételi eljárások**

Az illóalkotók kinyerését SPME módszerrel és gőztér-analízissel (HS) végeztem. A mintavételhez Supelco gyártmányú kézi SPME mintavevőt (57330-U) alkalmaztam. SPME szálként a gyógynövények,

valamint a takarmányok vizsgálatához, az apoláris illó komponensek elemzéséhez gyakorta alkalmazott 1 cm hosszú 100 µm PDMS bevonatú, a vérplazma, a tej, tejszír, valamint a sajtminták vizsgálatához a gyártó (Supelco) által az illó vegyületek nyomelemzéséhez ajánlott 2 cm hosszúságú 50 µm divinilbenzol és 30µm karboxénes PDMS-bevonatú (DVB/CAR/PDMS) „stableflex” szálát használtam. Azért, hogy a SPME szálakból az állás során a levegőből megkötött illékony alkotókat eltávolítsuk, a szálakat a GC-MS készülékeink injektorában 260 °C-on 15 percig fűtöttem. A mintavételeket az 1. táblázat adatai szerint végeztem el.

**1. táblázat** SPME mintavétel során alkalmazott körülmények gyógynövényekre, vérplazmákra, tehéntejekre és sajtokra.

|  | <b>Gyógynövény</b> | <b>Plazma</b>              | <b>Tejszír</b> | <b>Kecske tej</b> | <b>Sajt</b> |
|--|--------------------|----------------------------|----------------|-------------------|-------------|
| <b>SPME szál:</b>                                | 1 cm, 100 µm PDMS  | 2 cm, 50/30µm DVB/CAR/PDMS |                |                   |             |
| <b>Fiola térfogata:</b>                          | 43 mL              | 24 mL                      |                |                   |             |
| <b>Minta tömege:</b>                             | 2 g                | 5 g                        |                |                   |             |
| <b>Termosztálási és mintavételi hőmérséklet:</b> | 55 °C              | 40 °C                      | 80 °C          | 60 °C             | 60 °C       |
| <b>Termosztálási idő:</b>                        | 50 min             |                            |                |                   |             |
| <b>Mintavételi idő:</b>                          | 5 min              | 60 min                     | 50 min         | 60 min            |             |
| <b>Kevertetés:</b>                               | nincs              | nincs                      | nincs          | 600 l/min         | nincs       |

#### **2.4. Gázkromatográf-tömegspektrométer (GC-MS) rendszer**

A gyógynövények illóalkotóinak elemzéséhez GCQ (Finnigan MAT) típusú, ioncsapdás, míg a vérplazmák, a tejek, valamint a tejszírok gőztér vizsgálataihoz QP-5000 (Shimadzu) típusú kvadrupól analízátorral ellátott gázkromatográf-tömegspektrométer rendszereket használtam. Az alkalmazott vizsgálati körülményeket a 2. táblázatban tüntettem fel.

**2. táblázat** A GC-MS elemzéseknél alkalmazott vizsgálati körülmények gyógynövényekre, vérplazmákra, tehéntejekre és sajtokra.

|                    | <b>GCQ (gyógynövény)</b>                      | <b>QP-5000<br/>(vérplazma,<br/>tejsír, sajt)</b> | <b>QP-5000<br/>(kecsketej)</b> |
|--------------------|---|--|--------------------------------|
| <b>Injektor</b>    | 280 °C, osztott, 1:30                         | 260 °C,<br>osztatlan, 5 min                      | 260 °C,<br>osztatlan,<br>4 min |
| <b>Deszorp.idő</b> | 5 min   | 5,5 min  | 4,5 min                        |
| <b>Liner</b>       | 2 mm ID, kvarc                                | 0,75 mm ID, üveg                                 |                                |
| <b>Oszlop</b>      | RTX-5 (Restek) 30 m, 0,25 mm ID, 0,25 µm film |  |                                |
| <b>Program</b>     | 50-200 °C, 3 °C/min                           | 50-185 °C,<br>3 °C/min                           | 40-160 °C,<br>3 °C/min         |
| <b>Vivőgáz</b>     | He (5.0, Linde), 35 cm/s                      |  |                                |
| <b>Ionforrás</b>   | EI, 70 eV, 200 °C                             |  |                                |

## 2.5. SPME mintavételi körülmények optimalálása

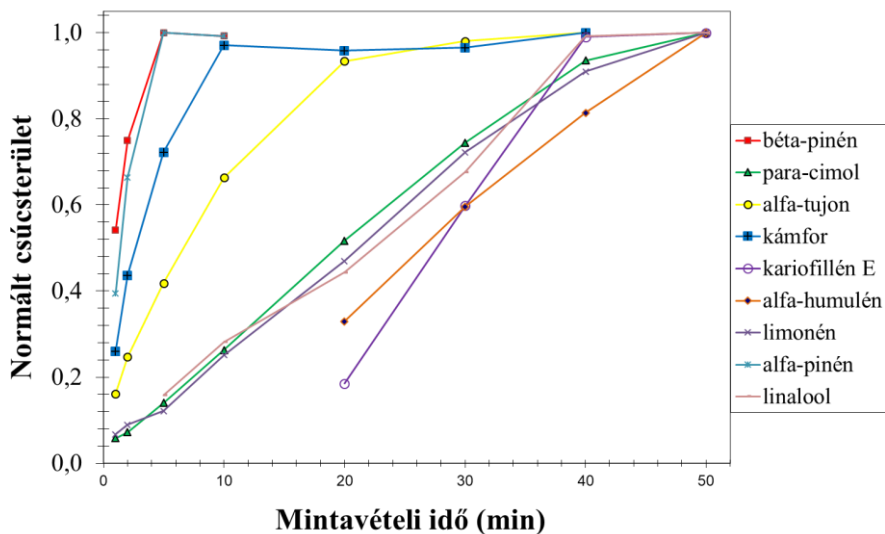
A terpén jellegű illóalkotók kvantitatív vizsgálatát az egyes tejmintákból kinyert vajzsírok és a nyers kecsketej minták gőzterének 2 cm hosszúságú 50/30 µm DVB/CAR/PDM szállal történő SPME mintavételével végeztem. Az optimális SPME mintavételi körülmények meghatározásához vizsgáltam a szálaban oldódott terpének és terpén származékok mintavételi hőmérséklet és mintavételi idő függését.

