

Prchavé látky vo víne - zloženie a ich vplyv na arómu

I. Primárne aromatické látky

JÁN PETKA - PAVEL FARKAŠ

SÚHRN. Pri hodnotení vína je jedným z najvýznamnejších ukazovateľov kvality jeho aromatický profil, pretože podmieňuje ortonazálne i retronazálne vnímanie tohto produktu. Cieľom tejto práce je predstaviť súčasný stav poznania o látkach tvoriacich arómu vína, o ich pôvode a zastúpení vo víne, ako aj pokus o zhodnotenie vplyvu jednotlivých zložiek na celkovú kvalitu vína. V prvej časti sú uvedené primárne aromatické látky, významné najmä pre mladé vína. Tieto látky pochádzajú z hrozna a rozdeľujú sa na voľné prchavé látky, ktoré sú zodpovedné za odrodový charakter niektorých vín a viazané prchavé látky vo forme neprchavých a organolepticky neaktívnych prekurzorov aromatických látok. K primárnym aromatickým látkam sa zaraďujú aj prefermentačné látky, ktoré sa vytvárajú v období medzi zberom hrozna a začiatkom alkoholovej fermentácie.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: víno; primárne aromatické látky; prekurzory

Kvalita vína je podmienená mnohými faktormi ovplyvňujúcimi celý biotechnologický proces jeho výroby. Výsledný produkt musí spĺňať požiadavky na farbu, čírosť, buket a chuť. Pre hodnotenie vína sú snáď najvýznamnejšie práve jeho buket a chuť. Ortonazálne vnímanie arómy (nosom) je vyvolané prchavými aromatickými látkami. Proces ochutnávania vína je však komplexnejší, keďže sa pri ňom vníma aj jeho chuť (kyslá, sladká, horká, slaná). Pri teplote ústnej dutiny zároveň prebieha zvýšené vyparovanie prchavých aromatických látok, ktoré zasahujú naše čuchové centrum retronazálne (cez ústnu dutinu).

Rôzne zdroje uvádzajú počet prchavých látok vo víne od 500 do 800 v množstvách od ng.l^{-1} až po mg.l^{-1} [1,2]. Obsah prchavej látky vo víne nemusí byť a priori mierou jej vplyvu na vyvolaný pocit, ten je skôr ovplyvnený tým, či daná látka prekročila svoju prahovú koncentráciu vnemu v sústave voda - etanol. Aróma vína je determinovaná prítomnosťou želaných prchavých aromatických látok vo vyváženom pomere. Skladba prchavých látok vína je

Ing. Ján PETKA; RNDr. Pavel FARKAŠ, CSc., Výskumný ústav potravinársky, Priemyselná 4, 824 75 Bratislava. E-mail: petka@vup.sk

ovplyvnená mnohými premennými: odrodou viniča, spôsobom jeho pestovania, kvalitou pôdy, orientáciou svahu, množstvom slnečného svitu, vinárskymi technológiami, ale aj spôsobom a dobou jeho uchovania. K aromatickému potenciálu vína prispievajú aj prekursory prchavých aromatických látok, čo sú zväčša ich viazané formy so sacharidmi.

Prchavé aromatické látky vo vínach sa zväčša klasifikujú podľa toho, v ktorej fáze biotechnologického procesu sa vo víne tvoria [2,3]:

1. Primárne aromatické látky - majú pôvod v hrozne, tvoria odrodový charakter vína. K tejto skupine sa zaraďujú aj prefermentačné látky, ktoré sa vytvárajú v období medzi zberom hrozna a začiatkom alkoholovej fermentácie.
2. Sekundárne (fermentačné) látky - vytvárajú jednak kvasinky počas alkoholového kvasenia, ako aj mliečne baktérie počas mliečneho kvasenia. Hlavnou úlohou kvasiniek je tvorba etanolu. Aromatické látky sú len sekundárnymi produktami metabolizmu kvasiniek, pričom ako substrát slúžia rozličné zložky muštu. Aromatické látky pochádzajúce z alkoholovej fermentácie sú vo vínach zastúpené v najväčšej miere a sú zodpovedné za spoločný charakter všetkých vín.
3. Terciárne (postfermentačné) látky - zahŕňajú zlúčeniny vytvárané počas vyzrievania vína, ktorého dĺžka môže dosahovať až desiatky rokov. Zmeny v profile aromatických látok sa môžu týkať ako voľných prchavých látok, tak aj prekursorov špecifických pre jednotlivé odrody, ktoré sa transformujú na prchavé látky.

