

## KOLOBEH SÍRY VO VÍNE

KATARÍNA FURDÍKOVÁ a FEDOR MALÍK

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Fakulta chemická a potravinárskej technológie, Radlinského 9, 812 37 Bratislava  
katarina@furdik.com

Došlo 8.11.07, prijaté 22.2.08.

Kľúčové slová: sírne látky, aróma, aromatické látky, víno, *Saccharomyces cerevisiae*

### Obsah

1. Úvod
2. Vinič
3. Oxid siričitý
4. Sírny metabolizmus kvasiniek
5. Vitamíny
6. Sírna aróma vína
  - 6.1. Sulfán
  - 6.2. Tioly a ďalšie sírne látky
7. Záver

### 1. Úvod

V prírode sa síra nachádza v mnohých organických i anorganických látkach. Z anorganických zlúčenín sú najbežnejšie elementárna síra a sulfidy, oxidy síry, siričitany a sírany. Pre metabolizmus akejkoľvek bunky sú sírne látky nepostrádateľné. Síra je súčasťou esenciálnych vitamínov, koenzýmov, aminokyselín a proteínov a bez nich by živé organizmy nemohli existovať. Bez dostatku tých správnych sírnych zlúčenín by nebolo ani kvalitné víno.

### 2. Vinič

Rastliny, a teda aj vinič hroznorodý (*Vitis vinifera*) prijímajú síru v anorganickej forme. Koreňmi z pôdy ju čerpajú vo forme síranových aniónov, listami zo vzduchu ako oxid siričitý a z prípravkov na ochranu rastlín v podobe síranov a elementárnej síry. Deficit sírnych zlúčenín vo výžive rastlín spôsobuje chlorózu listov a celkové žltnutie všetkých zelených častí. Na listoch sa postupne zjavujú výrazné škvrny, tvoria sa lézie, pletivo nekrotizuje a listy sú skrútené a veľmi krehké. Rastliny s vysokým deficitom síry samozrejme nekvitnú a neprinášajú žiadnu úrodu. Aby vinič dobre prosperoval, a aby hrozno obsahovalo dostatok sírnych zlúčenín pre ďalšie pôsobenie kvasiniek, potrebuje

vinič dostatočný prísun anorganickej síry. Vzhľadom na správne hnojenie, časté postreky a vzduch s exhalátmi s obsahom síry, nedostatok sírnych látok viniču väčšinou nehrozí. Kumulácia síry najmä v emisiách zaťažených oblastiach môže zapríčiniť problémy s jej relatívnym nadbytkom a so znižovaním odolnosti viniča voči rôznym chorobám.

V hroznovom mušte sa síra nachádza najmä v podobe síranov a siričitanov, menšie množstvá sú viazané v proteínoch, peptidoch, niektorých vitamínoch, alebo v podobe viazaných tiolov. Dostatočná koncentrácia asimilovateľnej síry (v spojení s dostatkom dusíkatých látok) je nesmierne dôležitá pre metabolizmus, rast a fermentáciu kvasiniek a následne aj pre výrobu kvalitného vína. Optimálna koncentrácia celkovej síry, ktorá zabezpečí ideálny priebeh fermentácie, je 10 mg l<sup>-1</sup>.

### 3. Oxid siričitý

Neodmysliteľnou sírnou zlúčeninou, ktorá zásadne ovplyvňuje výrobu vína, je oxid siričitý (SO<sub>2</sub>). Je to bezfarebný reaktívny plyn, ktorý vzniká oxidáciou síry a pri vyšších koncentráciách má ostrý štiplavý zápach. Aplikácia SO<sub>2</sub> má vo vinárstve z technologického hľadiska nenahraditeľný význam. Oxid siričitý zabezpečuje fyzikálno-chemickú a biologickú stabilitu vína, pričom sa využíva jeho antioxidačný a antimikrobiálny účinok.