Az optimális mintavételi hőmérséklet meghatározását 5-5 g, hozzáadott terpén standardot tartalmazó (adalékolt) kiskereskedelmi forgalomból beszerzett vaj tejsíradékának, valamint adalékolt nyers kecsketejek 40, 60 és 80 °C-os gőzteréből, 60 min mintavételi idővel vett minták elemzésével végeztem. Az optimális mintavételi idő meghatározása az adalékolt vajminták gőzteréből 80 °C-on és 1, 2, 5, 10, 20, 30, illetve

50 min hosszan történt, míg adalékolt nyers kecsketejek gőzteréből 60 °C-on 1, 2, 5, 10, 15, 20, 40, illetve 60 min hosszan történt.

Tejzsír minták elemzésekor a három különböző 40, 60, valamint 80° C-os hőmérsékleten végrehajtott HS-SPME mintavételek közül a legnagyobb a 80 °C-os biztosította a méréseim legjobb érzékenységét, valamint az egyensúlyi állapot leggyorsabb beálltát. Az optimális mintavételi időt terpénekkel adalékolt tejzsír gőzterének 1, 2, 5, 10, 20, 30, 40 és 50 perces mintavételével határoztam meg úgy, hogy ábrázoltam az egyes terpének normált csúcsterületének mintavételi időtől való függését (1. ábra). Itt jól látható, hogy az illékony  $\beta$ -pinén 5, a kámfor 10, az  $\alpha$ -tujon 20, a kariofillén pedig 40 perc után érte el a csúcsterület maximumot, azaz az egyensúlyi állapotot. Meglepő, hogy a kariofillénnél illékonyabb  $p$ -cimolnál, csak 50 perc után állt be az egyensúlyi állapot. Bár az  $\alpha$ -humulénél 50 perc elteltével sem értük el a teljes egyensúlyi állapotot, azonban hosszabb mintavételi idő az érzékenységet jelentősen nem növelte, viszont jelentősen csökkentette a méréseim produktivitását. Az előbbieket figyelembe véve a tejzsírmintáknál mintavételi időnek az 50 percet választottam.

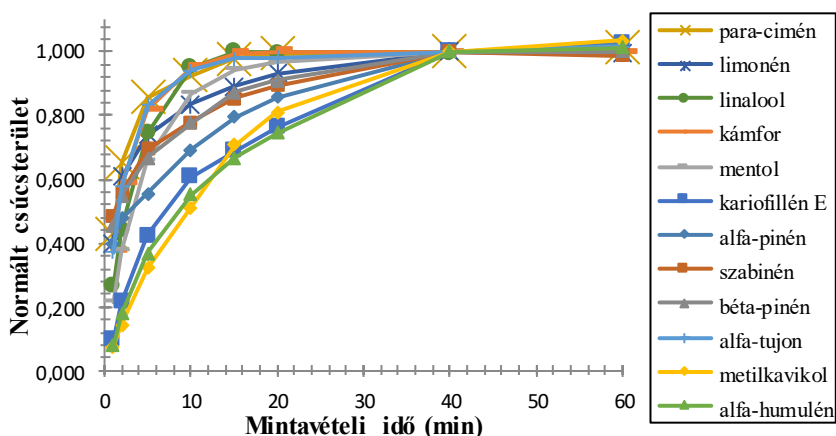




**1. ábra.** Illó alkotók GC-MS normált csúcsterületének függése a mintavételi időtől (T=80°C) szarvasmarha tejsír SPME-s gőztérbeli mintavételénél.

Adalékolt nyers kecsketejek esetében a három különböző 40, 60, valamint 80 °C-os SPME mintavételi hőmérsékletek közül a 40 °C még nem biztosított megfelelő érzékenységet a kevésbé illó alkotók számára, 80 °C-on pedig már a minta felszínének „bőrösödése” csökkentette az érzékenységet, ezért vizsgálataimhoz az SPME gőztér-mintavételt 60 °C-on hajtottam végre a minta kevertetése mellett. Az optimális mintavételi időt terpénekkel adalékolt kecsketejek gőztérének 1, 2, 5, 10, 15, 20, 40, és 60 perces mintavételével határoztam meg úgy, hogy ábrázoltam az egyes terpének normált csúcsterületének mintavételi időtől való függését (2. ábra). Az ábrán jól látható, hogy az illékonyabb  $\beta$ -pinén, kámfor,  $\alpha$ -tujon,  $\alpha$ -pinén, szabinén,  $p$ -cimol, limonén, linalool és mentol már 20 perc után elérte a csúcsterület maximumot, azaz az egyensúlyi állapotot. Nem meglepő módon a kevésbé

illékonyabb metilkavikolnál, kariofilénnél és humulénnél csak 40 perc után állt be az egyensúlyi állapot. Ezek ellenére mégis a 60 perces mintavételi időt választottam kecsketejminták esetében, mivel megfelelő ismételhetséget csak ezzel a mintavételi idővel tudtam produkálni, melynek oka valószínűleg a tejmintákban fellelhető kis mennyiségű terpénvegyület érzékenysége volt a környezeti paraméterekre.



**2. ábra** Illó alkotók GC-MS csúcsterületének függése a mintavételi időtől ( $T=60^{\circ}\text{C}$ ) kecsketej SPME-s göztérbeli mintavételénél.

