

Agrovoc Descriptors: red wines, white wines, grape must, acids, deacidification, acidity, ph, keeping quality, chemico-physical properties

Agris Category Codes: Q04, Q02

COBISS koda 1.01

Uravnavanje kislosti belih in rdečih vin s kemijskim razkisom

Tatjana KOŠMERL¹

Prispelo 11. avgusta 2005; sprejeto 20. septembra 2005.

Received August 11, 2005; accepted September 2005.

IZVLEČEK

Zmanjšanje skupnih kislin in s tem povezano povečanje pH v kislinsko bogatih moštih ali vinih ima za vinarje zelo velik pomen in tudi posledice. Uravnavanje kislosti lahko izvedemo s kemijskim razkisom (s kalcijevim karbonatom ali kalijevim hidrogenkarbonatom) ali pa z biološko razgradnjo (pretvorbo jabolčne kisline v mlečno kislino z mlečnokislinskimi bakterijami). Kemijski razkis s karbonati je bolj priporočljivo izvesti v moštih kot v vinih. Obseg kemijskega razkisa naj temelji na določevanju zelene vsebnosti skupnih kislin in pH, ne le na podlagi senzorične ocene. Pufna kapaciteta ter razmerje med vinsko in jabolčno kislino pomembno vplivajo na obseg kemijskega razkisa. Poudariti je potrebno, da je zaznava kislosti ali omladnosti vina odvisna predvsem od vsebnosti skupnih kislin, medtem ko vrednost pH določa mikrobiološko stabilnost.

Ključne besede: mošt, vino, kislost, pH, kemijski razkis, stabilnost, fizikalno-kemijska sestava

ABSTRACT

ACIDITY ADJUSTMENT OF WHITE AND RED WINES BY CHEMICAL DEACIDIFICATION

The reduction of titratable acidity and the accompanying rise in pH value of high acid grape must or wine has important consequences for winemakers. The acidity adjustment can be made by chemical deacidification (with calcium carbonate or potassium hydrogencarbonate) or by biological degradation (conversion of malic acid to lactic acid with lactic acid bacteria). It is generally accepted that a must treatment by carbonate is preferred that a wine treatment. The adjustments will generally be based on target values of titratable acidity and pH rather than by sensory evaluation. The ability to obtain the desired level of deacidification is very much influenced by the natural variation in the buffer capacity and the proportion between tartaric and malic acid. We have to emphasis that the perception of sourness or flatness becomes from the titratable acidity, but the microbial stability of the wine is primarily influenced by the pH.

Key words: musts, wines, acidity, pH, chemical deacidification, stability, physico-chemical composition

¹ Doc. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, Jamnikarjeva 101, SI-1001 Ljubljana

1 UVOD

Kislost mošta ali vina povezujemo z vsebnostjo skupnih kislin, s pH, z relativno vsebnostjo disociiranih in nedisociiranih kislin, pufrno kapaciteto in relativno vsebnostjo vsake posamezne kisline. Vse kisline so bolj ali manj kisle in dajejo vinu značilne senzorične lastnosti. Med pH in vsebnostjo skupnih kislin ni enostavne zveze. Poznane so različne zveze med pH in razmerjem nekaterih organskih kislin ter njihovimi kislimi solmi (hidrogen solmi); npr. razmerje med vinsko kislino in kalijevim hidrogentartratom (KHT). Ta zveza kaže, da je pH odvisen zlasti od stopnje nevtralizacije vinske kisline oziroma vsebnosti KHT. Mošt in vino vsebujeta znatne količine različnih šibkih karboksilnih kislin, od katerih sta prevladujoči predvsem jabolčna in vinska kislina. Med dozorevanjem grozdja je značilno zmanjševanje vsebnosti kislin in s tem posledično večanje pH. Pri opisu posameznega letnika se z ozirom na vremenske pogoje med dozorevanjem grozdja in njegovo zrelostjo ob trgatvi pogosto srečujemo s pojmom, ki okarakterizira letnik kot bolj ali manj kislinski. V primeru kislinskega letnika imamo na razpolago različne postopke za zmanjšanje vsebnosti kislin, bodisi s t.im. kemijskim razkisolom ali z jabolčno-mlečnokislinsko fermentacijo oziroma »biološkim razkisolom«. Postopke kemijskega in/ali biološkega razkisa lahko izvajamo že v moštu pred alkoholno fermentacijo ali kasneje v mladem vinu. Pred izvedbo razkisa se moramo zavedati, da tudi po naravni poti prihaja do zmanjšanja kislin že med predelavo, alkoholno fermentacijo in kasnejšim zorenjem vina ob tvorbi vinskega kamna, katerega glavni predstavnik je KHT. Spontan proces kristalizacije, kot to imenujemo, je predvsem odvisen od vsebnosti vinske kisline, kalija in temperature.