Antioxidačný účinok SO<sub>2</sub> spočíva v jeho schopnosti viazať molekulový kyslík a zabraňovať tak chemickým i enzýmovým oxidáciám:



Protialdehydický účinok sa zakladá na schopnosti SO<sub>2</sub> viazať acetaldehyd, pričom vzniká senzorycky neaktívna kyselina acetaldehydsiričitá. Voľný acetaldehyd, ktorý vo vyšších koncentráciách vínu dodáva zvetranú a štiplavú príchuť<sup>1</sup>, sa tak eliminuje. Oxid siričitý zároveň bráni vzniku kyseliny octovej z acetaldehydu, čím sa predchádza narušeniu aromatického profilu vína.

Oxid siričitý sa vo víne vyskytuje v rôznych formách, no antiseptické vlastnosti SO<sub>2</sub> sú najmä výsledkom vplyvu molekulového SO<sub>2</sub>. Molekulový oxid siričitý je asi päťstokrát účinnejší voči kvasinkám, ako ostatné formy voľného SO<sub>2</sub>. Vo víne s pH 3,0–4,0 sa 94–98 % SO<sub>2</sub> vyskytuje vo forme siričitanových (SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) a hydrogénsiričitanových (HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>) iónov, a iba malý podiel (2–6 %) sa nachádza v molekulovej forme. Viazaný oxid siričitý na mikroorganizmy negatívne nevlplyva<sup>2</sup>.

Oxid siričitý do bunky prechádza jednoduchou difúziou a v kyslom prostredí cytoplazmy disociuje. V bunke sa siričitany hromadia a reagujú s koenzýmami (NAD, FAD, FMN), kofaktormi, vitamínmi a nukleovými