## 2.6. Mérőberendezés kalibrációja

A kidolgozott GC-MS módszer kalibrációját standard addíciós eljárással kiskereskedelmi forgalomból származó vajmintából kinyert adalékolt tejsírok és adalékolt nyers kecsketejek elemzésével végeztem. Az adalékolt mintákat a következő módon állítottam elő: 24 mL térfogatú fiolákba 5-5 g tömegű kiskereskedelmi fogalomból beszerzett vajból kinyert tejsírt, illetve 5-5 g nyers kecsketejet mértem. A zsiradékokat  $40^{\circ}\text{C}$ -os vízfürdőn megolvasztottam, a nyers kecsketejekhez pedig bemérés után

közvetlenül hozzáadtam 50-50  $\mu\text{L}$  térfogatú, a terpéneket 0,02-1,2  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$  koncentrációban tartalmazó metanolos oldatot. A fiolákat lezártam és vortexszel (VELP Scientifica Rx<sup>3</sup>, Olaszország) alaposan összeráztam. Az adalékolt tejszír minták gőzteréből 80 °C-on 50 perces mintavételi idővel, míg az adalékolt nyers kecsketej mintákból 60 °C-on 60 perces mintavételi idővel mintát vettem, és a mintavevő SPME szálát a GC-MS készülék injektorába vittem. A GC-MS berendezéssel kiválasztott ion nyomkövetése (SIM) módban felvett ionkromatogramok csúcsterületei és a hozzájuk tartozó terpénkoncentráció értékpárookra a legkisebb négyzetek módszerével egyenest illesztettem. Az illesztett egyenesek a meredekségéből meghatároztam a módszer érzékenységét, valamint meghatározás alsó határát (LOQ).

$$LOQ = 10 \times SD / m \quad (1)$$

Ahol  $SD$  a detektált csúcs alatti területek szórás értéke,  
 $m$  az illesztett kalibráló egyenes meredeksége.

A tejszír és nyers kecsketej minták illó terpénjeinek minőségi meghatározásához az illó alkotók retenciós idejét, valamint a „full-scan” üzemmódban felvett tömegspektrumait hasonlítottam össze az egyes gyógynövények illó alkotóinak retenciós idejével, továbbá a NIST MS adatbázis tömegspektrumaival. A minták illó terpén tartalmának mennyiségi meghatározásához a mérőberendezés kalibrálását SIM üzemmódban, standard addíciós módszerrel tejszírok esetében tizenegy, valamint nyers kecsketejek esetében tizenkettő terpénre a 3. táblázatban feltüntetett koncentráció tartományban, 8 különböző koncentráción végeztem el. A tejszír minták elemzésének kalibrálásához felhasznált standard terpénvegyületeket, a mennyiségi meghatározásukhoz alkalmazott ionok tömeg/töltését, a terpének retenciós idejét, valamint az egyes terpének

analitikai mérőgörbéinek lineáris tartományait, meredekségeit és korrelációs együtthatóit (R) az 3. táblázatban, tüntettem fel.

**3. táblázat** Terpének GC-MS meghatározásához alkalmazott ionok tömeg/töltés (m/z) értékei, retenciós idők ( $t_R$ ), az analitikai mérőgörbék lineáris tartománya, átlagos meredeksége és szórása ( $\pm$ SD), valamint a korrelációs együtthatói (R) tejszír mintáknál.

| N°  | Vegyület          | m/z<br>Th | $t_R$ (min) | Lineáris<br>tart. (ng/g) | Meredekség<br>$\pm$ SD (g/ng) | R     |
|-----|-------------------|-----------|-------------|--------------------------|-------------------------------|-------|
| 1.  | $\alpha$ -pinén   | 93        | 7,63        | 10-1000                  | 4550 $\pm$ 64                 | 0,999 |
| 2.  | szabinén          | 93        | 9,02        | 5-770                    | 3472 $\pm$ 38                 | 0,999 |
| 3.  | $\beta$ -pinén    | 93        | 9,13        | 10-1230                  | 2857 $\pm$ 74                 | 0,997 |
| 4.  | <i>p</i> -cimol   | 119       | 11,00       | 10-1000                  | 6216 $\pm$ 86                 | 0,999 |
| 5.  | limonén           | 93        | 11,14       | 10-1000                  | 2007 $\pm$ 36                 | 0,998 |
| 6.  | linalool          | 93        | 14,25       | 10-1000                  | 945 $\pm$ 12                  | 0,999 |
| 7.  | $\alpha$ -tujon   | 110       | 14,48       | 10-1000                  | 797 $\pm$ 14                  | 0,998 |
| 8.  | kámfor            | 95        | 16,19       | 10-1000                  | 1418 $\pm$ 26                 | 0,998 |
| 9.  | metilkavikol      | 148       | 18,61       | 10-1000                  | 6640 $\pm$ 188                | 0,994 |
| 10. | kariofillén E     | 133       | 28,06       | 20-2000                  | 276 $\pm$ 8                   | 0,994 |
| 11. | $\alpha$ -humulén | 93        | 29,50       | 20-2000                  | 1576 $\pm$ 42                 | 0,995 |

Méréseim ismételhetőségét adalékolt tejszír és nyers kecsketej minták három-három párhuzamos elemzésével kapott koncentrációértékeinek korrigált tapasztalati szórása adta. A tejszírokban mért terpének átlagkoncentrációját az ismételhetőségekkel valamint a 10:1 jel-zaj arányhoz tartozó becsült meghatározási határokat a 4. táblázatban tüntettem fel. Az ismételhetőségek a metilkavikol kivételével 10% alattiak voltak. A becsült meghatározási határok 2-16 ng/g közötti értéket vettek fel. A legkisebb 2 ng/g értéket a *p*-cimolra és a metilkavikolra, a legnagyobbat pedig, 16 ng/g-ot a kariofillénre kaptam.