Za kemijski razkis uporabimo karbonate, s katerimi posežemo v kemijsko sestavo mošta ali vina. Poseg se odraža v porušenju ravnotežja, ne samo v zmanjšanju kislin sorazmerno s količino dodanega karbonata, temveč v spremembi kompleksnega pojma kislosti, ki poleg vsebnosti skupnih kislin obsega tudi pufrno kapaciteto (ki se zmanjša) in vrednost pH ali aktualno kislost (ki se poveča). Glede na to se tudi priporoča uporaba kalcijevega karbonata (CaCO_3) v nekoliko večji količini dodatka v mošt oziroma uporaba kalijevega hidrogenkarbonata (KHCO_3) v vinu za zmanjšanje kislin v manjšem obsegu.

2 UPORABA KARBONATOV ZA URAVNAVANJE KISLOSTI

2.1 Kalcijev karbonat

Najpogosteje uporabljen karbonat je kalcijev karbonat (CaCO_3), katerega uporaba je priporočljiva v kislinsko zelo bogatih moštih ali vinih, z vsebnostjo kislin več kot 9–11 g/L. Ob dodatku CaCO_3 se hitro tvori ogljikova kislina ali CO_2 , kalcijeve soli vinske kisline – tartrati in jabolčne kisline – malati pa kristalizirajo. Glede na topnost nastalih kristalov je jasno, da so tartrati bistveno manj topni in se zato hitreje izločajo v primerjavi z malati. Kot rezultat tega dejstva je bistveno več izločenih soli vinske kisline, medtem ko preostanejo v vinu soli jabolčne kisline, ki lahko povzročajo nestabilnost vina zaradi preveč kalcija, zlasti v primeru majhne vsebnosti vinske kisline. Pri preobsežnem enojnem kemijskem razkisu s CaCO_3 se lahko poleg nestabilnosti srečamo tudi s slanim okusom ali priokusom po kredi.

Ribéreau-Gayon in sod. (2000) priporočajo naslednje oblike karbonatov in njihovo količino za zmanjšanje kislosti v moštu in vinu (preglednica 1).

Preglednica 1: Količine karbonatov za zmanjšanje kislosti mošta in vina (Ribéreau-Gayon in sod., 2000)

Table 1: Doses of carbonates for the deacidification of musts and wines (Ribéreau-Gayon et al., 2000)

Začetna kislost (g vinske kisline/L) Initial acidity (g tartaric acid/L)	CaCO ₃ (g/hL)	KHCO ₃ (g/hL)
manj kot 10,8 Less than 10.8	50	75
od 10,8–11,5 From 10.8–11.5	75	110
od 11,5–12,3 From 11.5–12.3	100	–
več kot 12,3 Greater than 12.3	125	–

Za zmanjšanje vsebnosti jabolčne kisline se lahko poslužujemo dvojnega kemijskega razkisa (Wucherpfennig, 1967), pri katerem po formulah izračunamo zelene podatke o količini dodatka CaCO₃ ter delni količini mošta ali vina, v katerem izvedemo najprej delni razkis. Velja, da se bolj priporoča razkis mošta kot vina. Razmerje med prevladujočima šibkima organskima kislinama je značilno: majhna vsebnost vinske in velika vsebnost jabolčne kisline. Pred izvedbo kemijskega razkisa moramo poznati vsebnosti skupnih kislin in vinske kisline. Pri izračunu največjega zmanjšanja kislin je potrebno upoštevati dejstvo, da mora po našem pravilniku v vinu preostati vinske kisline najmanj 1 g/L v okviru najmanjše vsebnosti titrabilnih kislin 3,5 g/L (Pravilnik, 2004). Količino dodanega sredstva za dvojni razkis raztopimo najprej v majhni količini mošta ali vina, jo dodamo v delno količino, kjer nastane najkasneje po 1 uri (običajno pa že po 20–30 minutah) dvojna sol, tj. kalcijeva sol vinske in jabolčne kisline, ki je netopna pri vrednosti pH nad 4,5 (Boulton in sod., 1996). Preden dodamo razkisano delno količino k preostali količini mošta ali vina, je obvezna odstranitev dvojne soli s filtracijo. Prisotnost približno 1 % kristalov dvojne soli je zadostna za nadaljnjo pospešitev kristalizacije v preostali količini mošta, kjer služijo kot kristalizacijska jedra (Zoecklein in sod., 1995). V primeru, da pa kristalov dvojne soli predhodno ne odstranimo v zadostni meri, se lahko v kisli sredini dvojna sol raztopi, kar izniči vpliv nadaljnje kristalizacije jabolčne kisline. Tako je učinek uporabe dvojne soli praktično enak enojnemu kemijskemu razkisu. Prav tako je samo teoretično možno, da je zmanjšanje vinske in jabolčne kisline v razmerju 1:1.