Cieľom tohto prehľadu je priblíženie súčasného stavu poznania o skladbe prchavých látok vína a zhodnotenie príspevku jednotlivých zložiek k jeho aróme.

1. Primárne zložky arómy vína

Primárne zložky arómy vína je možné v zásade rozdeliť do troch skupín. Prvú predstavujú voľné prchavé látky, ktoré sú zodpovedné za odrodový charakter niektorých vín. Ďalšiu skupinu tvoria prekursory taktiež odrodovo špecifické. Tieto látky sú však neprchavé a organolepticky neaktívne (glykozidy, masťné kyseliny atď.), resp. sú nestabilné, a neskôr sa rozkladajú na prchavé látky (napr. terpenoly). Tretiu skupinu tvoria látky, pochádzajúce z vyššie zmienených neprchavých prekursorov. Tieto látky vytvárajú prefermentačné arómy.

1.1. Odrodovo typické aromatické látky

Do tejto skupiny prchavých látok patria pyrazíny, charakteristické pre vína typu Cabernet a terpenoly, charakteristické pre muškátové vína.

1.1.1. Terpenoly

Terpenoly sú typickým príkladom látok pochádzajúcich z hrozna, čím je daná aj ich schopnosť typovo charakterizovať vína nielen muškátových odrôd [1,4]. V hrozne a víne bolo z celkovo 4000 terpenoidov doteraz identifikovaných približne 70 [2]. Väčšinou ide o monoterpény (C_{10}), niekoľko seskviterpénov (C_{15}), ako aj o zodpovedajúce alkoholy a aldehydy, ktoré sú zo senzorického hľadiska veľmi významné. Terpény syntetizujú aj niektoré mikroorganizmy [5], avšak doteraz nebola pozorovaná ich tvorba u *Saccharomyces cerevisiae*.

Biosyntéza terpénov vychádza z troch molekúl acetylkoenzýmu A cez kyselinu mevalónovú až ku izopentenylpyrofosfátu [6]. Tento sa najskôr kondenzuje s produktom svojej vlastnej izomerizácie, t. j. s dimetylkylpyrofosfátom na geranyldifosfát. Je to práve táto zlúčenina, ktorá je východiskovou buď pre acyklické, alebo cyklické monoterpény, prípadne pre viac kondenzované terpeny [2].

Terpenoly sú v muštach väčšiny červených aj bielych odrôd, avšak kvantitatívne najviac v muškátových odrodách, kde môžu tvoriť 40 až 50 % všetkých prchavých látok. Voľné formy terpenolov sú lokalizované približne rovnako vo všetkých muškátových odrodách [7]. Šupka a dužina obsahujú viac než polovicu voľných terpenolov, pričom napríklad voľné formy geraniolu a nerolu sú z 90 % v šupke. Počas dozrievania bobúľ hrozna obsah terpenolov v ňom sa zvyšuje, ak však hrozno prezrieva, obsah niektorých z nich (linalol, α -terpineol) môže klesnúť. Pokles koncentrácie týchto zlúčenín môže byť aj dôsledkom napadnutia hrozna hubovými chorobami, čo môže mať za následok až stratu odrodovej typickosti [8,9]. Počas mikrobiálneho ataku dochádza zväčša k transformácii terpenolov na menej aromaticky aktívne terpenoly, alebo na úplne odlišné typy látok s málo známym vplyvom na organoleptický profil vína [10].