**4. táblázat** Analitikai teljesítmény adatok adalékolt tejszírminták SPME gőztér elemzésekor ( $C_{ad}$  – adalékolási koncentráció (ng/g), RSD (%) - párhuzamos elemzések során mért csúcsterületek relatív korrigált tapasztalati szórása (n=3), LOQ - a módszer becsült meghatározási határa).

| N°  | Vegyület          | $C_{ad}$ (ng/g) | RSD (%) | LOQ (ng/g) |
|-----|-------------------|-----------------|---------|------------|
| 1.  | $\alpha$ -pinén   | 46              | 3,2     | 3          |
| 2.  | szabinén          | 23              | 6,6     | 3          |
| 3.  | $\beta$ -pinén    | 141             | 3,6     | 4          |
| 4.  | <i>p</i> -cimol   | 65              | 9,5     | 2          |
| 5.  | limonén           | 143             | 9,8     | 4          |
| 6.  | linalool          | 98              | 6,1     | 8          |
| 7.  | $\alpha$ -tujon   | 66              | 8,6     | 6          |
| 8.  | kámfor            | 47              | 6,7     | 4          |
| 9.  | metilkavikol      | 16              | 12,9    | 2          |
| 10. | kariofillén E     | 388             | 2,5     | 16         |
| 11. | $\alpha$ -humulén | 136             | 3,4     | 6          |

A nyers kecsketej minták elemzésének kalibrálásához felhasznált standard terpénvegyületeket, a mennyiségi meghatározásukhoz alkalmazott ionok tömeg/töltését, a terpének retenciós idejét, valamint az egyes terpének analitikai mérőgörbéinek lineáris tartományait, meredekségeit és korrelációs együtthatóit (R) az 5. táblázatban, tüntettem fel.

Kecskeketejekkel végzett kalibráció során a legnagyobb érzékenységet *p*-cimolra ( $10817 \pm 96$  g/ng) és metilkavikolra ( $9969 \pm 161$  g/ng), legkisebbet pedig kariofillénre ( $1733 \pm 35$  g/ng) és kámforra ( $1875 \pm 34$  g/ng) kaptam. A kalibráció során a mérési pontokra illesztett analitikai mérőgörbék meredekségeinek kis bizonytalanságai, valamint az egyenes illesztések 0,996-nál nagyobb korrelációs együtthatói, mind a kalibrációnak kellő pontosságát bizonyítják.

**5. táblázat** Terpének GC-MS meghatározásához alkalmazott ionok tömeg/töltés (m/z) értékei, retenciós idők ( $t_R$ ), az analitikai mérőgörbék lineáris tartománya, átlagos meredeksége és szórása ( $\pm$ SD), valamint korrelációs együtthatói (R) kecsketej mintáknál.

| N° | Vegyület          | m/z (Th) | $t_R$ (min) | Lineáris tart. (ng/g) | Meredekség ( $\pm$ SD) (g/ng) | R     |
|----|-------------------|----------|-------------|-----------------------|-------------------------------|-------|
| 1  | $\alpha$ -pinén   | 93,10    | 9,70        | 5-1040                | 3115 $\pm$ 71                 | 0,996 |
| 2  | szabinén          | 93,05    | 11,38       | 10-1320               | 2610 $\pm$ 45                 | 0,997 |
| 3  | $\beta$ -pinén    | 93,15    | 11,48       | 5-1370                | 3282 $\pm$ 83                 | 0,996 |
| 4  | <i>p-cimol</i>    | 119,15   | 13,67       | 15-1300               | 10817 $\pm$ 96                | 0,997 |
| 5  | limonén           | 68,10    | 13,83       | 10-1270               | 5421 $\pm$ 32                 | 0,998 |
| 6  | linalool          | 71,10    | 17,30       | 10-1300               | 3437 $\pm$ 15                 | 0,998 |
| 7  | $\alpha$ -tujon   | 81,15    | 17,49       | 15-1530               | 2235 $\pm$ 12                 | 0,998 |
| 8  | kámfor            | 95,15    | 19,29       | 10-1400               | 1875 $\pm$ 34                 | 0,999 |
| 9  | mentol            | 71,10    | 20,66       | 10-1425               | 2788 $\pm$ 81                 | 0,999 |
| 10 | metilkavikol      | 148,20   | 21,84       | 10-1370               | 9969 $\pm$ 161                | 0,998 |
| 11 | kariofillén E     | 69,15    | 31,42       | 5-1470                | 1733 $\pm$ 35                 | 0,999 |
| 12 | $\alpha$ -humulén | 93,15    | 32,85       | 5-1350                | 5196 $\pm$ 69                 | 0,998 |

A nyers kecsketejekben mért terpének átlagkoncentrációját az ismételhetőségekkel valamint a 10:1 jel-zaj arányhoz tartozó becsült meghatározási határokat a 6. táblázatban tüntettem fel. Kecsketejek esetében az ismételhetőségek az  $\alpha$ -tujon kivételével 8%-nál jobbak. A becsült meghatározási határok 1-8 ng/g közötti értéket vettek fel. A legkisebb 1 ng/g értéket a  $\beta$ -pinénre, *p-cimol*ra és a limonénre, a legnagyobbat pedig, 8 ng/g-ot, a linaloolra kaptam.

**6. táblázat** Analitikai teljesítmény adatok adalékolt kecsketej SPME gőztér elemzésekor ( $C_{ad}$  – adalékolási koncentráció (ng/g), RSD (%) - párhuzamos elemzések során mért csúcsterületek relatív korrigált tapasztalati szórása (n=3), LOQ - a módszer becsült meghatározási határa).

| N° | Vegyület          | $C_{ad}$ (ng/g) | RSD (%) | LOQ (ng/g) |
|----|-------------------|-----------------|---------|------------|
| 1  | $\alpha$ -pinén   | 29              | 7,5     | 3          |
| 2  | szabinén          | 43              | 7,8     | 3          |
| 3  | $\beta$ -pinén    | 31              | 6,7     | 1          |
| 4  | <i>p</i> -cimol   | 56              | 7,5     | 1          |
| 5  | limonén           | 38              | 5,7     | 1          |
| 6  | linalool          | 51              | 7,4     | 8          |
| 7  | $\alpha$ -tujon   | 71              | 9,3     | 6          |
| 8  | kámfor            | 40              | 7,8     | 2          |
| 9  | mentol            | 43              | 7,8     | 2          |
| 10 | metilkavikol      | 44              | 7,2     | 2          |
| 11 | kariofillén E     | 34              | 7,7     | 2          |
| 12 | $\alpha$ -humulén | 29              | 7,0     | 2          |