2.2 Kalijev hidrogenkarbonat

Za zmanjšanje kislin v manjšem obsegu se priporoča uporaba kalijevega hidrogenkarbonata (KHCO₃). Iz tega sledi, da ga običajno uporabljamo v mladih vinih, po končani alkoholni fermentaciji, medtem ko le redkokdaj v moštih. Najobičajneje je njegova uporaba povezana z nadaljnjimi tehnološkimi postopki, z ozirom na spremembo pH (npr. zelen biološki razkis vina) ali tik pred stekleničenjem za harmonizacijo ali uravnoteženje. Vsebnost kislin v vinih, ki jih razkisolujemo s KHCO₃,

naj bo med 8–10 g/L, vrednost pH pa med 3,0–3,1. Značilno je, da KHCO_3 reagira le z vinsko kislino, ob čemer se tvori samo vinski kamen, sestavljen iz kalijevega hidrogentartrata. S KHCO_3 v kleti vedno izvajamo »enojni kemijski razkis«, kar pomeni, da odtehtamo določeno količino karbonata, ga raztopimo v manjši (5–10-kratni) količini mošta in dodamo k celotni količini, ki jo želimo razkisliti. Zaradi dobrega premešanja se priporoča, da vino prelijemo preko raztopljenega sredstva. Čas reakcije pri tem razkisu je hitrejši v primerjavi s CaCO_3 . S hlajenjem vina znatno pospešimo kristalizacijo, v popolnosti pa jo dosežemo le s hladno stabilizacijo, ki traja 2–3 dni pri temperaturi tik nad lediščem vina. Ta podatek nam običajno manjka, tako da se z ozirom na to razlikujejo potrebne količine KHCO_3 za zmanjšanje skupnih kislin za 1 g/L. V kolikor vina hladno ne stabiliziramo, je potrebna količina 133–135 g/hL (Ribéreau-Gayon in sod., 200), v primeru popolne hladne stabilizacije pa le 67 g/hL.

3 MATERIAL IN METODE DELA

V poskusu smo uporabili vzorce vina letnikov 2003 in 2004. Vsa izbrana vina so bila nestabilizirana in nestekleničena. Vzorcem smo zmanjšali začetno kislost z dodatkom različnih oblik karbonatov v količinah, ki jih priporočajo proizvajalci za zmanjšanje kislin v obsegu 1 g/L (preglednici 2 in 3).

Preglednica 2: Sestava in količina uporabljenih karbonatov za zmanjšanje kislosti vina letnika 2003

Table 2: Composition and doses of carbonates used for the deacidification of wine, vintage 2003

Štev. (No.)	Sestava karbonata (Composition of carbonate)	Količina (Dose) (g/hL)
1	kontrolni vzorec (control sample)	0
2	KHCO_3	70
3	KHCO_3	135
4	CaCO_3 – dvojna sol (CaCO_3 – double salt)	90
5	KHCO_3 , CaCO_3 , KHT	67

Preglednica 3: Sestava in količina uporabljenih karbonatov za zmanjšanje kislosti vina letnika 2004

Table 3: Composition and doses of carbonates used for the deacidification of wine, vintage 2004

