

Prchavé látky vo víne - zloženie a ich vplyv na arómu. II. Sekundárne aromatické látky

JÁN PETKA - PAVEL FARKAŠ

SÚHRN. Najväčšie množstvo aromatických látok sa vytvára v procese alkoholového kvasenia muštu na víno. Organolepticky aktívne produkty alkoholového kvasenia spolu s látkami vytvorenými počas jablčno-mliečneho kvasenia zaraďujeme medzi sekundárne aromatické látky vína. Týmito procesmi sa vytvárajú alkoholy, kyseliny, estery, karbonylové zlúčeniny, sírne zlúčeniny, dusíkaté zlúčeniny, laktóny a prchavé fenoly. Zhodnotený je vplyv oboch kvasných procesov, ako aj vplyv jednotlivých zlúčenín na výslednú arómu vína.

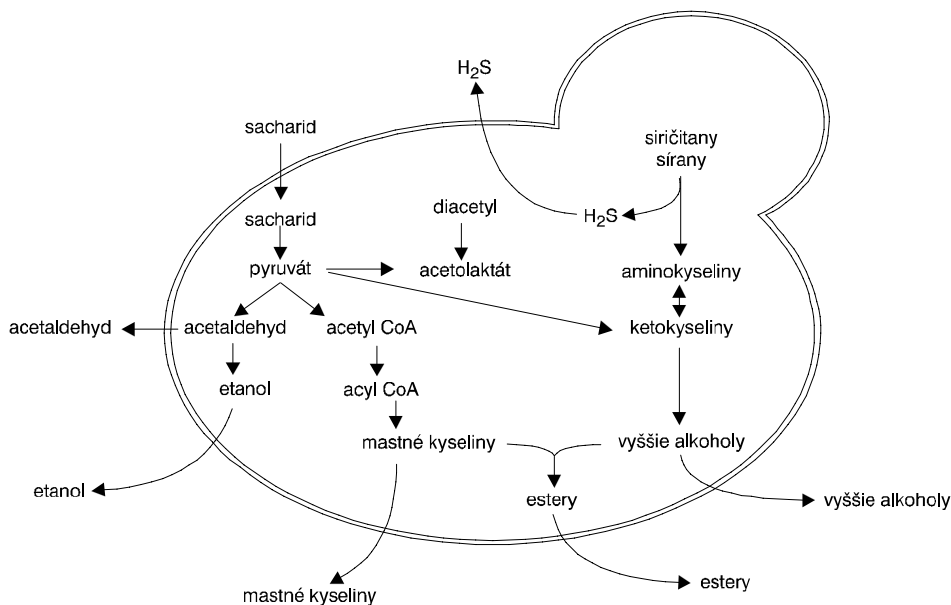
KLÚČOVÉ SLOVÁ: víno; aróma; alkoholové kvasenie; jablčno-mliečne kvasenie

2. Sekundárne aromatické látky

Sekundárne aromatické látky sa vytvárajú v štádiu alkoholového a jablčno-mliečneho kvasenia. Alkoholové kvasenie prebieha v anaeróbných podmienkach a zahŕňa transformáciu sacharidov na sekundárne produkty pôsobením kvasiniek (obr. 1). Jablčno-mliečne kvasenie nastáva vo víne po alkoholovom kvasení činnosťou mliečnych baktérií, pričom sa kyselina jablčná odbúrava na kyselinu mliečnu a CO₂. Tento proces, zabezpečujúci zníženie kyslého agresívneho charakteru vína, môže byť u vín s vysokým obsahom zvyškového cukru zamedzený za účelom obohatenia vína o čerstvý, ovocný charakter.

Alkoholové kvasenie má na arómu vína väčší vplyv ako jablčno-mliečne kvasenie, pretože aromatické látky vytvorené počas alkoholového kvasenia tvoria kvantitatívne najväčší podiel zo zložiek arómy vína. Naproti tomu jablčno-mliečna fermentácia mení aromatický profil vína v oveľa menšej miere.

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



OBR. 1. Zjednodušená schéma alkoholovej fermentácie.
FIG. 1. A simplified scheme of the alcoholic fermentation.

2.1. Alkoholové kvasenie

Primárnym produktom alkoholového kvasenia je etanol, ktorý sa vytvára skvasovaním glukózy a fruktózy v mušte. Etanol vplýva na olfaktívnu percepciu priamo vlastnou arómou, ale aj nepriamo - znižovaním polaritu prostredia, čo ovplyvňuje hodnotu rozdeľovacieho koeficienta vzduch/víno a tým prchavosť aromatických látok [1]. Na tvorbu etanolu a CO₂ sa využije približne 95 % skvasiteľných sacharidov, 1 % na bunkový materiál a zvyšok na glycerol a kyselinu pyrohroznovú [2], ktorá sa však následne transformuje na viaceré sekundárne metabolity: 2,3-butándiol, etanal, acetoín, kyseliny octové, mliečnu, jantárovú a citramalónovú [3]. V ďalšom bližšie uvádzame jednotlivé skupiny prchavých aromatických látok vznikajúcich počas alkoholového kvasenia.

2.1.1. Ostatné alkoholy

Ostatné alkoholy reprezentujú najmä 2- a 3-metyl-1-butanol, propanol, 2-metyl-1-propanol, butanol, pentanol, 2-fenyletanol, 3-metyltiopropánol, tyrozol a tryptofol. Ich optimálny obsah vo víne je medzi 400 až 500 mg.l⁻¹,

zvýšený obsah môže spôsobiť defekty v aróme [4]. Okrem 2-fenyletanolu s vôňou ruže je charakter týchto látok označovaný ako nepríjemný. Aj keď sú tieto alkoholy vo víne zväčša v podprahových koncentráciách, môžu vyvolávať problémy pri ich skoncentrovaní počas výroby vínnych destilátov [5].

Tvorba alkoholov je spájaná s metabolizmom aminokyselín, a teda ich obsah závisí od zdrojov dusíka v mušte. Biosyntéza alkoholov môže prebehnúť buď katabolicky dekarboxyláciou a následnou redukciou α -oxokyselín získaných transamináciou (25 %) alebo anabolicky z α -oxokyselín pochádzajúcich zo sacharidov (75 %) [6]. Biosyntéza propanolu je možná nielen zo sacharidov, ale súvisí aj so sírnym metabolizmom kvasinky; butanol a pentanol sú zasa výlučne produktom sekundárnych metabolických ciest aminokyselín [7]. Najvýznamnejším faktorom ovplyvňujúcim obsah alkoholov vo víne sa zdá byť prítomnosť kvasiniek, resp. spôsob, akým spracúvajú aminokyseliny, ako aj ich spotreba dusíka. Na tvorbu alkoholov teda zároveň vplývajú faktory podporujúce pučanie kvasiniek: zvýšené zakalenie muštu, jeho prevzdušnenie, zvýšená teplota fermentácie, zvýšené pH, zvýšený tlak CO_2 [3].