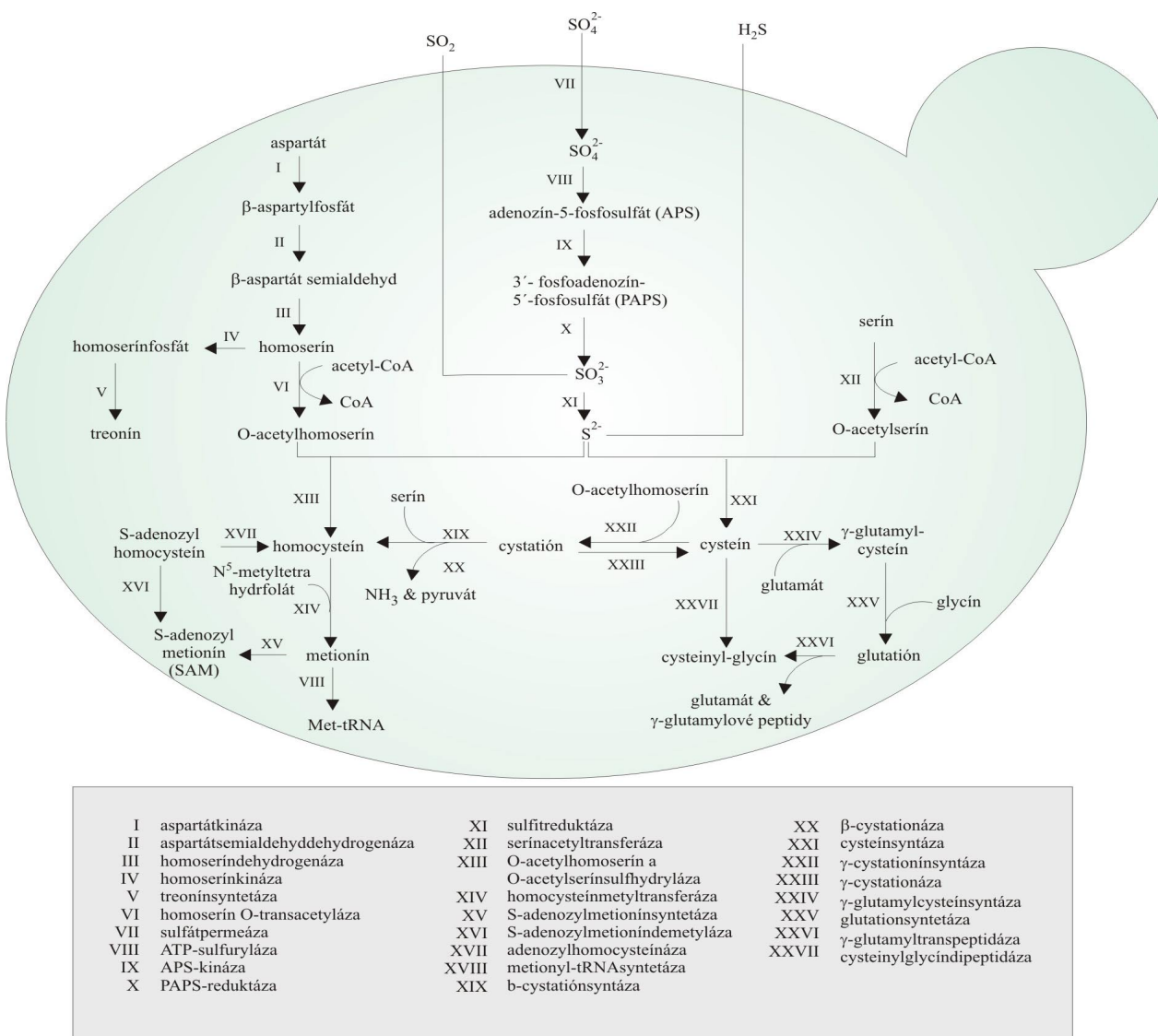
kyselinami<sup>3</sup>. Tieto a mnohé ďalšie reakcie postupne vedú k nevratnej inhibícii rastu kvasiniek a smrti bunky. Rezistencia niektorých mikroorganizmov ku určitým dávkam SO<sub>2</sub> je daná geneticky. Z mikroorganizmov, ktoré sa vyskytujú v mušte a vo víne, sú na účinok SO<sub>2</sub> citlivé najmä octové a mliečne baktérie, apikulátne kvasinky a vláknité huby. Kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* a *Saccharomyces bayanus* sú podstatne odolnejšie a tolerujú asi 4 mg l<sup>-1</sup> molekulového SO<sub>2</sub>. Koncentrácia 8 mg l<sup>-1</sup> molekulového SO<sub>2</sub> ich rozmnožovanie zastaví a na kompletnú deštrukciu *S. cerevisiae* je potrebná dávka vyššia ako 50 mg l<sup>-1</sup> molekulového SO<sub>2</sub>.

Správne dávkovanie SO<sub>2</sub> v spojení s použitím čistej kultúry kvasiniek umožňuje kontrolovať priebeh celej fermentácie a výroby vína. Samotný prídavok komerčnej štartovacej kultúry *S. cerevisiae* do spontánne kvasiaceho

muštu nepostačuje na to, aby sa hneď stal prevládajúcim v populácii prítomných kvasiniek a fermentácia bola od začiatku kontrolovaná. Prídavok SO<sub>2</sub> však jeho dominanciu zabezpečí.

#### 4. Sírny metabolizmus kvasiniek

Rast kvasiniek a ich metabolizmus je podmienený dostatkom sírnych aminokyselín, ako sú cysteín, metionín, S-adenozylmetionín a glutatión. Ak tieto látky vo výžive kvasiniek chýbajú, bunka si ich musí syntetizovať z anorganických sírnych komponentov. Pre hrozňový mušt je typické, že obsahuje nedostatok organických sírnych zlúčenín (menej než 10 mg l<sup>-1</sup> cysteínu a metionínu), čo je signálom pre ich syntézu z anorganických zdrojov<sup>4,5</sup>. Väč-