Pre aromatický charakter vína majú malý význam terpenické uhľovodíky (limonén, α -terpinén, *p*-cymén, myrcén, farnezen atď.). Oveľa dôležitejšie sú početné monoterpenoly, vo všeobecnosti veľmi voňavé, charakterizované predovšetkým kvetinovými arómami (ruža, burzera, lipa), ale môžu pripomínať aj med resp. včelí vosk. Typickými predstaviteľmi monoterpenolov sú linalol, geraniol, nerol, hotrienol, citronelol a α -terpineol, pričom najdôležitejšie z nich (linalol, geraniol, nerol) majú nízku prahovú hodnotu vnemu

(0,1–0,5 mg.l⁻¹). Oxidy terpenolov sú menej aromatické než východiskové zlúčeniny, ich prahová hodnota vnemu je približne 10-násobne vyššia. Naopak, aldehydy (neral, geranial, citronelal) sú veľmi voňavé, avšak s agresívnejším podtónom než zodpovedajúce alkoholy. Terpéndioly sú vďaka dvom alkoholovým skupinám oveľa rozpustnejšie vo vode ako predchádzajúce zlúčeniny, avšak zároveň sú aj oveľa menej aromatické. Prakticky jediným významným terpéndiolom je 8-hydroxylinalol. Aj keď žiaden z terpenolov individuálne nemá charakter typický pre muškátové vína, zmes terpenolov podobný vnem vytvára. Táto zmes má zároveň nižší prah vnemu než ktorákoľvek z jej zložiek [11].

Monoterpenoly sú dôležité pre klasifikáciu odrodových vín, pochádzajúcich hlavne z nemeckých odrôd [1,4,12].

1.1.2. Pyrazíny

Ako jeden z prvých bol vo víne Cabernet Sauvignon identifikovaný izobutylmetoxypyrazín [13]. Napriek tomu, že vo vínach tohoto typu je vo veľmi malých množstvách, jeho obsah výrazne prekračuje prahovú koncentráciu. Okrem toho, vo vínach Sauvignon jeho prítomnosť koreluje s deskriptorom „bylinná“ [14,15]. V odrodách Cabernet sauvignon a Sauvignon je možné v podstate nájsť tri pyrazíny: a) 2-metoxi-3-izobutylpyrazín, ktorý je najkoncentrovanejší a je charakterizovaný vôňou „zelená paprika“; b) (S)-2-metoxi-3-butylpyrazín; c) 2-metoxi-3-izopropylpyrazín. Tieto pyrazíny majú olfaktickú prahovú hodnotu v rozmedzí od 1 ng.l⁻¹ do 42 ng.l⁻¹, pričom zvyšovanie ich koncentrácie zintenzívňuje charakter arómy „čerstvo pokosená tráva“ [2]. V niektorých prípadoch môže prekročiť prahovú hodnotu aj etylmetoxypyrazín [16].

Obsah týchto zlúčenín vo víne závisí hlavne od stupňa dozretia hrozna, nakoľko ich obsah rapídne klesá v období, kedy sa začína sfarbovať bobuľa (veraison), ale tiež od klímy, keďže vína z chladnejších oblastí obsahujú viac pyrazínov než rovnaké typy vín z teplejších oblastí. Vplyv môže mať aj slnečný svit, pretože hrozno dozrievané v tieni môže mať až trikrát vyššiu koncentráciu pyrazínov [2].

O pôvode pyrazínov v rastlinách sa vie málo, za možné prekurzory sú považované aminokyseliny [17].

1.2. Prekurzory aromatických látok

Mnohé zo zlúčenín pochádzajúcich z hrozna môžu slúžiť ako prekurzory ďalších aromaticky aktívnych látok. Napríklad linalol sa po 3 mesiacoch vy-

zrievania vo fľaši môže rozložiť na 4 zlúčeniny [18]. Terpéndioly sa v prostredí zníženého pH môžu rozkladať na monoterpenoly rôzneho stupňa oxidácie. Tieto, aj keď voňavé, môžu do vína vniesť cudzie arómy (napríklad 1,8-terpín dáva vínu eukalyptový charakter). V muštach červených odrôd viniča sa voľné terpenoly nachádzajú v menšom množstve. V ich prípade môžu zohrávať významnejšiu rolu ich viazané formy, najmä glykozidy. Tieto môžu byť vo víne prítomné vo veľkých množstvách a po rozštiepení glykozidickej väzby pôsobením rozličných faktorov (pH, enzýmy atď.) uvoľňujú do média aromatické aglykóny. Medzi významné potenciálne zdroje aromatických látok patria aj karotenoidy a fenolické zlúčeniny.