Ďalšie alkoholy vytvorené počas alkoholovej fermentácie sú:

- polyoly získané redukciou zodpovedajúcich karbonylových zlúčenín produkovaných kvasinkou; nemajú priamy vplyv na arómu vína,
- C_6 alkoholy (pozri prefermentačné arómy),
- alkoholy vytvorené z prekursorov charakteristických pre odrodu (pozri primárne arómy).

Tieto alkoholy sa získajú buď redukciou odrodovo typických aldehydov [8], redukciou nerolu a geraniolu na citronelol [9], alebo hydrolýzou heteroglykozidických prekursorov. Takto sa získa len veľmi málo odrodovo typických alkoholov, pretože kyslá hydrolýza heteroglykozidov je veľmi pomalá [10] a ani aktivita glykozidáz v prirodzených kvasinkách nie je vysoká [11]. Genetickou manipuláciou je však možno zmeniť aktivitu glykozidáz (pozri 1.2.1), táto technika dokonca dokáže dodať kvasinke schopnosť premieňať vlastné steroly na monoterpény [12]. Prebiehajú aj pokusy o získanie kvasiniek produkujúcich menšie množstvá príbudlinových alkoholov [13] produkujúcich glycerol, ale aj hydrolázy a pektinázy pre lepšiu extrakciu farbív [14].

2.1.2. Kyseliny a estery

Mastné kyseliny a ich estery sú základnými markermi fermentačnej arómy vína, pričom vína s príjemnou fermentačnou arómou sú charakteristické práve zvýšeným obsahom mastných kyselín [4]. Estery mastných kyselín majú príjemnú vôňu, najmä ovocného charakteru. Mastné kyseliny voňa-

jú nepríjemne, ich obsah vo víne však málokedy presiahne prahovú koncentráciu. Ich význam spočíva v udržaní rovnovážneho stavu s esterami.

Vo víne sú mastné kyseliny s krátkym reťazcom (C_2 až C_{10}), ich etylové estery a acetáty vyšších alkoholov. Biogeneticky pochádzajú kyseliny aj estery z acyl-S-koenzýmu A, ktorého hydrolýzou vznikajú mastné kyseliny, resp. alkoholýzou etylové estery a acetáty. Tieto procesy riadi alkoholacetyltransferáza [15].

Spomedzi mastných kyselín tvorí kyselina octová 95 % prchavej acidity pred začiatkom jablčno-mliečnej fermentácie. Napriek svojim organoleptickým vlastnostiam patrí medzi zlúčeniny potrebné pre arómu vína, pričom jej optimálna koncentrácia by mala byť v rozmedzí 200 až 700 mg.l⁻¹ [3].

Syntéza mastných kyselín v kvasinkách (vytvorením acyl-S-koenzýmu A) môže prebiehať štyrmi rozličnými cestami:

- aktiváciou karboxylových kyselín, vytvorených oxidáciou korešpondujúcich aldehydov, pomocou ATP,
- oxidatívnou dekarboxyláciou α -oxokyselín,
- anabolizmom mastných kyselín,
- β -oxidáciou vyšších mastných kyselín.

β -oxidácia prebieha na začiatku fermentácie, keď je ešte v prostredí dostatok kyslíka [16]. Týmto procesom je eliminovaná väčšina vyšších mastných kyselín (C_{14} až C_{22}). Fermentačné procesy v kvasinke môžu transformovať len zlúčeniny schopné prejsť bunkovou membránou (maximum 10 atómov uhlíka), z čoho vyplýva, že fermentáciou vyprodukované mastné kyseliny a ich estery sa vyskytujú len v rozsahu od C_2 do C_{10} [3].

Z dôvodu dominancie v metabolizme bol acetyl-S-koenzým A dlho považovaný za primárny faktor regulujúci syntézu acetátov. Nedávno Yoshioka [17] a Malcorps [18] usúdili, že jeho úloha je málo významná. Na tvorbu acetátov má však podstatný vplyv obsah a disponibilita vyšších alkoholov a naopak, limitujúcim faktorom syntézy týchto látok je aktivita alkoholacetyltransferázy (resp. analogických enzýmových systémov významných pre tvorbu esterov) [18].

Okrem mastných kyselín a ich esterov sú vo víne α -oxo-, α -hydroxymono- a dikarboxylové kyseliny a ich etylové estery [8]. Väčšinou sú to sekundárne produkty dusíkového metabolizmu. Výnimku tvoria kyseliny pyrohroznová, jantárová, citramalónová a maslová, ktoré pochádzajú zo skvasiteľných sacharidov. Spomedzi týchto kyselín a ich esterov jedine kyselina maslová a jej ester môžu hrať určitú úlohu v aróme vína [19-21]. Ich obsah vo víne je však veľmi nízky.

Počas alkoholovej fermentácie môžu vznikať aj etylové estery aminoky-

selín, ktoré vznikli v priebehu fermentácie [22], ale tieto na arómu nevpływujú.

Kombinovaná technika plynovej chromatografie s olfaktometriou určila ako významné estery pre arómu mladých španielskych červených vín etylové estery kyselín 2-metylpropánovej, 2-metylbutánovej a 3-metylbutánovej [23]. Pre slovenské biele odrodové vína sú z esterov veľmi významné najmä etyl-2-metylpropanoát, etyl-2-metylbutanoát a etyloktanoát (Peťka, nepublikované). U nemeckých vín Scheurebe a Gewürztraminer to boli etyl-2-metylpropanoát, -hexanoát, -oktanoát a 3-metylbutylacetát [24].

Vzhľadom na súčasnú obľubu vín s ovocným, mladým charakterom má význam zvýšiť obsah esterov. Toto je možné napríklad technológiou termovinifikácie [25], ktorá zredukuje C_6 alkoholy, zníži extrakciu fenolických látok a zároveň zvýši obsah esterov, čím sa dosiahnu vína s výrazným ovocným charakterom. Vo všeobecnosti dochádza vo vinárskej technológii k zavádzaniu riadenej fermentácie, pri ktorej nastávajú menšie straty aromatických látok, čím je aróma vína bohatšia [26-28]. Zaujímavou alternatívou je napríklad aj zachytávanie unikajúcich aróm z kvasiaceho muštu zmrazovaním a vrátenie získaného kondenzátu do hotového vína [29].

2.1.3. Karbonylové zlúčeniny

Napriek tomu, že sú tieto zlúčeniny vytvárané kvasinkami (dekarboxyláciou α -oxokyselín), vo víne sú vo veľmi malých množstvách. To súvisí jednak s veľkou redukčnou aktivitou kvasiniek počas fermentácie, ako aj s prítomnosťou SO_2 a alkoholov (predovšetkým etanolu), ktoré pri pH vína reagujú s karbonylovými zlúčeninami a vytvárajú rozličné sírne zlúčeniny (2-hydroxysulfónové kyseliny) resp. acetály [3].