### 2.7. Terpének különböző gyógynövényekkel kevert takarmánnyal etetett tehének tejsírjában

A tejminták tejsírjainak elemzése alkalmával a gyógynövények illó alkotói közül  $\alpha$ -pinént és  $\alpha$ -humulént 28, limonént 26, *p*-cimolt 16, kariofillén E-t 13,  $\beta$ -pinént 11, szabinént 9, metilkavikolt 8, kámfort pedig 4 mintából sikerült mennyiségileg meghatározni. A tejsírokban legnagyobb koncentrációban a kariofillént E-t (470 ng/g) és az  $\alpha$ -humulént (430 ng/g), míg a legkisebb koncentrációban a *p*-cimolt (2 ng/g) és a kámfort (2 ng/g) határoztam meg (7. táblázat).

**7. táblázat** A vizsgált terpéneket a kimutatási határnál nagyobb koncentrációban tartalmazó minták száma (N), a tejszírokban mért terpén koncentrációk minimuma, maximuma, aritmetikai átlaga, szórása és mediánja

|                                    | Terpén koncentrációk (ng/g) |     |     |       |        |        |
|------------------------------------|-----------------------------|-----|-----|-------|--------|--------|
|                                    | N                           | Min | Max | Átlag | Szórás | Medián |
| <b><math>\alpha</math>-pinén</b>   | 28                          | 4   | 79  | 18    | 16     | 17     |
| <b>szabinén</b>                    | 9                           | 2   | 28  | 11    | 10     | 10     |
| <b><math>\beta</math>-pinén</b>    | 11                          | 3   | 104 | 36    | 31     | 33     |
| <b>p-cimol</b>                     | 16                          | 2   | 9   | 4     | 2      | 3      |
| <b>limonén</b>                     | 26                          | 3   | 114 | 38    | 28     | 33     |
| <b>kámfor</b>                      | 4                           | 3   | 7   | 4     | 2      | 3      |
| <b>metilkavikol</b>                | 8                           | 2   | 39  | 8     | 13     | 10     |
| <b>kariofillén E</b>               | 13                          | 39  | 470 | 127   | 116    | 121    |
| <b><math>\alpha</math>-humulén</b> | 28                          | 3   | 430 | 46    | 83     | 64     |

## 2.8. Illó terpének különböző gyógynövényekkel etetett kecskék tejében

A tejben megjelenő mono- és szeszkviterpén vegyületek aránya függ attól, hogy ugyanezen vegyületek milyen összetételben voltak jelen az állatok takarmányában (Viallon és mtsai, 2000; Bugaud és mtsai, 2001). Azonban a terpénvegyületek mennyiségi és minőségi analizisét eddig kizárólag a nyers tejből elválasztott zsírfrakcióból tudták elvégezni. Az általam kifejlesztett új HS-SPME-GC-MS analitikai eljárás azonban lehetővé teszi a terpenoidok minőségi és mennyiségi meghatározását közvetlenül nyers tej mintamatrixokból, így az analizis nem igényel előzetes mintaelőkészítési eljárást.

A kecskék etetési kísérleteiből származó kecsketej minták terpén koncentrációit és az eredmények szórását (ng/g) a 8. táblázatban tüntettem fel.



**8. táblázat** Gyógynövényes kecsketej minták terpén koncentrációja és az eredmények szórása(ng/g), (n=3).

| Koncentráció ± szórás (n=3), µg/g |                   |              |              |              |              |              |              |              |
|-----------------------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| N                                 | Vegyület          | Kontroll     | Cickafark    | Zsálya       | Szagos müge  | Kamilla      | Tárkony      | Útifű        |
| 1.                                | $\alpha$ -pinén   | 2,05 ± 0,06  | –            | 15,06 ± 0,06 | 1,47 ± 0,09  | 13,14 ± 0,07 | 3,35 ± 0,03  | 7,23 ± 0,05  |
| 2.                                | szabinén          | 2,02 ± 0,09  | –            | 5,19 ± 0,09  | –            | 6,32 ± 0,06  | –            | 3,47 ± 0,04  |
| 3.                                | $\beta$ -pinén    | –            | –            | 7,23 ± 0,05  | 1,32 ± 0,08  | 7,19 ± 0,04  | 1,28 ± 0,09  | 2,41 ± 0,03  |
| 4.                                | p-cimol           | 2,11 ± 0,09  | –            | 34,42 ± 0,09 | 1,15 ± 0,09  | 40,35 ± 0,09 | 1,12 ± 0,05  | 23,39 ± 0,14 |
| 5.                                | limonén           | 13,15 ± 0,07 | 1,32 ± 0,08  | 53,36 ± 0,07 | 2,31 ± 0,06  | 57,25 ± 0,02 | 1,07 ± 0,02  | 32,49 ± 0,10 |
| 6.                                | linalool          | –            | –            | –            | –            | –            | –            | –            |
| 7.                                | $\alpha$ -tujon   | –            | 18,47 ± 0,08 | 11,29 ± 0,06 | 13,28 ± 0,03 | 15,33 ± 0,04 | 13,26 ± 0,09 | 20,17 ± 0,01 |
| 8.                                | kámfor            | –            | 2,32 ± 0,08  | –            | 2,22 ± 0,03  | –            | –            | –            |
| 9.                                | mentol            | –            | –            | –            | –            | –            | –            | –            |
| 10.                               | metilkavikol      | –            | –            | 2,09 ± 0,06  | –            | –            | –            | –            |
| 11.                               | kariofillén E     | –            | –            | –            | –            | –            | 2,28 ± 0,10  | –            |
| 12.                               | $\alpha$ -humulén | 1,24 ± 0,09  | –            | 3,17 ± 0,09  | –            | 2,48 ± 0,08  | –            | –            |

## **2.9. Gyógynövényekkel adalékolt takarmánnyal etetett tejelő szarvasmarhák vérplazmáinak, valamint a gyógynövényes tejből készült sajtoknak az illó terpén tartalma**

### **2.9.1. Vérplazma minták**

A vérplazma mintáknál 40°C fok fellett már nagy a plazmafehérjék kicsapódásának a valószínűsége, ezért a gőztér mintavételt a legnagyobb, ugyanakkor még biztonságosnak feltételezett 40 °C-os hőmérsékleten hajtottam végre.