1.2.1. Glykozidické prekurzory

Glykozidy majú často vplyv na kvalitu potraviny z hľadiska farby, chuti či toxicity, hoci arómu priamo neovplyvňujú. Sú však potenciálnou zásobárňou aróm, nakoľko aglykón glykozidu často tvoria aromaticky aktívne látky. Hrozno mnohokrát obsahuje zároveň voľnú aj glykozidickú formu aromatickej látky, pričom vo väčšine prípadov je koncentrovanejšia glykozidická forma [7]. Sacharidovú časť okrem glukózy môže tvoriť rutinóza, 6-O- α -L-rampopyranozyl- β -D-glukopyranóza a 6-O- α -L-apiofuranozyl- β -D-glukopyranóza. Ako aglykóny sa vyskytujú najmä terpenoly, viazané bývajú však aj lineárne alebo cyklické alkoholy (hexanol, benzylalkohol, 2-fenyletanol), C₁₃ norizoprenoidy, fenolické kyseliny, prípadne fenoly (napr. vanilín). Ak sa tieto viazané aromatické látky majú uvoľniť do vína, tak to treba urobiť počas vinifikácie, pričom štiepenie glykozidov v mušte alebo víne sa zväčša vykonáva enzýmovo [19]. Uvoľnenie aglykónu z glykozidu závisí od polohy, v ktorej je naviazaný aglykón na sacharid [20]. V mušte je hroznová β -D-glykozidáza, ktorá štiepi glykozidy primárnych alkoholov (geraniol, nerol), ale nedokáže štiepiť glykozidy terciárnych alkoholov (napr. linalol) [21]. Okrem toho je aktivita tohto enzýmu inhibovaná glukózou, pričom pri vyššom obsahu alkoholu a nižšom pH má nízku stabilitu [22]. Alternatívou býva využitie β -glukozidáz z plesní rodu *Aspergillus* [23]. Táto možnosť (okrem toho, že je nákladná) je mnohými považovaná za „umelý, neprirodzený“ zásah vinára. Preto v súčasnosti skôr badať snahu o využitie β -glukozidázy, ktorá sa nachádza u niektorých geneticky manipulovaných kmeňov *Saccharomyces cerevisiae* [24]. Tento enzým nie je inhibovaný glukózou.

Zaujímavé možnosti pre ďalší výskum ponúka hypotéza, že aj počas ochutnávania vína dochádza k enzýmovému štiepeniu glykozidických väzieb v ústnej dutine a k uvoľňovaniu aromatických aglykónov [25].

1.2.2. Karotenoidy

Tieto zlúčeniny, väčšinou odrodovo špecifické, sú zodpovedné za osobité arómy vznikajúce počas vyzrievania vína vo fľašiach. Ich biochemický pôvod je zhodný s terpenolmi, avšak karotenoidy prešli vyšším stupňom polymerizácie. V porovnaní s iným ovocím sa vo víne vyskytujú v menších množstvách (od $15 \mu\text{g.kg}^{-1}$ do $2000 \mu\text{g.kg}^{-1}$), ktoré ale úplne postačujú na tvorbu aromatických produktov. Najvýznamnejšie karotény sú luteín a β -karotén, vo víne sú aj neoxantín, flavoxantín, violaxantín, 5,6-epoxyluteín a luteoxantín [26]. Karotenoidy sú málo rozpustné vo vode a v prípadoch, keď technologický proces prebieha bez macerácie, sa ich do vína dostáva len malé množstvo. K štiepeniu na menšie fragmenty (C_9 až C_{13}) - viac rozpustné a viac voňavé - však dochádza už počas deštrukcie bobule, a to aj v priebehu vinifikácie. Rozklad prebieha za prítomnosti svetla a oxidáz [27], pričom prvé štiepenie produkuje ketonické zlúčeniny (β -ionón, 3-hydroxy- β -ionón a i.). Norizoprenoidy sú významné pre charakter arómy určitých vín (napr. Chardonnay, v ktorom C_{13} norizoprenoidy tvoria až 70 % prchavých látok alebo 1,1,6-trimetyldihydronaftalén typický pre staré rizlingy), ale dôležité sú aj pri nižšej koncentrácii kvôli ich nízkym prahovým hodnotám vnemu. Vo vínach sú aj vo viazaných formách, pričom sa z nich dokázu uvoľniť len po veľmi dlhom čase [28-32]. Obsah karoténových derivátov vo víne závisí od stupňa zrelosti hrozna [33, 34], pričom ich obsah je vyšší vo vínach najvyššej kvality v porovnaní s priemernými vínami [35]. Najdôležitejším momentom procesu tvorby karotenoidov sa zdá byť začiatok dozrievania hrozna, kedy dochádza k degradácii chloroplastov, ukončeniu syntézy karotenoidov a tiež k začiatku ich degradácie [2].