Jedinými karbonylovými zlúčeninami, produkovanými kvasinkami, ktoré sú schopné ovplyvniť arómu vína sú: acetaldehyd, acetoín, diacetyl, 3-hydroxypentán-2-ón, 2,3-pentadión, pyruvaldehyd a acetol. Najvyššiu koncentráciu vo vínach má spravidla acetaldehyd (max. 200 mg.l⁻¹), ostatné uvedené látky sú tvorené kvasinkami v oveľa nižších koncentráciách. Významné zlúčeniny sú aj acetoín a acetol, ich obsah sa môže zvýšiť počas jablčno-mliečnej fermentácie [30]. Tvorba α -diketónov a α -hydroxyketónov s 4 resp. 5 atómami uhlíka ešte nie je úplne vysvetlená. Vie sa len, že α -diketóny sú kvasinkami redukované na α -hydroxyketóny a následne sa menia na α -dioly [30]. Biosyntéza α -diketónov aj α -hydroxyketónov za začína u acetaldehydu, ďalej ich biosyntéza zodpovedá biosyntéze valínu a leucínu pre C_4 zlúčeniny, resp. izoleucínu pre C_5 zlúčeniny [3]. Diacetyl môže okrem toho vznikáť aj enzýmovou kondenzáciou aktivovaného acetaldehydu s acetyl-S-koenzýmom A za pôsobenia kvasinkovej diacetyl syntetázy. Podobne acetoín

môže vzniknúť po kondenzácii aktivovaného acetaldehydu na voľný acetaldehyd [31].

2.1.4. Sírne zlúčeniny

Kvasinky môžu vytvárať sírne zlúčeniny, ktoré sú asociované s intenzívnymi, ale zväčša nepríjemnými vnemami. Čím sa počet uhlíkových atómov zvyšuje, tým sa vplyv sírnej skupiny znižuje. Na základe tohto sa sírne zlúčeniny (analogicky k alkoholom) vo víne rozdeľujú podľa molekulovej hmotnosti na nižšie a vyššie sírne zlúčeniny. U nižších sírnych zlúčenín je sírna skupina dominantná, preto sú tieto látky často spájané s chybami vína (redukovaná aróma, aróma pokazených vajec) [4,19,20]. Vyššie sírne zlúčeniny sú s nižšími biogeneticky príbuzné, avšak ich vplyv na arómu je komplexnejší [19,20,32-34]. Nižšie sírne zlúčeniny vznikajú na konci fermentácie buď zo sulfánu, oxidu siričitého, karbonylsulfidu, karbonyldisulfidu alebo z metyl- a etylsulfanylov, ich tioacetátov, sulfidov a disulfidov. Víno nemá chybnú arómu, keď obsah ľahkých sírnych zlúčenín nepresiahne $1 \mu\text{g.l}^{-1}$ [34-37]. Táto koncentrácia však môže byť niekedy prekročená vplyvom nasledovných faktorov: kmeň kvasinky, teplota fermentácie, zakalenie muštu, obsah asimilovateľného dusíka, vitamínov, síranov, siričitanov alebo reziduá fytosanitických prostriedkov [35-37]. Produkcia sulfánu je pre kvasinku nevyhnutná, nakoľko zabezpečuje syntézu sírnych zlúčenín (tiamín, cysteín, metionín) nevyhnutných pre jej rast a metabolickú aktivitu. Sulfán sa získava redukciou zdrojov anorganického síry v mušte (síran, siričitan pridávaný vinárom). Táto redukcia je umožnená akciou reťazca enzýmov, ktoré vytvárajú siričitan ako intermediát. Oxid siričitý je teda tiež fermentačný produkt, aj keď kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* ho produkujú len málo. Faktory zvyšujúce aktivitu daného enzýmového reťazca (nedostatok asimilovateľného dusíka, vitamíny vstupujúce do biosyntézy prekursorov sírnych aminokyselín) zároveň zvyšujú aj produkciu sulfánu. Aktivácia enzýmového reťazca je nebezpečnejšia ako zvýšené dávky oxidu siričitého, nakoľko na molekulovej úrovni je sulfán ľahko dostupný kvasinkou [38]. Sulfán môže pochádzať aj z degradácie bielkovín kvasinkou intervenciou proteínáz a následne cysteíndesulfhydratázy [39]. Ďalšou nižšou sírnou zlúčeninou, ktorá je vytváraná kvasinkou je dimetylsulfid, ktorý je sekundárnym produktom metabolizmu dusíka. Vzniká buď z cysteínu, cystínu, glutatiónu alebo z S-adenozylmetionínu [40], prípadne aj redukciou dimetylsulfoxidu muštu kvasinkou [41]. Táto zlúčenina môže prispievať ku kvalite pozdných zberov a dlhodobo uskladňovaných bielych vín [4]. Etyl- a metyltioacetáty sú vytvárané acetyláciou odpovedajúcich sulfanylov acetyl-S-koenzýmom A [37]. Biosyntézy ostatných nižších sírnych zlúčenín nie sú dosiaľ známe.

Nižšie sírne zlúčeniny sú v mladých vínach vo veľmi nízkych koncentráciách. Dôvodom môže byť to, že sulfán a metyl- a etylsulfanyly, ako veľmi reaktívne zlúčeniny, môžu vstupovať do reakcií a vytvárať ďalšie sírne zlúčeniny [42]. Keďže nižšie sírne zlúčeniny sú veľmi prchavé, sú počas fermentácie strhávané CO₂.

Vyššie sírne zlúčeniny sú z jednej časti sekundárnym produktom metabolismu cysteínu a z druhej metabolismu metionínu a homometionínu [32]. Medzi túto skupinu látok v podstate patria: 2-sulfanyletanol so svojím disulfidom, 2-(metylsulfanyl)etanol, 3-(metylsulfanyl)propan-1-ol (metionol) so svojím acetátom, 3-(metylsulfanyl)propanal (metional), kyselina 3-(metylsulfanyl)propánová so svojimi esterami, N-[3-(metylsulfanyl)propyl]acetamid a 4-(metylsulfanyl)butan-1-ol. Aj keď u týchto zlúčenín neboli špeciálne skúmané biosyntetické procesy, s najväčšou pravdepodobnosťou sú spojené s tvorbou vyšších alkoholov, aldehydov, kyselín a ich esterov, ako aj dusíkatých zlúčenín a teda sú úzko späté so sírnym a dusíkovým metabolizmom kvasinky. Tie faktory, ktoré ovplyvňujú tieto metabolizmy ovplyvňujú aj tvorbu vyšších sírnych zlúčenín. Okrem vyššie spomenutých zlúčenín boli vo víne opísané aj ďalšie, avšak ich tvorba počas fermentácie je buď neistá alebo nejasná [34]. Jedine 2-metyltiofan-3-ón a 2-metyltiofan-3-on-3-ol (*Z*- a *E*-), asociované s metabolizmom metionínu a 4-metyl-5-(2'-hydroxyetyl)tiazol, ktorý je produktom degradácie tiamínu, vytvoreného kvasinkou, môžu byť spolu s 2-metyltiofénom a 4-metyl-tiobutan-2-olom priradené k zlúčeninám vytvoreným počas fermentácie. Počas fermentácie nastáva aj uvoľnenie dvoch ťažkých sulfanylov: 4-metyl-4-sulfanylpentan-2-ónu a 3-sulfanylhexas-1-olu vďaka pôsobeniu lyázy určitých kmeňov kvasiniek na S-konjugované prekurzory cysteínu, ktoré sú prítomné v bobuliach odrody Sauvignon [43,44]. Prvý z nich je zodpovedný za charakter vína Sauvignon „silica pukov čiernej ríbezle“ a oba sú pravdepodobne zodpovedné za arómu „guajava“, typickú pre juhoafrické vína Chenin a Colombar [45].