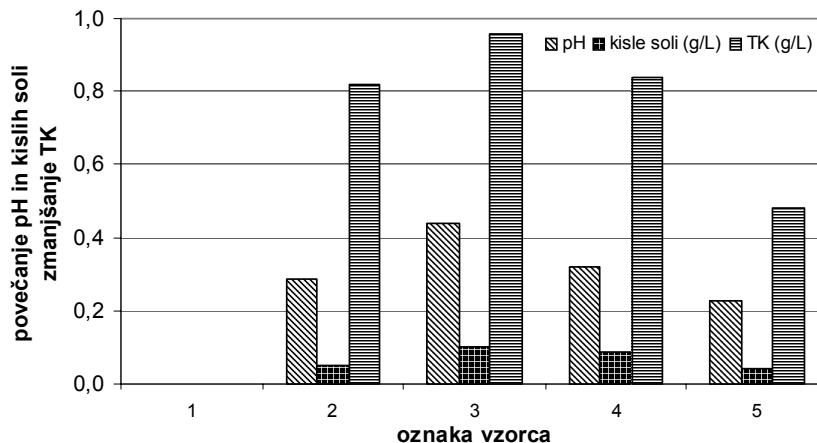
Štev. (No.)	Sestava karbonata (Composition of carbonate)	Količina (Dose) (g/hL)
1	kontrola – osnovno nerazkisano vino	0
2	KHCO_3	67
3	KHCO_3	135
4	KHCO_3 – dvojni razkis (double deacidification)	135
5	CaCO_3	67
6	CaCO_3 – dvojni razkis (double deacidification)	67
7	KHCO_3 , CaCO_3 , K-tartrat	67

3.1 Kemijske analize

S potenciometrično metodo smo opravili analize vrednosti pH ter vsebnosti titrabilnih (TK) in skupnih kislin (SK), izraženih v g/L kot vinska kislina (Košmerl in Kač, 2004). Za oceno vsebnosti kislih soli smo uporabili razliko v masni koncentraciji skupnih kislin (do pH 8,2) in titrabilnih kislin (do pH 7,0).

4 REZULTATI

Kemijski razkis belega vina letnika 2003 je potekal 72 ur pri sobni temperaturi 20 °C. Kontrolni vzorec pred razkiso je imel naslednjo sestavo: 4,44 g/L titrabilnih kislin, 4,72 g/L skupnih kislin, 0,28 g/L kisle delujočih soli in začetni pH je bil 3,433. Iz slike 1 je razvidno, da je sestava kontrolnega vzorca po razkisu ostala nespremenjena, kar kaže na »tartratno« stabilnost vzorca, medtem ko je v preostalih vzorcih prišlo do dejanskega zmanjšanja kislosti za 0,48–0,96 g/L, čeprav naj bi predviden dodatek zmanjšal kislost vina za 1 g/L. Istočasno je prišlo do povečanja vsebnosti kislj soli za 40-100 mg/L in pH za 0,23-0,44 enote. Po pričakovanjih so bile največje spremembe pri večjem dodatku KHCO_3 , medtem ko razlike med kalcijevim in kalijevim hidrogenkarbonatom niso značilne. Kot najmanj učinkovit se je pokazal kombiniran karbonat. Pri t.im. enojnih kemijskih razkisih je značilna nevtralizacija in kristalizacija predvsem soli vinske kisline, preostanek karbonata pa se odraža na povečanju kalcijevih ali kalijevih ionov, kar lahko zaznamo kot kisle soli.

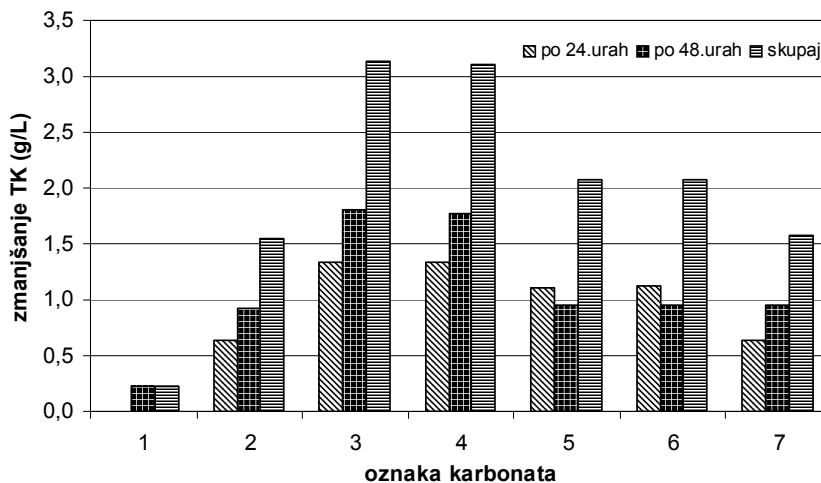


Slika 1: Kemijska sestava white vina letnika 2003 po kemijskem razkisu z različnimi karbonati