1.2.3. Fenolické zlúčeniny

Základ tejto skupiny zlúčenín tvoria fenolické kyseliny (kávová, kumárová, ferulová), ktoré nie sú aromaticky aktívne, môžu však vyvolávať horkú chuť. Tieto kyseliny sa pôsobením kvasiniek transformujú najmä na prchavé fenoly, ktoré charakterizujú nepríjemné vône (medicínska, dymová, drevitá, koža), ale v nízkych koncentráciách sa naopak stávajú veľmi príjemnými. Všetky prchavé fenoly majú nízke prahové hodnoty vnemu. Do vína sa prchavé fenoly môžu dostať aj štiepením viazaných foriem buď enzýmovo, alebo pôsobením fyzikálno-chemických faktorov [33]. Fenoly sú vo všetkých odrodách viniča, pričom však ich skladba sa dosť líši od odrody k odrode, dokonca niekedy i v rámci odrody medzi ročníkmi či terroir [36]. Biosyntéza fenolických zlúčenín sa odvodzuje od kyseliny šikimovej a aminokyselín fenylalanínu a tyrozínu. Množstvo fenolov vo víne sa môže významne zvýšiť po aplikácii enzýmových prípravkov, a preto ich použitie treba pozorne zvažovať.

1.2.4. Prekurzory arómy vína Sauvignon

Vína produkované z hrozna odrody Sauvignon sú typické špecifickou vôňou pukov čiernej ríbezle, ktorá pri vyššej koncentrácii pripomína mačací moč [2]. Táto charakteristika je spájaná so 4-metyl-4-sulfanylpentán-2-ómom [37,38]. Zlúčenina má veľmi nízku prahovú hodnotu vnemu (iba 0,1 ng.l⁻¹ vo vode), pričom v mušte odrody Sauvignon nevyskytuje a objavuje sa až počas fermentácie. Jej zdrojom by mohol byť aromaticky neaktívny S-konjugát cysteínu [39].

1.3. Prefermentačné aromatické látky

Počas prefermentačnej fázy technologického procesu vznikajú alkoholy a aldehydy so 6 atómami uhlíka. Ich prekurzormi sú nenasýtené mastné kyseliny, ktoré sa voľne v hrozne prakticky nevyskytujú. Uvoľňované sú enzýmovou hydrolyzou lipidov, pochádzajúcich hlavne zo šupky a dužiny [2]. Tieto látky sa začínajú vytvárať od momentu zberu hrozna do začiatku fermentačného procesu následkom poškodenia bunkových stien, čím dochádza k uvoľneniu enzýmov. Toto sa deje hlavne počas mechanického zberu, transportu hrozna, lisovania, odzrňovania, ako aj karbonickej macerácie [40]. Významným faktorom je aj prienik kyslíka do systému a tým podmienenie reakcií enzýmovej oxidácie. Okrem enzýmového hneďnutia vytvárajú určité systémy počas tohto obdobia aj aromatické látky - sú to najmä enzýmy vytvárajúce C₆ alkoholy a aldehydy (acylhydroláza, lipoxigenáza, peroxidáza a alkoholdehydrogenáza) s typickou „zelenou“ arómou. Prekurzormi týchto zlúčenín sú mastné kyseliny, linolová a α -linolénová [2]. Prístup kyslíka veľmi vplýva na ich tvorbu, pretože počas spracovania v atmosfére CO₂ ich obsah nerastie. Ich koncentrácia naopak môže vzrastať s počtom lisovaní [41]. Výskyt prefermentačných aromatických látok vo víne je závislý aj od stupňa zrelosti hrozna, pričom najviac sa ich vytvára pred obdobím zrelosti. Toto je zapríčinené aktivitou enzýmových systémov podieľajúcich sa na tvorbe aldehydov: lipoxigenáza je najaktívnejšia pred obdobím zrelosti, naproti tomu membránový enzým štiepenia má najvyššiu aktivitu počas zrelosti hrozna [2].