Väčšina sírnych zlúčenín nepresahuje vo víne koncentráciu 0,1 mg.l⁻¹, čo približne predstavuje prahovú hodnotu ich vnemu. Výnimku tvoria metionol a N-[3-(metylsulfanyl)propyl]acetamid, ktorých koncentrácia vo víne môže prekročiť až 1 mg.l⁻¹. Nedávno bola vďaka kombinovaným identifikačným technikám (olfaktometria, GC/MS, GC/FPD) nájdená v červených vínach z Bordeaux skupina veľmi intenzívne voňajúcich aromatických zlúčenín: 2-metylfurán-3-tiol (aróma: mäsitá, ako pražené oriešky; prahová hodnota vnemu 0,4–1,0 ng.l⁻¹ [46] a hexán-3-tiol (grapefruit; prahová hodnota vnemu 12–15 ng.l⁻¹) a 3-sulfanylhexylacetát (buxus, prahová hodnota vnemu 2–3 ng.l⁻¹) [47]. Vzhľadom na veľmi nízku prahovú hodnotu vnemu uvedených látok tieto môžu vplývať významnou mierou na arómu vína. To isté

možno povedať aj o (2S)-2-metyl-3-sulfanylpropan-1-ole, ktorý bol nedávno nájdený v mladých vínach Cabernet Sauvignon a Merlot [48], ako aj o 2-furylmetántiole (prahová hodnota vnemu 0,4 ng.l⁻¹) [49].

2.1.5. Dusíkaté zlúčeniny

Z dusíkatých zlúčenín majú vo víne najvyšší obsah primárne amíny a im odpovedajúce acetamidy. Amíny nemajú vplyv na arómu vína, okrem toho kvasinky amíny neprodukurujú, a tak tieto môžu pochádzať len z muštu alebo jablčno-mliečneho kvasenia. Počas alkoholovej fermentácie však dochádza k acetylácii primárnych amínov na acetamidy [50]. Najvýznamnejšie acetamidy vo víne sú: N-(2- a 3-metylbutyl)acetamidy, N-(2-fenyletyl)acetamid, N-(3-metyltiopropyl)acetamid, N-pentylacetamid a N-etylacetamid. Prvé dva acetamidy môžu vo víne dosiahnuť koncentráciu až 1 mg.l⁻¹, napriek tomu na arómu vplyv nemajú [4]. Nedávno bolo ale dokázané, že kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* môžu z tryptofánu tvoriť 2-aminoacetofenón, ktorému je pripisovaný vplyv na odrodovú arómu hybridných odrôd viniča, resp. je zodpovedný za chybnú arómu vyzretého vína [51]. Tu si treba všimnúť štrukturálnu podobnosť tejto zlúčeniny s metyl- a etylantranilátmi, ktoré sú tiež známe ako primárne odrodové arómy amerických hybridných odrôd.

2.1.6. Laktóny

Tieto zlúčeniny závisia od hydroxykyselín, pretože sú výsledkom ich intramolekulovej esterifikácie: 4-hydroxykyseliny vytvárajú γ -laktóny. Vo víne boli identifikované 5-alkyl- δ -laktóny (δ -C₅, C₈ až C₁₀, C₁₂) v koncentráciách vysoko prevyšujúcich ich prah detekcie [4], avšak najvyšší obsah vo víne majú γ -laktóny, ktoré možno v závislosti od ich pôvodu rozdeliť do dvoch tried zlúčenín. Prvá zahŕňa γ -butyrolaktóny, substituované alebo nesubstituované na štvrtej pozícii alkoxy- (etoxy- a izopentyloxy-), acetyl- a 1-hydroxyetyl-, prípadne karboxy- skupinami. Druhá trieda zahŕňa 4-alkyl- γ -laktóny (γ -C₅ až C₁₀ a C₁₂), 2-hydroxy-3,3-dimetyl- γ -butyrolaktón (pantolaktón) a 2-hydroxy-3-metyl-2-penteno- γ -laktón (sotolón). Okrem sotolónu, vytvoreného pôsobením kvasiniek alebo v hrozne pôsobením *Botrytis cinerea* [52], môžu byť všetky γ - a δ -laktóny považované za typické pre fermentačné štádium. γ -butyrolaktóny prvej triedy majú spoločný pôvod v kyseline 2-oxoglutarovej a 4-oxobutánovej [53]. Pantolaktón (sekundárny produkt metabolizmu kyseliny pantoténovej) vzniká enzýmovou redukciou 2-acetopantoyllaktónu [54]. 4-alkyl- α -laktóny a 5-alkyl- δ -laktóny sú sekundárnymi produktami kvasinkového metabolizmu glukózy alebo mastných kyselín, ostatné laktóny môžu pochádzať z hrozna [55].

Z hľadiska množstva sú vo víne najviac zastúpené: γ -butyrolaktón (charakter arómy: zhnitá, gumová, sladká, maslová), 4-karboxy- (sherry) a 4-etoxy- γ -butyrolaktóny (sladká ovocná aróma). Ich množstvo sa môže blížir rádovo k mg.l^{-1} a v prípade γ -butyrolaktónu až k niekoľkým mg.l^{-1} . Ostatné laktóny sú vo víne v množstvách od niekoľkých $\mu\text{g.l}^{-1}$ po desiatky $\mu\text{g.l}^{-1}$.

Podľa Etiévanta [4] majú z laktónov na arómu vína významný vplyv iba γ -nonalaktón (aróma mlieka, orieškov) a sotolón (aróma: curry, sladká, cukor). Metódou kombinovanej plynovej chromatografie s olfaktometriou však boli k týmto dvom laktónom nedávno priradené ďalšie: u nemeckých vín Scheurebe a Gewürztraminer tzv. „vínny laktón“ a (Z)-6-dodeceno- γ -laktón [24], oba relatívne vysoko prekračujúce prahovú hodnotu vnemu, a u španielskych vín γ - a δ -dekalaktóny [23,56].

2.1.7. Prchavé fenoly

Hlavnými predstaviteľmi prchavých fenolov produkovaných kvasinkami sú 4-vinylfenol (gvaš, klinček) a 4-vinylguajakol (klinček). V bielych vínach sú v oveľa väčších množstvách ako v červených, pričom viac je 4-vinylfenolu [57]. Príčinou je to, že v červených vínach sú inhibítory kvasinkovej cinnamoyldekarboxylázy [58]. Kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* produkujú prchavé fenoly enzýmovou dekarboxyláciou kyseliny kumárovej a ferulovej. Kvasinkami sú dekarboxylované len tieto dve fenolické kyseliny - na rozdiel od kyseliny škoricovej a benzoovej [58]. Čo sa týka vinylfenolov - zvyšovanie zrelosti, času macerácie, používanie určitých kmeňov kvasiniek a vplyv faktorov podporujúcich hydrolýzu fenolických prekursorov umožňuje nárast ich koncentrácie vo vínach, čo môže znehodnotiť arómu vína.