Obr. 1. Schéma sírneho metabolizmu vinných kvasiniek (Swiegers a spol., 2005)

šina kvasiniek je schopná utilizovať síru v podobe síranov. Tieto sú v bunke pomocou série enzýmov redukované na sulfidy, ktoré sú prekursorom ďalších sírných zlúčenín (obr. 1). Dôležitým krokom metabolickej dráhy sírných zlúčenín je zabudovanie sulfidov do štruktúry aminokyselínových prekursorov *O*-acetylserínu a *O*-acetylhomoserínu. Vytvorí sa tak aminokyseliny cysteín a homocysteín, ktorý je ďalej transformovaný na metionín. Sulfid je v týchto aminokyselinách bezpečne viazaný a podieľa sa na vzniku ďalších látok, napríklad proteínov. Tento krok je pre technológiu výroby vína veľmi dôležitý. Ak totiž aminokyselinové prekursorov v kvasničnej bunke chýbajú, sulfidy sa nemajú na čo naviazať a vo forme sulfánu sa uvoľňujú do prostredia. Na syntézu *O*-acetylserínu a *O*-acetylhomoserínu (dusíkatých látok schopných viazať sulfidy) je potrebný koenzým A a jeho kofaktor kyselina pantoténová. Kyselina pantoténová je dusíkatá látka a v kvasinkách vzniká transformáciou aminokyselín (valínu a kyseliny asparágovej). Sírny metabolizmus kvasiniek je teda veľmi úzko prepojený s metabolizmom dusíkatých látok<sup>4,6</sup>. Pri dlhodobom nedostatku využiteľného dusíka kvasinky postupne odumierajú, proteíny sa degradujú a síra sa z aminokyselín uvoľňuje opäť vo forme sírovodíka.

## 5. Vitamíny

Pre správnu funkciu enzýmových systémov a celkovú aktivitu kvasiniek sú dôležité vitamíny. Veľká väčšina vitamínov (inositol, biotín, kyselina listová, kyselina pantoténová) je v mušte prítomná v dostatočných koncentráciách<sup>7,8</sup>. Kritickými rastovými faktormi sú tiamín (vitamín B<sub>1</sub>) a biotín, ktoré oba patria medzi sírne zlúčeniny. *S. cerevisiae* si tiamín dokáže syntetizovať sám, ale biotín potrebuje prijímať v hotovej podobe. Napriek tomu, nedostatok tiamínu v mušte spôsobuje zastavenie fermentácie a rastu kvasiniek.

Nedostatok tiamínu v médiu môžu spôsobovať nesacharomycétné kvasinky (*Kloeckera apiculata*, *Candida stellata*, *Metchnikowia pulcherrima*). Tieto druhy už za niekoľko hodín spotrebujú majoritnú časť vitamínu B<sub>1</sub> v mušte a fermentácia sa tak môže zastaviť skôr, ako sa mušt zakvasí čistou kultúrou *S. cerevisiae*. Nedostatok tiamínu je typický aj pre hrozno napadnuté plesňou *Botrytis cinerea*. Prídavok vitamínov do média podporuje rast a navýšenie biomasy<sup>9</sup>. Použitím vitamínového preparátu sa zároveň znížia potrebné dávky oxidu siričitého, pretože optimálne živé kvasinky viažu podstatne menej SO<sub>2</sub> ako kvasinky s deficitom vitamínu B<sub>1</sub> (cit.<sup>8</sup>). Optimálna koncentrácia tiamínu pre *S. cerevisiae* je 50–500 µg l<sup>-1</sup>. Vitamín B<sub>1</sub> sa do muštu pridáva vo forme tiamínhydrochloridu, najviac však v dávke 0,6 mg l<sup>-1</sup>.