V období, kedy vznikajú prefermentačné prchavé látky, dochádza zároveň k enzýmovému hneďnutiu muštu. Keďže je snaha túto časť biotechnologického procesu redukovať, prirodzeným následkom je obmedzovanie tvorby prefermentačných prchavých látok vo víne.

Literatúra

1. RAPP, A.: Volatile flavour of wine: Correlation between instrumental analysis and sensory perception. *Nahrung/Food*, 42, 1998, s. 351-363.
2. BAYONOVE, C. - BAUMES, R. - CROUZET, J. - GÜNATA, Z.: 5. Arômes. In: FLANZY, C.: *Oenologie: Fondements scientifiques et technologiques*. Paris : Lavoisier, 1998, s. 163-235.
3. MALÍK, F. - MINÁRIK, E.: *Liehovárníctvo, vinárstvo, droždiarstvo. Časť: Vinárstvo*. 1. vyd. Bratislava : SVŠT, 1983. 129 s.
4. PEŤKA, J. - MOCÁK, J. - FARKAŠ, P. - BALLA, B. - SÁDECKÁ, J. - KOVÁČ, M.: Utilisation of multivariate statistical methods for authentication of Slovak varietal wines. In: LÁSZTITY, R. - PFANNHAUSER, W. - SIMON-SARKADI, L. - TÖMÖSZÖKI, S.: *EURO FOOD CHEM X*. Budapest : Publishing company of TUB, 1999, s. 956-963.
5. GÜNATA, Y. Z.: Recherches sur la fraction liée a la nature glycosidique de l'arôme du raisin: Importance des terpenylglycosides, action des glycosidases. Montpellier : Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 1984. 195 s.
6. ŠKÁRKA, B. - FERENČÍK, M.: *Biochémi*a. Bratislava : Alfa, 1983. 640 s.
7. GÜNATA, Y. Z. - BAYONOVE, C. L. - BAUMES, R. L. - CORDONNIER, R. E.: The aroma of grapes. I. Extraction and determination of free and glycosidically bound fractions of some grape aroma components. *Journal of Chromatography*, 331, 1985, s. 83-90.
8. CORDONNIER, R.: L'effets de *Botrytis cinerea* sur la couleur et l'arôme. *Revue Française d'Oenologie*, 108, 1987, s. 21-29.
9. BOIDRON, J. N. - CHATONNET, P. - PONS, M.: Influence du bois sur certaines substances odorantes des vins. *Connaissance de la Vigne et du Vin*, 22, 1988, s. 275-294.
10. SHIMIZU, J. - UEHARA, M. - WATANABE, M.: Transformation of terpenoids in grape must by *Botrytis cinerea*. *Agricultural and Biological Chemistry*, 46, 1982, s. 1339-1344.
11. RIBÉREAU-GAYON, P. - BOIDRON, J. N. - TERRIER, A.: Aroma of muscat grape varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 23, 1975, s. 1042-1047.
12. DE LA CALLE GARCIA, D. - REICHENBÄCHER, M. - DANZER, K.: Klassifizierung von Weinen mittels multivariater Datenanalyse anhand der SPME/CGC-Chromatogramme von Aromastoffen. *Vitis*, 37, 1998, s. 181-188.
13. BAYONOVE, C. - CODONNIER, R. - DUBOIS, P.: Etude d'une fraction caractéristique de l'arôme du raisin de la variété Cabernet-Sauvignon; mise en évidence de la 2-méthoxy-3-isobutylpyrazine. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences (Paris)*, 281, 1975, s. 75-78.
14. HEYMANN, H. - NOBLE, A. C. - BOULTON, R. B.: Analysis of methoxypyrazines in wines. I. Development of a quantitative procedure. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 34, 1986, s. 268-271.
15. HARRIS, R. L. N. - LACEY, M. J. - BROWN, W. V. - ALLEN, M. S.: Determination of 2-methoxy-3-alkylpyrazines in wine by gas chromatography/mass spectrometry. *Vitis*, 26, 1987, s. 201-207.
16. ALLEN, M. S. - LACEY, M. J.: Methoxypyrazines of grapes and wines. In: WATERHOUSE, A. L. - EBELER, S. E.: *Chemistry of wine flavor*. Washington; New York : American Chemical Society, 1998, s. 96-115.
17. MURREY, K. E. - WHITFIELD, F. B.: The occurrence of 3-alkyl-2-methoxypyrazines in new vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 26, 1975, s. 973-986.
18. VOIRIN, S.: *Connaissance de l'arôme du raisin: analyse et synthese de précurseurs hétéro-sidiques*. Montpellier : Université de Montpellier II, 1990. 184 s.
19. GÜNATA, Z. - DUGELAY, I. - SAPI, J. C. - BAYONOVE, C. - BAUMES, R.: Role of enzymes