Poslednou možnosťou vzniku prchavých fenolov je enzýmová hydrolýza heteroglykozidických prekursorov pochádzajúcich z hrozna. Avšak, rovnako ako u heteroglykozidov s alkoholovým aglykónom, kvasinka takto dokáže uvoľniť len veľmi malé množstvo fenolov.

2.2. Jablčno-mliečne kvasenie

Primárnou úlohou jablčno-mliečneho kvasenia je zníženie kyslosti mladého vína, jeho zjemnenie a stabilizácia. Jeho základným procesom je rozklad kyseliny L-(-)-jablčnej na kyselinu L-(+)-mliečnu a CO_2 , ktorý umožňujú homofermentatívne mliečne baktérie, najmä z poddruhu *Leuconostoc oenos*, v menšej miere aj *Pediococcus damnosus* a druh *Lactobacillus*. Vplyv jablčno-mliečneho kvasenia na arómu je posudzovaný rozlične. Väčšina prác ho hodnotí pozitívne až neutrálne [3], ale nájdu sa aj negatívne hodnotenia [59].

V pozitívnych hodnoteniach jablčno-mliečneho kvasenia bol zaznamenaný vznik nových aróm a ústup trávového charakteru arómy, predĺženie vnemu v ústnej dutine a zjemnenie vína. Ak je toto kvasenie vedené len pomocou homofermentatívnych baktérií, aróma vína by nemala byť negatívne ovplyvnená [3]. Niektoré charakteristiky arómy spájané s týmto typom fermentácie (maslo, mlieko, atď.) nemusia byť hodnotené pozitívne všetkými hodnotiteľmi [60].

V súčasnosti sú vedomosti o jablčno-mliečnom kvasení nedostatočné. Mliečne baktérie prirodzene majú aj sekundárne metabolizmy, ktorých produktami môžu byť aromaticky aktívne látky. Podľa posledných výskumov má jablčno-mliečne kvasenie pozitívny vplyv na extrakciu prchavých látok z dreva, intenzita deskriptorov charakteristických pre odrody sa však po tejto fermentácii znížila [61]. Aké prchavé látky a koľko ich bude vyprodukovaných metabolizmom závisí od druhu baktérie, ktorá sa zapojí do procesu jablčno-mliečneho kvasenia. Rozdiely môžu byť aj medzi kmeňmi jednotlivých druhov baktérií a význam má aj pH prostredia [62]. Preto je vidieť snahu o riešenie problémov spojených s jablčno-mliečnym kvasením pomocou génového inžinierstva. Touto technológiou boli vyprodukované kmene *Saccharomyces cerevisiae* so schopnosťou vykonávať okrem alkoholového aj jablčno-mliečne kvasenie, ale tiež kmene schopné vykonávať jablčno-etanolové kvasenie [63].

2.2.1. Alkoholy vytvorené počas jablčno-mliečneho kvasenia

Jablčno-mliečna fermentácia v podstate nemení obsah alkoholov v mladom víne [59]. Zaznamenaný bol jedine pokles 1-oktanolu a 1-oktén-3-olu [64], avšak príčina nebola zistená. Niektoré baktérie druhu *Lactobacillus* však môžu dehydratovať 1,2-propándiol, glycerol a 2,3-butándiol pomocou dioldehydratázy [65]. Takto vytvorené karbonylové zlúčeniny sa v priebehu jablčno-mliečneho kvasenia môžu redukovať (cez ich enol formy), čo zas vysvetľuje tvorbu propán-1,3-diolu z glycerolu a 2-butanolu z 2,3-butándiolu. Z glycerolu sa tvorí aj akroleín, ktorý je prekursorom 3-etoxy-propanolu [66].

2.2.2. Kyseliny a estery

Homofermentatívne baktérie fermentujú, tak isto ako pri degradácii kyseliny jablčnej, zostatkové sacharidy takmer výhradne na kyselinu mliečnu. Rozličné druhy baktérií vytvárajú v procese glykolýzy rozličné pomery L-(+)- a D-(-)-kyseliny mliečnej, homofermentatívne však iba L-(+) formu [3]. Tieto baktérie tvoria aj kyselinu octovú, pričom ako substrát slúži kyselina citrónová a pyrohroznová. Kyselina octová je mliečnymi baktériami

vytváraná v množstve, ktoré nepresahuje množstvo vytvorené kvasinkami, a tak celkové množstvo kyseliny vo víne nepresiahne koncentráciu poškodzujúcu víno. Ostatné kyseliny vytvárané metabolizmom baktérií nemajú vplyv na arómu vína.

Čo sa týka esterov, vplyvom jablčno-mliečneho kvasenia vzrastá obsah etylacetátu, etyllaktátu a etyljantarátu [59], avšak produkcia týchto látok mliečnymi baktériami nebola dokázaná. Sú to produkty esterifikácie kyselín vznikajúcich v procese jablčno-mliečneho kvasenia. Ich vplyv na arómu vína je veľmi malý.

2.2.3. Karbonylové zlúčeniny

Spomedzi všetkých látok vznikajúcich v procese jablčno-mliečneho kvasenia sú to predovšetkým karbonylové zlúčeniny, ktoré môžu modifikovať arómu vína. Najčastejšie sú spomínané diacetyl a acetoín, ale baktérie vytvárajú aj 2,3-butándiol, pyruvaldehyd, acetol a 1,2-propándiol. Tieto látky sú produkované aj počas alkoholovej fermentácie a ich kumulované množstvo môže prispievať ku charakteru arómy „maslová, mliečna, ovocná“. Na rozdiel od kvasiniek, baktérie vytvárajú diacetyl a acetoín výlučne z kyseliny citrónovej. Rovnako ako kvasinky, aj baktérie nevratne redukujú diacetyl na acetoín a následne na 2,3-butándiol [67]. Týmto spôsobom je možné regulovať množstvo diacetylu, a tým aj organoleptické vlastnosti vína. Mliečne baktérie *Leuconostoc oenos* dokážu transformovať etanal na etanol, čo obmedzuje prípadnú zvýšenú koncentráciu tejto látky v mladom víne [62].

2.2.4. Sírne zlúčeniny

Vplyv jablčno-mliečnej fermentácie na skladbu sírnych zlúčenín nie je známy, aj keď sú informácie, že po jej prebehnutí sa vyskytla aróma označovaná ako „kyslá kapusta“ [60]. Celkový pokles karbonylových zlúčenín (spotrebovaním acetaldehydu, kyseliny pyrohroznovej a α -oxoglutarovej sa nevytvárajú karbonylové zlúčeniny) však podmieňuje uvoľnenie SO_2 , ktorý býva spojený s karbonylovými zlúčeninami vo forme 2-hydroxysulfónových kyselín [59]. Toto nemá vplyv na organoleptické vlastnosti vína, naopak dovoľuje obmedziť síriace dávky.