Deficit biotínu spôsobuje inhibíciu fermentácie glukózy a fruktózy a zníženie syntézy mastných kyselín, DNA, RNA a celkových proteínov. V bunkovej stene klesá obsah manánov, narastá koncentrácia glukánov a krehkosť bunkovej steny sa zvyšuje. Pre väčšinu kvasiniek je postačujú-

ca koncentrácia biotínu v prostredí 1 µg l<sup>-1</sup>, maximálny rast dosahujú pri koncentrácii 100 µg l<sup>-1</sup>.

## 6. Sírna aróma vína

Prchavé sírne zlúčeniny hrajú v aróme vína významnú rolu. Je to spojené s ich vysokou prchavosťou, reaktivitou a intenzívnym prejavom aj pri veľmi nízkych koncentráciách<sup>10</sup>. Niektoré zo sírných zlúčenín sú dôležité pre kvalitu vína, iné spôsobujú silne negatívne zápachy, a to i pri extrémne nízkych koncentráciách (tab. I). Tvorbu prchavých sírných zlúčenín ovplyvňujú organické a anorganické sírne zlúčeniny, výživové parametre muštu a metabolizmus kvasiniek. Väčšina prchavých sírných látok nachádzajúcich sa vo víne sa vytvára počas alkoholovej fermentácie kvasinkami *S. cerevisiae*<sup>11</sup>.

Prchavé sírne látky sa podľa prchavosti delia do dvoch základných kategórií: ľahké s bodom varu pod 90 °C a ťažké s bodom varu nad 90 °C. Koncentrácia ľahkých sírných zlúčenín vo víne sa vyzrievaním zvyšuje, ale je možné ich odstrániť. Ťažké sírne zlúčeniny majú nízku prchavosť, vyzrievaním sa ich koncentrácia vo víne nemení a odstrániť sa nedajú. Vysoká koncentrácia prchavých sírných látok vo víne, takzvaná „sírka“, je priamo spojená s metabolickou činnosťou kvasiniek. Túto nepríjemnú vadu vína spôsobujú rôzne sírne zlúčeniny – tioly, polysulfidy a sírne alkoholy, ale majoritné postavenie má sírovodík. Produkciu H<sub>2</sub>S ovplyvňuje najmä zloženie muštu, koncentrácia a zastúpenie rôznych sírných a dusíkatých látok, ale tiež genetická výbava zainteresovaných kmeňov kvasiniek.

### 6.1. Sulfán

Sulfán je vo víne najrozšírenejšou sírnou zlúčeninou. Jeho aróma pripomína hnilé vajcia a prah citlivosti vône je 10–80 µg l<sup>-1</sup>. Sulfán je vysoko reaktívna zlúčenina, ktorá generuje nové senzorycky aktívne látky<sup>10</sup>. Sulfán produkovaný na začiatku fermentácie je asociovaný s rastom kvasiniek a typickým nedostatkom výživových faktorov, špeciálne fosforečnanu amónneho a kyseliny pantoténovej. Hladina 60–250 mg l<sup>-1</sup> asimilovateľného dusíka a 250 mg l<sup>-1</sup> kyseliny pantoténovej zabezpečí významné zníženie produkcie H<sub>2</sub>S a iných prchavých sírných zlúčenín<sup>12</sup>.

Mechanizmus tvorby sulfánu počas záverečnej fázy kvasenia je podmienený kmeňom kvasiniek<sup>13,14</sup>. Pri rovnakých podmienkach produkujú rôzne kmene rôzne množstvá sulfánu<sup>4,13</sup>. Genetická výbava *Saccharomyces cerevisiae* a expresia génov kódujúcich enzýmy jednotlivých krokov sírneho metabolizmu teda jednoznačne produkciu sulfánu ovplyvňuje. Potvrdzujú to mnohé genetické štúdie. Nadexpresia génu *MET17*, ktorý kóduje *O*-acetylserín/*O*-acetylhomoserín sulfhydrolázu, napr. vedie k vyššiemu vyvážovaniu sulfidov a podstatnej redukcii tvorby sulfánu<sup>15</sup>.