- in the flavour potential from grape glycosides in winemaking. In: SCHREIER, P. - WINTERHALTER, P.: Progress in flavour precursor studies: Analysis-Generation-Biotechnology. Carol Stream; Illinois : Allured Publishing Corporation, 1993, s. 219-234.
20. SKOUROUMOUNIS, G. K. - SEFTON, M. A.: Acid-catalyzed hydrolysis of alcohols and their β -D-glucopyranosides. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48, 2000, s. 2033-2039.
21. CANAL-LLAUBERES, R.-M.: Enzymes in winemaking. In: FLEET, G. H.: Wine microbiology and biotechnology. Berlin : Harwood Academic Publishers, 1992, s. 477-506.
22. HENSCHKE, P. A.: Wine yeast. In: ZIMMERMANN, F. K. - ENTIAN, K. D.: Yeast sugar metabolism. Lancaster : Technomic Publishing Co., 1997, s. 527-560.
23. GANGA, M. A. - PINAGA, F. - VALLES, S. - RAMON, D. - QUEROL, A.: Aroma improving in microvinification processes by the use of a recombinant wine yeast strain expressing the *Aspergillus nidulans xlnA* gene. International Journal of Food Microbiology, 47, 1999, s. 171-178.
24. PRETORIUS, I. S.: Tailoring wine yeast for the new millenium: novel approaches to the ancient art of winemaking. Yeast, 16, 2000, s. 675-729.
25. HEMINGWAY, K. M. - ALSTON, M. J. - CHAPPELL, C. G. - TAYLOR, A. J.: Carbohydrate-flavour conjugates in wine. Carbohydrate Polymers, 38, 1999, s. 283-286.
26. RAZUNGLES, A. - BAYONOVE, C. L. - CORDONNIER, R. E. - SAPI, J. C.: Grape carotenoids: changes during the maturation period and localization in mature berries. American Journal of Enology and Viticulture, 39, 1988, s. 44-48.
27. ENZELL, C. R.: Biodegradation of carotenoids. An important route to aroma compounds. Pure and Applied Chemistry, 57, 1985, s. 693-700.
28. MARAIS, J.: 1,1,6-Trimethyl-1,2-dihydronaphthalene (TDN): a possible degradation product of lutein and β -carotene. South African Journal for Enology and Viticulture, 13, 1992, s. 52-55.
29. HUMPF, H. U. - WINTERHALTER, P. - SCHREIER, P.: 3,4-dihydroxy-7,8-dihydro- β -ionone β -D-glucopyranoside: natural precursor of 2,2,6,8-tetramethyl-7,11-dioxatricyclo[6.2.1.0(1,6)]undec-4-ene (Riesling acetal) and 1,1,6-trimethyl-1,2-dihydronaphthalene in red currant (*Ribes rubrum* L.) leaves. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 39, 1991, s. 1833-1835.
30. WINTERHALTER, P.: The generation of C₁₃-norisoprenoid volatiles in Riesling wine. In: BAYONOVE, C. - CROUZET, J. - FLANZY, C. - MARTIN, J. C. - SAPI, J. C.: Connaissance Aromatique des Cepages et Qualite des Vins. Montpellier, France : Revue Francaise d'Oenologie, 1993, s. 65-73.
31. WINTERHALTER, P.: 1,1,6-Trimethyl-1,2-dihydronaphthalene (TDN) formation in wine. I. Studies on the hydrolysis of 2,6,10,10-tetramethyl-1-oxaspiro[4.5]dec-6-ene-2,8-diol rationalizing the origin of TDN and related C₁₃ norisoprenoids in Riesling wine. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 39, 1991, s. 1825-1829.
32. WINTERHALTER, P. - SEFTON, M. A. - WILLIAMS, P. J.: Volatile C₁₃ norisoprenoid compounds in Riesling wine are generated from multiple precursors. American Journal of Enology and Viticulture, 41, 1990, s. 277-283.
33. STRAUSS, C. R. - GOOLEY, P. R. - WILSON, B. - WILLIAMS, P. J.: Application of droplet countercurrent chromatography [DCCC] to the analysis of conjugated forms of terpenoids, phenols, and other constituents of grape juice. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 35, 1987, s. 519-524.
34. STRAUSS, C. R. - WILSON, B. - ANDERSON, R. - WILLIAMS, P. J.: Development of precursors of C₁₃ norisoprenoid flavorants in Riesling grapes. American Journal of Enology and Viticulture, 38, 1987, s. 23-27.