2.2.5. Dusíkaté zlúčeniny

Voľné amíny, ktoré sú vo víne, pochádzajú najmä z jablčno-mliečneho kvasenia [62]. Dostávajú sa tam enzýmovou dekarboxyláciou aminokyselín pochádzajúcich z autolýzy kvasiniek a vznikajú aj následkom aktivity peptidáz mliečnych baktérií [68]. Dlho sa predpokladalo, že za zvýšený obsah amínov sú zodpovedné baktérie *Pediococcus*. Nedávno však bolo dokázané,

že túto schopnosť majú určité kmene *Leuconostoc oenos* [69]. Amíny nie sú významné pre arómu vína, hoci určité baktérie rodu *Lactobacillus* a tiež kvasinky rodu *Brettanomyces* vytvárajú z lyzínu a etanolu 2-acetyl-3,4,5,6-tetrahydropyridín, ktorý je zodpovedný za „myšinu“ vína.

2.2.6. Laktóny

Väčšina kmeňov poddruhu *Leuconostoc oenos* metabolizuje kyselinu 2-oxoglútarovú, vytváranú kvasinkami, na kyseliny 4-hydroxybutánovú a jantárovú, ostatné mliečne baktérie redukujú východiskovú kyselinu na kyselinu 4-oxobutánovú, ktorá je na počiatku tvorby série γ -butyrolaktónov kvasinkou, no *Leuconostoc oenos* z nej dokáže vyprodukovať iba γ -butyrolaktón [70].

2.2.7. Prchavé fenoly

Väčšina vinárskych mliečnych baktérií má, rovnako ako *Saccharomyces cerevisiae*, schopnosť tvoriť 4-vinylfenol enzýmovou dekarboxyláciou odpovedajúcich fenolických kyselín škoricových. Naopak, iba niektoré mliečne baktérie rodov *Lactobacillus* a *Pediococcus* sú schopné produkovať 4-etylfenol a 4-etylguajakol z rovnakých prekursorov. *Leuconostoc oenos* ich neprodukuje vôbec [71,72]. Tvorba týchto derivátov je sprostredkovaná enzýmovou redukciou bočného reťazca, nebolo však stanovené, či k nej dochádza pred alebo po dekarboxylácii prekursorov. Táto dráha by teda mohla poskytovať relatívne malé množstvá 4-etylfenolov v určitých vínach. Naopak, zvýšená produkcia týchto derivátov môže pochádzať z kontaminácie kvasinkami *Brettanomyces/Dekkera* [71,73] alebo pôsobením neznámeho faktora [3,74].

Literatúra

1. FISCHER, U. - BERGER, R. G.: The impact of dealcoholization on the flavor of wine: Correlating sensory and instrumental data by PLS analysis using different transformation techniques. In: HENICK-KLING, T. - WOLF, T. E. - HARKNESS, E. M.: 4th international symposium on cool climate viticulture and enology. Rochester : New York State Agricultural Experiment Station, 1996, s. VII-13 - VII-17.
2. BOULTON, B. - SINGLETON, V. L. - BISSON, L. F. - KUNKEE, R. E.: Yeast and biochemistry of ethanol fermentation. In: BOULTON, B. - SINGLETON, V. L. - BISSON, L. F. - KUNKEE, R. E.: Principles and practices of winemaking. New York : Chapman and Hall, 1996, s. 139-172.
3. BAYONOVE, C. - BAUMES, R. - CROUZET, J. - GÜNATA, Z.: 5. Arômes. In: FLANZY, C.: Oenologie: Fondements scientifiques et technologiques. Paris : Lavoisier, 1998, s. 163-235.

4. ETIEVANT, P. X.: Wine. In: MAARSE, H.: Volatile compounds in foods and beverages. New York, N. Y. : Marcel Dekker, 1991, s. 483-546.
5. PRETORIUS, I. S.: Tailoring wine yeast for the new millenium: novel approaches to the ancient art of winemaking. *Yeast*, 16, 2000, s. 675-729.
6. NYKÄNEN, L.: Formation and occurrence of flavor compounds in wine and distilled alcoholic beverages. *American Journal of Enology and Viticulture*, 37, 1986, s. 84-96.
7. PIENDL, A.: Brauertechnologie und Molecularbiologie. *Brauwissenschaft*, 22, 1969, s. 175.
8. SCHREIER, P.: Flavor composition of wines: a review. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 12, 1979, s. 59-111.
9. DI STEFANO, R. - MAGGIOROTTO, G. - GIANOTTI, S.: Trasformazioni di nerolo e geraniolo indotte dai lieviti. *Rivista di Viticoltura e di Enologia*, 1, 1992, s. 43-49.
10. VOIRIN, S.: Connaissance de l'arôme du raisin: analyse et synthese de précurseurs hétéro-sidiques. Montpellier : Université de Montpellier II, 1990. 184 s.
11. 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.
12. JAVELOT, C. - GIRARD, P. - COLONNA-CECCALDI, B. - VLADESCU, B.: Introductions of terpene-producing ability in a wine strain of *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Bacteriology*, 21, 1991, s. 239-252.
13. SNOW, R.: Genetic improvement of wine yeast. In: SPENCER, J. F. T. - SPENCER, D. M. - SMITH, A. R. W.: Yeast genetics - fundamental and applied aspects. New York : Springer Verlag, 1983, s. 439-459.
14. BLONDIN, B. - DEQUIN, S. - BARRE, P.: Genetic engineering and improvement of wine yeasts. *Semana Vitivinicola*, 54, 1999, s. 170-176.
15. MALCORPS, P. - DUFOUR, J. P.: Short-chain and medium-chain aliphatic-ester synthesis in *Saccharomyces cerevisiae*. *European Journal of Biochemistry*, 210, 1992, s. 1015-1022.
16. HERRAIZ, T. - HERRAIZ, M. - REGLERO, G. - MARTIN-ALVAREZ, P. J. - CABEZUDO, M. D.: Changes in the composition of fatty acids during the alcoholic fermentation of grape must. *Chemie, Mikrobiologie, Technologie der Lebensmittel*, 12, 1990, s. 185-188.
17. YOSHIOKA, K. - HASHIMOTO, N.: Acetyl-CoA of brewer's yeast and formation of acetate esters. *Agricultural and Biological Chemistry*, 48, 1984, s. 207-209.
18. MALCORPS, P. - CHEVAL, J. M. - JAMIL, S. - DUFOUR, J. P.: A new model for the regulation of ester synthesis by alcohol acetyl transferase in *Saccharomyces cerevisiae* during fermentation. *Journal of American Society of Brewing Chemists*, 49, 1991, s. 84-90.
19. DUBOIS, P.: Les arômes des vins et leurs défauts. *Revue Française d'Oenologie*, 145, 1994, s. 27-40.
20. DUBOIS, P.: Les arômes des vins et leurs défauts. *Revue Française d'Oenologie*, 146, 1994, s. 39-50.
21. SHINOHARA, T.: L'importance des substances volatiles du vin. Formation et effets sur la qualité. *Bulletin de l'O.I.V.*, 57, 1984, s. 606-618.
22. HERRAIZ, T. - OUGH, C. S.: Separation and characterization of 1,2,3,4-tetrahydro- β -carboline-3-carboxylic acids by HPLC and GC-MS. Identification in wine samples. *American Journal of Enology and Viticulture*, 45, 1994, s. 92-101.
23. FERREIRA, V. - LOPEZ, R. - ESCUDERO, A. - CACHO, J. F.: The aroma of Grenache red wine: hierarchy and nature of its main odorants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 77, 1998, s. 259-267.
24. 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.