A gyógynövényekkel etetett tehének vérplazmáiban azonosított és meghatározott terpéneket és retenciós idejüket a 9. táblázatban tüntettem fel.

**9. táblázat** Különböző gyógynövényekkel etetett tehének vérplazmájában HS-SPME-GC-MS módszerrel azonosított terpének (+) és retenciós idejük.

| N <sup>o</sup> | Vegyület            | t <sub>R</sub><br>(min) | Kontrol<br>l | Cickafar<br>k | Izsóp,<br>zsálya,<br>szagos<br>müge | Kamill<br>a | Kecskeru<br>ta | Lándzs<br>ás<br>útifű | Kakuk<br>k-<br>füves<br>széna |
|----------------|---------------------|-------------------------|--------------|---------------|-------------------------------------|-------------|----------------|-----------------------|-------------------------------|
| 1.             | $\alpha$ -tujén     | 7,42                    | –            | +             | –                                   | –           | +              | –                     | –                             |
| 2.             | $\alpha$ -pinén     | 7,65                    | +            | +             | +                                   | +           | +              | +                     | +                             |
| 3.             | kamfén              | 8,15                    | +            | –             | +                                   | –           | –              | –                     | –                             |
| 4.             | szabinén            | 9,00                    | –            | –             | +                                   | –           | +              | –                     | +                             |
| 5.             | $\beta$ -pinén      | 9,10                    | –            | –             | +                                   | –           | +              | –                     | +                             |
| 6.             | p-cimol             | 10,97                   | –            | +             | –                                   | +           | +              | –                     | +                             |
| 7.             | limonén             | 11,10                   | +            | +             | +                                   | –           | +              | +                     | +                             |
| 8.             | 1,8-cineol          | 11,23                   | –            | +             | –                                   | –           | –              | –                     | –                             |
| 9.             | $\alpha$ -tujon     | 15,22                   | –            | +             | –                                   | –           | –              | –                     | –                             |
| 10.            | $\beta$ -tujon      | 15,69                   | –            | +             | –                                   | –           | –              | –                     | –                             |
| 11.            | kámfor              | 16,18                   | –            | +             | –                                   | –           | –              | –                     | –                             |
| 12.            | transz-pinokámfon   | 16,87                   | –            | +             | –                                   | –           | –              | –                     | –                             |
| 13.            | cisz-pinokámfon     | 17,50                   | –            | +             | +                                   | –           | –              | –                     | –                             |
| 14.            | $\alpha$ -terpineol | 18,32                   | –            | +             | +                                   | –           | –              | –                     | –                             |
| 15.            | bornil-acetát       | 22,50                   | –            | +             | +                                   | –           | –              | –                     | –                             |
| 16.            | kariofillén E       | 28,22                   | –            | –             | +                                   | –           | –              | –                     | +                             |
| 17.            | $\alpha$ -humulén   | 29,67                   | +            | –             | +                                   | –           | +              | +                     | –                             |

### **2.9.2. Sajt minták**

A sajtok illó terpéntartalmának kvalitatív elemzése során a gyógynövényes takarmányt fogyasztott állatok tejéből készült friss sajtokban az illó terpének száma gomolya sajt esetében 3-ról 7-re, trappista sajtánál 5-ről 11-re növekedett a gyógynövényes takarmányozás következtében. A hathetes érlelésű gyógynövényes és kontroll (natúr) trappista sajtban talált illó terpének száma, valószínűleg az érlelés során fellépő vízvesztés okozta koncentrációnövekedés következtében a korábbi 5-ről, illetve 11-ről 12-12-re növekedett. Az eredmények egyértelműen bizonyítják, hogy a gyógynövényes takarmány kiegészítés, a kontroll mintához (natúr trappista) képest mintegy két-háromszorosára növelte az azonosított illó komponensek koncentrációját a vizsgált sajtban (gyógynövényes trappista).

**10. táblázat** Friss és hathetes érlelésű natúr és gyógynövényes trappista sajtok gőzterének HS-SPME-GC-MS módszerrel felvett SIM ionkromatogramjában (m/z 93+119) azonosított illó terpének csúcsterületei, valamint a gyógynövényes és natúr sajtok csúcsterület arányai (RSD 10%).