„Sírka“ vo víne sa ošetruje modrým čírením – použitím síranu meďnatého. Meďnaté ióny reagujú s voľnými

Tabuľka I  
Charakteristika prchavých sírnych zlúčenín vo víne (Swiegers a spol., 2005)

Prchavé sírne zlúčeniny	Koncentrácia vo víne [ $\mu\text{g l}^{-1}$ ]	Prah vône [ $\mu\text{g l}^{-1}$ ]	Aróma
Sulfán	stopy–80	10–80	hnilé vajíčka
Metántiol	2,1–5,1	0,3	hnilá voda
Etántiol	1,9–18,7	1,1	cibuľa, guma, zemný plyn
Dimetylsulfid	1,4–61,9	25	špargľa, kukurica, melasa
Dietylsulfid	4,1–31,8	0,93	cibuľa, cesnak
Dimetyldisulfid	2	15,2	varená kapusta
Dietyldisulfid	stopy–85	4,3	cesnak, spálená guma
Metionol	140–5000	500	karfiol, kapusta, zemiaky
Benzotiazol	0–11	50	guma
Tiazol	0–34	38	pukance, arašidy
4-Metyltiazol	0–11	55	zelený lieskovec
2-Furánmetántiol	0–350 $\text{ng l}^{-1}$	1 $\text{ng l}^{-1}$	spálená guma / pražená káva
Tiofén-2-tiol	0–11	0,8	spálená guma / pražená káva
4MMP	0–30 $\text{ng l}^{-1}$	3 $\text{ng l}^{-1}$	„Sauvignon blanc“ aróma, mačací moč / čierne ríbezle
3MH	0,5–5	60 $\text{ng l}^{-1}$	granátové jablko, grapefruit
3MHA	1–100 $\text{ng l}^{-1}$	4 $\text{ng l}^{-1}$	„rizlingová“ aróma, granátové jablko, krušpán

tiolmi a  $\text{H}_2\text{S}$  a vytvárajú sulfidy, ktoré možno odfiltrovať. Znovuvytvorenie zápachov vo víne počas skladovania po ošetroaní síranom mednatým a naľšaovaní je spojená s tvorbou nepríjemných prchavých látok vznikajúcich napr. hydrolyzou esterov kyseliny tiooctovej, pričom sa znova uvoľňujú zápachajúce tioly. Mednaté ióny s esterami kyseliny tiooctovej nereagujú, preto je pre úplné odstránenie týchto nežiadúcich látok nutné ošetrovanie síranom mednatým opakovať.

## 6.2. Tioly a ďalšie sírne látky

Jednou z najdôležitejších skupín aromatických látok vo víne sú tioly (merkaptány). Tioly vznikajú metabolizmom kvasiniek a ich prekursorom môže byť sulfán<sup>16</sup>. Napríklad etántiol vzniká reakciou sulfánu s etanolom alebo acetaldehydom. V závislosti od koncentrácie a typu môžu merkaptány zapáchať alebo príjemne voňať. Tiofén-2-tiol má dymovú arómu, vo vyšších koncentráciách zápacha ako spálená guma a v nízkych vytvára arómu čerstvo pomletej kávy. Najbežnejšími merkaptánmi vo víne sú metántiol a etántiol. Sú to typicky zápachajúce látky. Metántiol má zápach hnijúcej vody, etántiol má zápach surovej cibule.