25. FISCHER, U. - STRASSER, M. - GUTZLER, K.: Impact of fermentation technology on the phenolic and volatile composition of German red wines. *International Journal of Food Science and Technology*, 35, 2000, s. 81-94.
26. MÜLLER, D. H. - FRECH, B.: Refrigeration technology in winemaking - keeping a cool head. *Deutsche Weinbau*, 19, 1997, s. 20-23.
27. DEGUENTHER, B. - GROSSMAN, M. - RAUHUT, D. - ELLWANGER, S.: Aroma profile at different fermentation temperatures. *Deutsche Weinmagazin*, 15, 1999, s. 12-17.
28. DEGUENTHER, B. - GROSSMANN, M.: Optimized fermentation control. *Deutsche Weinmagazin*, 14, 1999, s. 14-19.
29. MIRANDE, H.: Piégage aromatique fermentaire. In: BAYONOVE, C. - CROUZET, J. - FLANZY, C. - MARTIN, J. C. - SAPIS, J. C.: *Connaissance Aromatique des Cépages et Qualité des Vins*. Montpellier : Revue Francaise d'Oenologie, 1993, s. 246-250.
30. DE REVEL, G. - LONVAUD-FUNEL, A. - BERTRAND, A.: Étude des composés dicarbonylés au cours des fermentations alcoolique et malolactique. In: LONVAUD-FUNEL, A.: *Oenologie 95, 5e symposium international d'oenologie*. Paris : Lavoisier - Technique & Documentation, 1996, s. 321-325.
31. ROMANO, P. - SUZZI, G.: Origin and production of acetoin during wine yeast fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*, 62, 1996, s. 309-315.
32. ANOCIBAR BELOQUI, A. - BERTRAND, A.: Study on sulfur compounds in wine: preliminary results. *Italian Journal of Food Science*, 7, 1995, s. 279-289.
33. MIZUSHINA, K. - TAKASHIMA, K. - TAKAHASHI, T. - TOTSUKA, A.: Effects of middle and higher boiling sulfur compounds on wine flavour. *Nippon Jozo Kyokaishi*, 85, 1990, s. 120-126.
34. CHATONNET, P. - LAVIGNE, V. - BOIDRON, J. N. - DUBOURDIEU, D.: Identification et dosage des sulfures volatils lourds dans les vins par chromatographie en phase gazeuse et photométrie de flamme. *Sciences des Aliments*, 12, 1992, s. 513-532.
35. LAVIGNE, V. - BOIDRON, J. N. - DUBOURDIEU, D.: Dosage des composés soufrés volatils légers dans le vin par CPG et FPD. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 27, 1993, s. 1-12.
36. PARK, S. K. - BOULTON, R. B. - BARTRA, E. - NOBLE, A. C.: Incidence of volatile sulfur compounds in California wines. A preliminary survey. *American Journal of Enology and Viticulture*, 45, 1994, s. 341-344.
37. RAUHUT, D. - KÜRBEL, H.: Identification of wine aroma defects caused by sulfur containing metabolites of yeasts. In: LONVAUD-FUNEL, A.: *Oenologie 95, 5e symposium international d'oenologie*. Paris : Lavoisier - Technique & Documentation, 1996, s. 321-325.
38. VOS, P. J. A. - GRAY, R. S.: The origin and control of hydrogen sulfide during fermentation. *American Journal of Enology and Viticulture*, 30, 1979, s. 187-197.
39. WILDENRADT, H. L. - LEWIS, M. J.: Production of hydrogensulphide by yeast. *Proceedings of American Society of Brewing Chemists*, 1969, s. 108-112.
40. DE MORA, S. J. - ESCHENBRUCH, R. - KNOWLES, S. J. - SPEDDING, D. J.: The formation of dimethyl sulfide during fermentation using a wine yeast. *Food Microbiology*, 3, 1986, s. 27-32.
41. GIBSON, R. M. - LARGE, P. J. - BAMFORTH, C. W.: The influence of assimilable nitrogen compounds in wort on the ability of yeast to reduce dimethylsulphoxyde. *Journal of the Institute of Brewing*, 91, 1985, s. 401-405.
42. RAUHUT, D. - KÜRBEL, H.: Die entstehung von H₂S aus Netzschwefel-Rückständen während der Gärung und dessen Einfluss auf die Bildung von bockserverursachenden schwefelhaltigen Metaboliten in Wein. *Wein Wissenschaft*, 49, 1993, s. 214-218.
43. 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.
44. TOMINAGA, T. - MASNEUF, I. - DUBOURDIEU, D.: Des conjugués de la cystéine précurseurs de certains arômes du Sauvignon. In: LONVAUD-FUNEL, A.: *Oenologie 95*, 5e symposium international d'oenologie. Paris : Lavoisier - Technique & Documentation, 1996, s. 321-325.
 45. DU PLESSIS, C. S. - AUGUSTYN, O. P. H.: Initial study on the guava aroma of Chenin blanc and Colombar wines. *South African Journal for Enology and Viticulture*, 2, 1981, s. 101-103.
 46. BOUCHILLOUX, P. - DARRIET, P. - DUBOURDIEU, D.: Identification d'un thiol fortement odorant, le 2-méthyl-3-furanthiol, dans les vins. *Vitis*, 37, 1998, s. 177-180.
 47. BOUCHILLOUX, P. - DARRIET, P. - HENRY, R. - LAVIGNE-CRUEGE, V. - DUBOURDIEU, D.: Identification of volatile and powerful odorous thiols in Bordeaux red wine varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 1998, s. 3095-3099.
 48. BOUCHILLOUX, P. - DARRIET, P. - DUBOURDIEU, D. - HENRY, R. - REICHERT, S. - MOSANDL, A.: Stereodifferentiation of 3-mercapto-2-methylpropanol in wine. *European Food Research and Technology*, 210, 2000, s. 349-352.
 49. TOMINAGA, T. - BLANCHARD, L. - DARRIET, P. - DUBOURDIEU, D.: A powerful aromatic volatile thiol, 2-furanmethanethiol, exhibiting roast coffee aroma in wines made from several *Vitis vinifera* grape varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 2000, s. 1799-1802.
 50. SCHREIER, P. - DRAWERT, F. - JUNKER, A.: Über die biosynthese von aromastoffen durch mikroorganismen. I. Bildung von N-acetaminen durch *Saccharomyces cerevisiae*. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung*, 158, 1975, s. 351-356.
 51. RAPP, A. - VERSINI, G. - ENGEL, L.: Nachweis und bestimmung von 2-amino-acetophenon in vergorenen Modellösungen. *Vitis*, 34, 1995, s. 193-194.
 52. SPONHOLZ, W. R. - HUEHN, T.: 4,5-Dimethyl-3-hydroxy-2(5H)-furanon (Sotolon), ein Botrytisindikator? *Wein Wissenschaft*, 49, 1993, s. 37-39.
 53. FAGAN, G. L. - KEPNER, R. E. - WEBB, A. D.: Biosynthesis of certain gamma-substituted-gammabutyrolactones present in film sherries. *American Journal of Enology and Viticulture*, 32, 1981, s. 163-167.
 54. HATA, H. - SHIMIZU, S. - YAMADA, H.: Enzymatic production of D-(-)-pantoyl lactone from ketopantoyl lactone. *Agricultural and Biological Chemistry*, 51, 1987, s. 3011-3016.
 55. DUFOSSÉ, L. - LATRASSE, A. - SPINNLER, H. E.: Importance des lactones dans les arômes alimentaires: structure, distribution, propriétés sensorielles et biosynthese. *Sciences des Aliments*, 14, 1994, s. 17-50.
 56. LÓPEZ, R. - FERREIRA, V. - HERNÁNDEZ, P. - CACHO, J. F.: Identification of impact odorants of young red wines made with Merlot, Cabernet Sauvignon and Grenache grape varieties: a comparative study. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, 1999, s. 1461-1467.
 57. BAUMES, R. - CORDONNIER, R. - NITZ, S. - DRAWERT, F.: Identification and determination of volatile constituents in wines from different vine cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 37, 1986, s. 927-943.
 58. DUBOURDIEU, D. - DARRIET, P. - CHATONNET, P. - BOIDRON, J. N.: Intervention des systemes enzymatiques de *Saccharomyces cerevisiae* sur certains précurseurs d'arômes du raisin. In: RIBÉREAU-GAYON, P. - LONVAUD, A.: *Actualités oenologiques 89*. Bordeaux : Dunod, 1990, s. 151-159.
 59. DAVIS, C. R. - WIBOWO, D. - ESCHENBRUCH, R. - LEE, T. H. - FLEET, G. H.: Practical implications of malolactic fermentation: a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 36, 1985, s. 290-301.