Figure 1: Chemical composition of white wine vintage 2003 after chemical deacidification by different carbonates

Kemijski razkis belega vina v kislinsko bolj bogatem letniku 2004 je potekal prvih 24 ur pri sobni temperaturi 20 °C, naslednjih 24 ur pa pri temperaturi 4 °C. Kontrolni vzorec pred razkiso je imel naslednjo sestavo: 8,52 g/L titrabilnih kislin, 8,72 g/L skupnih kislin, 0,20 g/L kisle delujočih soli in začetni pH je bil 3,220. V vseh vzorcih po razkisu je vsebnost kislj soli ostala nespremenjena, med 0,19-0,20 g/L. Iz slike 2 je razvidno, da se je tudi v kontrolnem vzorcu zmanjšala vsebnost titrabilnih kislin za 0,22 g/L in sicer šele pri nizki temperaturi. Prav tako se je pri razkisanem vzorcu s karbonati štev. 2, 3, 4 in 5 v bistveno večjem obsegu zmanjšala kislost šele pri nižji temperaturi. Zaključimo lahko, da na obseg razkisa s kalcijevim karbonatom ne vpliva uporaba nižje temperature. Nadalje je lepo razvidno, da je pri enaki količini dodanega KHCO_3 (135 g/hL) ali CaCO_3 (67 g/hL) popolnoma enak obseg zmanjšanja kislin, če izvedemo

enojni ali dvojni kemijski razkis. Zaradi nepopolne odstranitve kristalov dvojne soli se je najverjetneje v kisli sredini dvojna sol raztopila, kar je izničilo vpliv nadaljnje kristalizacije jabolčne kisline. Le tako lahko razložimo, da je bil učinek dvojnega razkisa praktično enak enojnemu. Po posameznem in skupnem zmanjšanju kislosti so dobljene vrednosti s karbonatoma števil 2 in 7 praktično enake, skupno okrog 1,5 g/L.

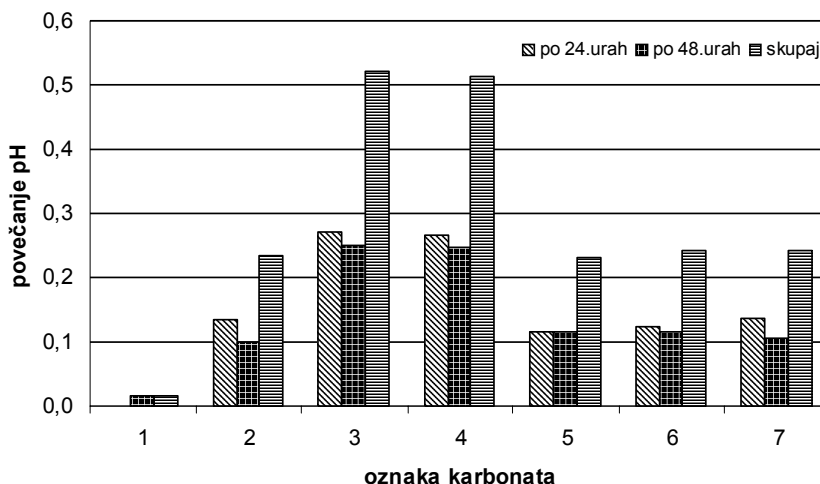


Slika 2: Zmanjšanje kislosti belega vina letnika 2004 po kemijskem razkisu z različnimi karbonati

Figure 2: Acidity reduction of white wine vintage 2004 after chemical deacidification by different carbonates

Tudi pri meritvi vrednosti pH se je pokazalo, da kontrolni vzorec ni bil stabilen na izločanje vinskega kamna. Pri nižji temperaturi se je namreč na račun zmanjšanja kislosti povečal pH za 0,02 enoti. Podobno kot pri kislinah lahko zaključimo tudi pri razlikah v pH vzorca, razkisanega z različnimi karbonati (slika 3). Za večjo količino dodanega kalijevega hidrogenkarbonata je značilno v praksi nesporejmljivo povečanje pH za več kot 0,5 enote, medtem ko ni značilne razlike v skupnem povečanju med karbonati števil 2, 5, 6 in 7 (med 0,23-0,24). Tudi tu se je potrdila neznačilna razlika v končnem pH pri izvedbi enojnega ali dvojnega kemijskega razkisa.