| N <sup>o</sup> | Vegyület             | Natúr trappista (x10 <sup>5</sup> ) | Gyógynövényes trappista (x10 <sup>5</sup> ) | Terület arányok (Gy/N) | Érett natúr trappista (x10 <sup>5</sup> ) | Érett gyógynövényes trappista (x10 <sup>5</sup> ) | Terület arányok (Gy/N) |
|----------------|----------------------|-------------------------------------|---|------------------------|---|---|------------------------|
| 1.             | <b>α-tujén</b>       | n.d.                                | 0,57  | -                      | n.d.                                      | n.d.  | -                      |
| 2.             | <b>α-pinén</b>       | 0,67                                | 9,49  | 14,16                  | 2,96                                      | 6,49  | 2,19                   |
| 3.             | <b>szabinén</b>      | n.d.                                | 1,46  | -                      | 0,49                                      | 0,75  | 1,53                   |
| 4.             | <b>β-pinén</b>       | n.d.                                | 3,34  | -                      | 1,50                                      | 4,71  | 3,14                   |
| 5.             | <b>mircén</b>        | 1,95                                | 0,56  | 0,29                   | 10,2                                      | 20,7  | 2,03                   |
| 6.             | <b>α-fellandré</b> n | n.d.                                | 0,99  | -                      | n.d.                                      | n.d.  | -                      |
| 7.             | <b>p-cimol</b>       | n.d.                                | 0,99  | -                      | 11,9                                      | 30,2  | 2,54                   |
| 8.             | <b>limonén</b>       | 40,3                                | 11,5  | 0,29                   | 255                                       | 750   | 2,94                   |
| 9.             | <b>γ-terpinén</b>    | 1,78                                | 1,01  | 0,57                   | 2,69                                      | 8,75  | 3,25                   |
| 10.            | <b>linalool</b>      | 0,94                                | 0,48  | 0,51                   | 1,60                                      | 3,72  | 2,33                   |
| 11.            | <b>t-pinokámfon</b>  | n.d.                                | n.d.  | -                      | 6,08                                      | 15,4  | 2,53                   |
| 12.            | <b>c-pinokámfon</b>  | n.d.                                | n.d.  | -                      | 9,10                                      | 29,6  | 3,25                   |
| 13.            | <b>bornil-acetát</b> | n.d.                                | n.d.  | -                      | 0,32                                      | 3,75  | 11,7                   |
| 14.            | <b>kariofillén E</b> | n.d.                                | 5,55  | -                      | n.d.                                      | n.d.  | -                      |
| 15.            | <b>α-humulén</b>     | 0,50                                | 4,36  | 8,72                   | 1,20                                      | 1,33  | 1,11                   |

n.d. – nem detektált.

### 3. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Élelmiszer mátrixokban előforduló 12 terpénvegyület elválasztására, valamint azok nagyérzékenységű, szelektív azonosítására gázkromatográfunk injektálási hőmérsékletének, deszorpciós idejének, vivőgáz térfogatáramának, kolonna hőmérséklet programjának, továbbá a gázkromatográfhoz kapcsolt ioncsapda, illetve a későbbiek során kvadрупol analizátorral ellátott tömegspektrométer ionforrás hőmérsékletének, pásztázási sebességének, pásztázott ionok tömegszámának és pásztázási idejének helyes megválasztásával, optimalásával gázkromatográf-tömegspektrometriás (GC-MS) módszert dolgoztam ki.
2. Göztér (HS) mintavételes szilárdfázisú mikroextrakciós (SPME) módszert fejlesztettem ki tejszírok mono- és szeszkviterpén tartalmának meghatározásához. A korábban kidolgozott GC-MS eljárással mérve, HS-SPME mintavételt alkalmazva, meghatároztam 12 mono- és szeszkviterpénnel adalékolt tejszír gözteréből az SPME szál bevonatára adszorbeált terpének mennyiségének mintavételi idő és hőmérséklet függését, továbbá a tejszír HS-SPME mintavételének optimális hőmérsékletét és időtartamát.
3. A tejszírok terpén koncentrációjának HS-SPME-GC-MS vizsgálatára kifejlesztett analitikai módszerem alkalmazhatóságát összesen 12 mono- és szeszkviterpén metanolos standard oldatával, különböző koncentrációban adalékolt tejszírok elemzésével kapott teljesítményjellemzők (meghatározási határ, lineáris tartomány, érzékenység, ismételhetség) meghatározásával igazoltam.
4. A tejszír mintamátrixra kifejlesztett HS-SPME-GC-MS eljárással meghatároztam 28, gyógynövényes takarmányozás alá vetett

kísérleti szarvasmarha tejmintáinak tejszírában a terpének koncentrációit. A tehenek tejszírában a kontroll mintához képest  $\alpha$ -pinént 28, szabinént 9,  $\beta$ -pinént 11,  $p$ -cimolt 16, limonént 26, kámfort 4, metilkavikolt pedig 8 mintából mutattam ki, bizonyítva ezzel azt, hogy a tehenek takarmányának egyes terpénalkotói a laktáció során átjutnak az állatok tejébe.

5. A gyógynövényes takarmánnyal etetett kecskék tejének mono- és szeszkviterpén koncentrációja meghatározásához egy újabb HS-SPME mintavételi módszert fejlesztettem ki. Az SPME szálát a terpénvegyületekkel adalékolt nyers kecsketejek zárt gőzterébe vittem és a tejminták állandó kevertetése mellett a kifejlesztett GC-MS eljárás segítségével megmértem az SPME szál bevonatában oldott terpének koncentrációjának mintavétel időtől és hőmérséklettől való függését. Meghatároztam a nyers kecsketejek HS-SPME mintavételének optimális hőmérsékletét és időtartamát.
6. Azért, hogy igazoljam a kecsketej minták elemzéséhez kifejlesztett HS-SPME-GC-MS analitikai módszer jóságát, összesen 12 mono- és szeszkviterpén vegyület metanolos standardoldatával különböző koncentrációban adalékolt kecsketej minták HS-SPME-GC-MS elemzésének eredményeiből meghatároztam az analitikai módszerem lineáris tartományát, érzékenységet, ismételhetőségét, valamint meghatározási határát.
7. A kecsketej mintamatrixra kifejlesztett HS-SPME-GC-MS eljárással meghatároztam 6 gyógynövényes takarmánnyal etetett kecske tejének terpénkoncentrációit. A kontroll mintához képest  $\alpha$ -pinént 5, szabinént 3,  $\beta$ -pinént 5,  $p$ -cimolt 5, limonént 6,  $\alpha$ -tujont 6, kámfort 2, metilkavikolt 1, kariofillén E-t 1,  $\alpha$ -humulént pedig 2 esetben

mutattam ki. A legtöbb terpént (8) a zsályás, míg a legkevesebbet (3) a cickafarkos kecsketejéből azonosítottam.