60. HENICK-KLING, T.: Modification of wine flavour by malolactic fermentation. In: LAMPERLE, E.: 10e symposium international d'oenologie de Montreux. Montreux, 1993, s. 290-306.
61. DE REVEL, G. - MARTIN, N. - PRIPISNICOLAU, L. - LONVAUDFUNEL, A. - BERTRAND, A.: Contribution to the knowledge of malolactic fermentation influence on wine aroma. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 1999, s. 4003-4008.
62. WIBOWO, D. - ESCHENBRUCH, R. - DAVIS, C. R. - FLEET, G. H. - LEE, T. H.: Occurrence and growth of lactic acid bacteria in wine: a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 36, 1985, s. 302-313.
63. VOLSCHENK, H. - VIJOEN, M. - GROBLER, J. - PETZOLD, B. - BAUER, F. - SUBDEN, R. E. - YOUNG, R. A. - LONVAUD, A. - DENAYROLLES, M. - VUUREN, H. J. J. V.: Engineering pathways for malate degradation in *Saccharomyces cerevisiae*. *Nature Biotechnology*, 15, 1997, s. 253-257.
64. LAURENT, M. H. - HENICK-KLING, T. - ACREE, T. E.: Changes in the aroma and odor of Chardonnay wine due to malolactic fermentation. *Wein Wissenschaft*, 49, 1994, s. 3-10.
65. RADLER, F. - ZORG, J.: Characterization of the enzyme involved in formation of 2-butanol from meso-2,3-butanediol by lactic acid bacteria. *American Journal of Enology and Viticulture*, 37, 1986, s. 206-210.
66. DUBOIS, P.: Les arômes des vins et leurs défauts. *Revue Française d'Oenologie*, 144, 1993, s. 63-71.
67. SHIMAZU, Y. - UEHARA, M. - WATANABE, M.: Transformation of citric acid to acetic acid, acetoin and diacetyl by wine making lactic acid bacteria. *Agricultural and Biological Chemistry*, 49, 1985, s. 2147-2157.
68. GUILLOUX-BENATIER, M. - SON, H. S. - BOUHIER, S. - FEUILLAT, M.: Activités enzymatiques: glycosidases et peptidase chez *Leuconostoc oenos* au cours de la croissance bactérienne. Influence des macromolécules de levures. *Vitis*, 32, 1993, s. 51-57.
69. LE JEUNE, C. - COTON, E. - ROLLAN, G. - JOYEUX, A. - LONVAUD-FUNEL, A.: Formation d'histamine par *Leuconostoc oenos*. Détection du gène et activité de l'histidine décarboxylase des souches impliquées. In: LONVAUD-FUNEL, A.: Oenologie 95, 5e symposium international d'oenologie. Paris : Lavoisier - Technique & Documentation, 1996, s. 191-194.
70. RADLER, F. - BROEHL, K.: The metabolism of several carboxylic acids by lactic acid bacteria. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung*, 179, 1984, s. 228-231.
71. CHATONNET, P. - DUBOURDIEU, D. - BOIDRON, J. N.: The influence of *Brettanomyces dekkeri* sp. yeasts and lactic acid bacteria on the ethylphenol content of red wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 46, 1995, s. 463-468.
72. CHATONNET, P. - DUBOURDIEU, D. - BOIDRON, J.: Le caractère phénolé des vins rouges: caractérisation, origine et moyens de lutte. *Revue Française d'Oenologie*, 138, 1992, s. 21-24.
73. CHATONNET, P. - DUBOURDIEU, D. - BOIDRON, J. N. - PONS, M.: The origin of ethylphenols in wines. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 60, 1992, s. 165-178.
74. GUEDES DE PINHO, P.: Caractérisation des vins de la région Vinhos Verdes au Portugal. Reconnaissance chimique et sensorielle des vins de cépages blancs non *Vitis vinifera*. Bordeaux : Université de Bordeaux II, 1994.

Do redakcie došlo 14.12.2000.

Volatile compounds in wine - composition and influence on aroma
II. Secondary aroma compounds

PEŤKA, J. - FARKAŠ, P.: Bull. potrav. výsk., 40, 2001, p. 173-189.

SUMMARY. The highest amount of volatile aroma compounds is formed during the alcoholic fermentation of the must of wine. The organoleptically active products of both alcoholic and malolactic fermentation belong to the secondary volatile aroma compounds of wine. By these processes, alcohols, acids, esters, carbonyl compounds, sulphur compounds, nitrogen compounds, lactones and volatile phenols are formed. A detailed assessment of the influence of both processes as well as specific compounds on wine aroma is presented.

KEYWORDS: wine; flavour; alcoholic fermentation; malolactic fermentation