Niektoré merkaptány v nízkych koncentráciách príjemne voňajú a tvoria tzv. odrodový charakter hrozna. Napríklad 4-merkaptio-4-metylpentán-2-ón (4MMP) je látka zodpovedná za odrodový charakter variety Sauvignon Blanc<sup>17</sup>, 3-merkaptiohexylacetát (3MHA) zase za arómu rizlingov. 3-Merkaptiohexanol (3MH) môže voňať po

čiernych ríbezliach, grapefruitu alebo granátovom jablku, 2-furánmetántiol a 2-furfuryltiol môžu mať arómu praženej kávy<sup>18</sup>. Prchavé tioly sa v hrozne vo voľnej forme nevyskytujú. Prchavý 4MMP typický pre Sauvignon Blanc je v mušte viazaný na aminokyselinu cysteín a vytvára neprchavú zlúčeninu<sup>19</sup>. Aby sa z tohto komplexu uvoľnil, potrebuje zásah kvasiniek. *S. cerevisiae* účinkom karbonsulfurylázy sprostredkúva štiepenie neprchavých cysteínových prekursorov (Cys-4MMP), prchavý tiol sa uvoľňuje a víno získa svoju typickú arómu. Uvoľnenie 4MMP z neprchavého komplexu kódujú štyri gény<sup>19</sup> a možno teda vyhlásiť, že kmeň kvasiniek a jeho genetická výbava aktívne ovplyvňuje aj odrodový charakter vína.

Ďalšími prchavými sírnymi látkami vo víne sú polysulfidy, ktoré vznikajú oxidáciou tiolov. Sú to hlavne dimetyldisulfid, dimetyltrisulfid a dimetyltetrasulfid, ktoré majú arómu gummy alebo cesnaku a nemožno ich odstrániť čírením mednatými iónmi. Kvasinky však dokážu disulfidy spätne redukovať na merkaptány, ktoré s mednatými iónmi reagujú.

Sírna aminokyselina metionín môže byť kvasinkami metabolizovaná na síru obsahujúce alkoholy. Metionol (3-metyltio-1-propanol) je jednou z hlavných sírnych zlúčenín vo víne. Má karfiolovú arómu a môže byť neskôr pozmenený na 3-metyltiopropylacetát, ktorý má hubovú, alebo cesnakovú vôňu<sup>18</sup>. Prídavok suplementov (hydrogénfosforečnan amónny) často vedie k významnému úbytku hladiny metionolu vo víne.

Za netypické starnutie vína je zodpovedná sírna zlúčenina 2-aminoacetofenón. Túto vadu možno zaznamenať,

ak víno obsahuje nad  $0,5 \mu\text{g l}^{-1}$  2-aminoacetofenónu. Faktory ako ošetrovanie a hnojenie viniča, stresové podmienky počas vegetačného obdobia, nedostatok dusíkatých zdrojov pre kvasinky, nízka antioxidačná aktivita vína veľmi výrazne vplývajú na rozvoj tohto fenoménu<sup>20</sup>. Správnym hnojením, výberom vhodného kmeňa kvasiniek a dávkovaním kyseliny askorbovej možno vzniku 2-aminoacetofenónu a tiež metionalu efektívne predísť.

## 7. Záver

Sírne zlúčeniny sú pre výrobu kvalitného vína rovnako nepostrádateľné ako sacharidy, kyseliny, či dusíkaté látky. Sú súčasťou každého živého organizmu a plnia úlohu stavebnú i riadiacu. Bez využiteľnej síry a niektorých jej aktívnych komponentov by nebolo možné dopestovať hrozno, fermentovať mušt, ani vyrábať víno. K výrobe vína s bezchybnou arómou a chuťou však nestačí len mušt s dostatočnou koncentráciou síry. Metabolizmus sacharidov, dusíkatých a sírnych látok je u kvasiniek kódovaný geneticky a je navzájom veľmi úzko poprepájaný. Preto je výroba zdravého, bezchybného vína ovplyvnená celkovým zložením muštu, zastúpením všetkých výživových parametrov (majoritných i minoritných) a tiež výberom konkrétneho kmeňa čistej kultúry kvasiniek.

*Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0488-07.*

### Zoznam skratiek

4MMP	4-merkaptó-4-metylpentán-2-ón
3MH	3-merkaptóhexanol
3MHA	3-merkaptóhexylacetát

### LITERATÚRA

1. Bujan J., Atrajona J.: *Degustácia vína. Zošity o víne*. Rubes editorial, Barcelona 1997.
2. du Toit W. J., Pretorius I. S., Lonvaud-Funel A.: *J. Appl. Microbiol.* **98**, 862 (2005).
3. Rose A. H., Pilkington B. J., v knihe: *Mechanisms of Action of Food Preservation Procedures* (Gould G.W., ed.), kap. *Sulphite*. Elsevier, London 1989.
4. Henschke P. A., Jiranek V., v knihe: *Wine Microbiology and Biotechnology* (Fleet G. H., ed.), kap. *Yeast – Growth during fermentation*. Harwood Academic Publishers, Chur 1993.
5. Park S. K., Boulton R. B., Noble A. C.: *Am. J. Enol. Viticult.* **51**, 91 (2000).
6. Jiranek V., Langridge P., Henschke P. A.: *J. Appl.*

- Bact.* **81**, 329 (1996).
7. Ough C. S., Davenport M., Joseph K.: *Am. J. Enol. Viticult.* **40**, 208 (1989).
8. Ribéreau-Gayon P., Dubourdieu D., Donèche B., Lonvaud A.: *Handbook of Enology. The Chemistry of Wine: Stabilization and Treatments*, 2. vydanie. John Wiley, Chichester 2006.
9. Kocková-Kratochvílová A.: *Taxonómia kvasiniek a kvasinkovitých mikroorganizmov*. Alfa, Bratislava 1990.
10. Vermeulen C., Gijs L., Collin S.: *Food Rev. Intern.* **21**, 69 (2005).
11. Rauhut D., Kürbel H., Dittrich H. H., Großmann M.: *Die Wein-Wissenschaft* **51**, 187 (1996).
12. Wang X. D., Bohlscheid J. C., Edwards C. G.: *J. Appl. Microbiol.* **94**, 349 (2003).
13. Spiropoulos A., Tanaka J., Flerianos I., Bisson L. F.: *Am. J. Enol. Viticult.* **51**, 233 (2000).
14. Mendes-Ferreira A., Mendes-Faia A., Leao C.: *J. Food Prot.* **65**, 1033 (2002).
15. Spiropoulos A., Bisson L. F.: *Appl. Environ. Microbiol.* **66**, 4421 (2000).
16. Lambrechts M. G., Pretorius I. S.: *S. Afr. J. Enol. Vitic.* **21**, 97 (2000).
17. Dubourdieu D., Tominaga T., Masneuf I., Peyrot de Gachons C., Murat, M. L.: *Am. J. Enol. Vitic.* **57**, 81 (2006).
18. Swiegers J. H., Bartowsky E. J., Henschke P. A., Pretorius I. S.: *Aust. J. Grape Wine. Res.* **11**, 139 (2005).
19. Howell K. S., Swiegers J. H., Elsey G. M., Siebert T. E., Bartowsky E. J., Fleet G. H., Pretorius I. S., de Barros Lopes M. A.: *FEMS Microbiol. Lett.* **240**, 125 (2004).
20. Švejcar V.: *Vinič a víno 2006*, 70.

**K. Furdíková and F. Malík** (*Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology, Bratislava*): **Sulfur Cycle of Wine**

In winegrowing, sulfur compounds are as important as sugars, acids or amino nitrogen. They are present in every living organism serving for building-up of tissues and control functions. Without utilizable sulfur and some of its active compounds it would not be possible to raise grapes, ferment grape juice and produce wine. Concentrations of sulfur in musts are not sufficient for creation of perfect aroma of wine. The metabolisms of sugars, nitrogen and sulfur compounds in yeasts are closely linked. Production of perfect, healthy wine is influenced by the composition of must, presence of all nutritional components and by the strain of wine yeasts as well.