35. ABBOT, Y. A. - COOMBE, B. G. - SEFTON, M. A. - WILLIAMS, P. J.: Composition of Siraz grapes in relation to the quality of table wine. In: RIBÉREAU-GAYON, P. - LONVAUD, A.: *Actualités oenologiques* 89; 4e Symposium d'Oenologie. Bordeaux, 1990.
36. NAGEL, C. W. - BARANOWSKI, J. D. - WULF, L. W. - POWERS, J. R.: The hydroxycinnamic acid tartaric acid ester content of musts and grape varieties grown in the Pacific Northwest. *American Journal of Enology and Viticulture*, 30, 1979, s. 198-201.
37. DUBOURDIEU, D. - DARRIET, P.: Recherches sur l'arôme varietal du cépage Sauvignon mise en evidence dans les vins de composés soufrés a fort pouvoir odorant, formés au cours de la fermentation alcoolique a partir de precurseurs non volatils du mout. In: BAYONOVE, C. - CROUZET, J. - FLANZY, C. - MARTIN, J. C. - SAPI, J. C.: *Connaissance Aromatique des Cépages et Qualité des Vins*. Montpellier, France : Revue Française d'Oenologie, 1993, s. 58-64.
38. GUTH, H.: Quantitation and sensory studies of character impact odorants of different white wine varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 1997, s. 3027-3032.
39. TOMINAGA, T. - MASNEUF, I. - DUBOURDIEU, D.: A S-cysteine conjugate, precursor of aroma of white Sauvignon. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 29, 1995, s. 227-232.
40. CORDONNIER, R. - BAYONOVE, C.: L'arôme du vin, sa formation enzymatique durant la phase préfermentaire de la vinification. *Rivista Italiana : Essenze, profumi, piante officinali, aromi, saponi, cosmetici, aerosol*, 59, 1977, s. 158-163.
41. CORDONNIER, R. - BAYONOVE, C.: Étude de la phase préfermentaire de la vinification: extraction et formation de certains composées de l'arôme; cas des terpenols, des aldéhydes et des alcools en C₆. *Connaissance de la Vigne et du Vin*, 15, 1981, s. 269-286.

Do redakcie došlo 14.12.2000.

Volatile compounds in wine - composition and influence on aroma

I. Primary aroma compounds

PEŤKA, J. - FARKAŠ, P.: *Bull. potrav. Výsk.*, 40, 2001, p. 91-100.

SUMMARY. The aroma profile of wine is one of the most important factors in wine evaluation process since it influences both orthonasal and retronasal perception. The aim of this review is to present the state of the art in knowledge on volatiles creating wine aroma, their origin, abundance, and an attempt to evaluate the influence of individual components on wine quality. Primary aroma compounds, important mainly for young wines, are discussed in the first part. These compounds originate from the grape and are present in the wine either in a free or a bound form. The free volatiles are responsible for the varietal character of the wines. The bound aroma compounds are the non-volatile and organoleptically inactive precursors of aroma compounds. Primary aroma compounds comprise also prefermentative volatile compounds, which are formed in the period between the grapes harvest and the beginning of the alcoholic fermentation.

KEYWORDS: wine; primary aroma compounds; precursors