8. A gyógynövényes takarmánnyal etetett tehenek vérplazmájából egy újabb HS-SPME-GC-MS módszerrel számos, a gyógynövényekből származó terpénvegyületet sikerült kimutatnom annak bizonyításául, hogy a gyógynövényes etetés során a terpének a takarmányból a tejelő állat vérébe juthatnak. Egy másik, ám ugyancsak HS-SPME-GC-MS vizsgálattal, gyógynövényes takarmánnyal etetett tehenek tejéből készült sajtmintákból sikerült terpéneket kimutatnom. Ezek alapján egyértelműen kijelenthető, hogy a gyógynövény eredetű terpénvegyületek a tejelő állatok véréből nemcsak az állatok tejébe, illetve tejszírába kerülhetnek át, hanem azok tejéből készült sajtokba is átvihetők.

#### 4. IRODALOMJEGYZÉK

- Abilleira, E., Renobales, M., Nájera, A. I., Virto, M., Ruiz de Gordo, J. C., Pérez-Elortondo, F.J., Albisu, M., Barron L. J. R. (2010) An accurate quantitative method for the analysis of terpenes in milk fat by headspace solid-phase microextraction coupled to gas chromatography–mass spectrometry. *Food Chemistry* 120, 1162–1169.
- Bugaud, C., Buchin, S., Coulon, J.-B., Hauwuy, A., Dupont, D. (2001) Influence of the nature of alpine pastures on plasmin activity, fatty acids and volatile compounds composition of milk. *Lait* 81, 401–414.
- Viallon, C., Martin, B., Verdier-Metz, I., Pradel, P., Garel, J.-P., Coulon, J.-B., Berdagué, J.-L. (2000) Transfer of monoterpenes and sesquiterpenes from forages into milk fat. *Lait* 80, 635–641.



## 5. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉBEN KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

### Folyóirat cikkek (magyar):

**1. Székelyhidi, Rita**

*A nyers juh- és kecsketej minőségét befolyásoló főbb tényezők*

MAGYAR ÁLLATORVOSOK LAPJA 139 : 11 pp. 687-696. , 10 p. (2017)

**2. Székelyhidi, Rita**

*A szilárd fázisú mikroextrakciós (SPME) technika*

MAGYAR KÉMİKUSOK LAPJA 72 : 9 pp. 276-279. , 4 p. (2017)

### Folyóirat cikkek (angol):

**1. Sik, Beatrix; Kapcsándi, Viktória; Székelyhidi, Rita; Lakatos, Erika; Ajtony, Zsolt**

*Recent Advances in Analysis of Rosmarinic Acid from Herbs in the Lamiaceae*

NATURAL PRODUCT COMMUNICATIONS 14 (7): 10 pp. 1-10. (2019)

**2. Székelyhidi, Rita**

*Analysis of the aroma chemicals of ten different herbs using HS-SPME-GC-MS technique*

JOURNAL OF MEDICINAL PLANTS STUDIES 5 : 4 pp. 103-106. (2017)

### Konferencia előadások:

**1. Sarok, Réka ; Szabó, Katalin ; Péntek, Gabriella ; Székelyhidi, Rita ; Ajtony, Zsolt**

*Kazein és savófehérjék egyidejű elválasztása fordított fázisú nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiás módszerrel*

In: Szalka, Éva (szerk.) XXXVII. Óvári Tudományos Napok, 2018. november 9-10. : Fenntartható agrárium és környezet, az Óvári Akadémia 200 éve - múlt, jelen, jövő Mosonmagyaróvár, Magyarország : VEAB Agrártudományi Szakbizottság, Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, (2018)pp. 42-49. , 8 p.

2. **Székelyhidi, Rita ; Hanczné, Lakatos Erika ; Kapcsándi, Viktória ; Ajtony, Zsolt**  
*Nagyérzékenységű HS-SPME-GC-MS módszer fejlesztése gyógynövény eredetű mono- és szeszkviterpének kecsketejből történő meghatározására*  
 In: Szalka, Éva (szerk.) XXXVII. Óvári Tudományos Napok, 2018. november 9-10. : Fenntartható agrárium és környezet, az Óvári Akadémia 200 éve - múlt, jelen, jövő Mosonmagyaróvár, Magyarország : VEAB Agrártudományi Szakbizottság, Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, (2018)pp. 59-69. , 11 p.
3. **Székelyhidi, Rita**  
*Szilárd fázisú mikroextrakciós (SPME) eljárás élelmiszer analitikai alkalmazásának lehetőségei*  
 In: Szalka, Éva; Bali, Papp Ágnes (szerk.) XXXVI. Óvári Tudományos Nap : Hagyomány és innováció az agrár- és élelmiszergazdaságban I-II Mosonmagyaróvár, Magyarország : Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, (2016) pp. 39-46. , 8 p.
4. **Székelyhidi, Rita ; Hegedüs, Imre ; Szlanyinka, Edina ; Ajtony, Zsolt**  
*Tejek mono- és szeszkviterpén tartalmának meghatározása tejszírből SPME-GC-MS módszerrel pp. 29-29. , 1 p.*  
 In: Gelencsér, Éva; Horváth, Zoltánné (szerk.) Aktualitások a táplálkozástudományi kutatásokban című V. PhD Konferencia összefoglalói Budapest, Magyarország : Magyar Táplálkozástudományi Társaság, (2015) 36 p.
5. **Székelyhidi, Rita ; Hegedős, Imre ; Szlanyinka, Edina ; Ajtony, Zsolt**  
*Tejek mono- és szeszkviterpén tartalmának meghatározása tejszírből SPME-GC-MS módszerrel*  
 In: Anon (szerk.) XXXV. Óvári Tudományos Nap : A magyar és nemzetközi agrár- és élelmiszer-gazdaság lehetőségei [előadások és poszterek teljes anyaga CD] Mosonmagyaróvár, Magyarország : Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, (2014) pp. 280-285. , 6 p.