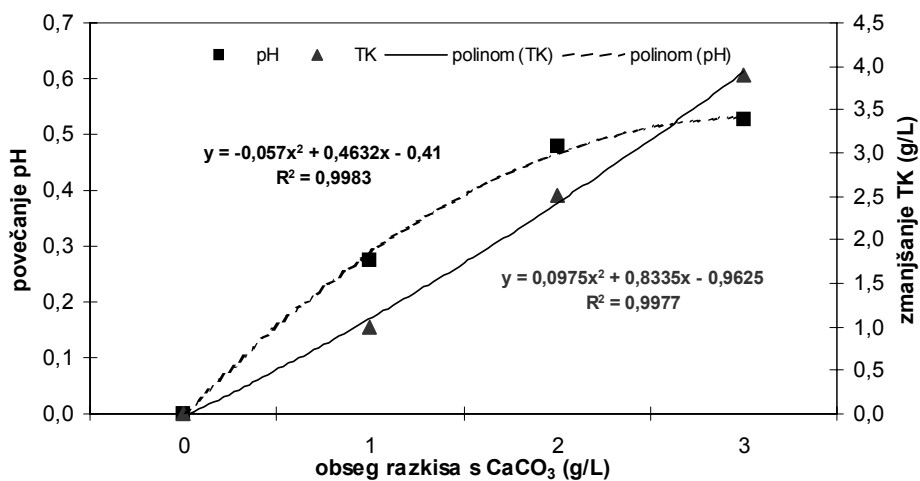
Že po začetni sestavi sta bila vzorca belega vina letnikov 2003 in 2004 zelo različna, zato je v praksi nemogoče pričakovati, da bo s strani proizvajalca nevedena točna količina karbonata, ki nam omogoča zmanjšanje kislin za 1 g/L. Pri enaki količini dodatka smo v letniku 2003 imeli občutno manjši obseg zmanjšanja kislin, v primerjavi z letnikom 2004, kjer je bilo skupno zmanjšanje kislin za 1,55-3,13 g/L in povečanje pH za 0,23–0,52 enote.



Slika 3: Povečanje vrednosti pH belega vina letnika 2004 po kemijskem razkisu z različnimi karbonati

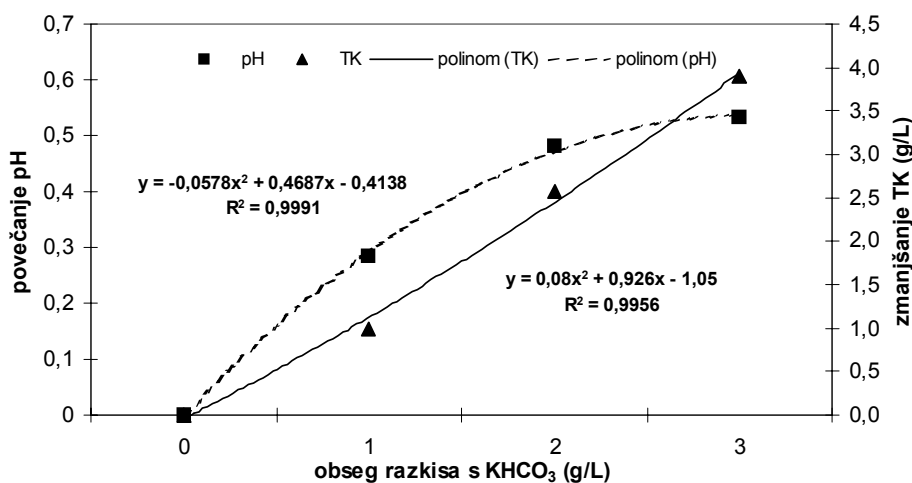
Figure 3: Increase of pH value of white wine vintage 2004 after chemical deacidification by different carbonates

V praksi se premalo zavedamo, da kislinske lastnosti vina niso aditivne (torej jih ne moremo enostavno seštevati) in niso sorazmerne z želenim obsegom razkisa. To je razvidno iz spodnjih slik, kjer je prikazano dejansko povečanje pH in zmanjšanje titrabilnih kislin pri želen razkisu za 1–3 g/L s CaCO_3 (slika 4) oziroma v istem obsegu s KHCO_3 (slika 5).



Slika 4: Povečanje vrednosti pH in zmanjšanje kislosti rdečkastega vina letnika 2004 po kemijskem razkisu s CaCO_3

Figure 4: Increase of pH value and acidity reduction of reddish wine vintage 2004 after chemical deacidification by CaCO_3

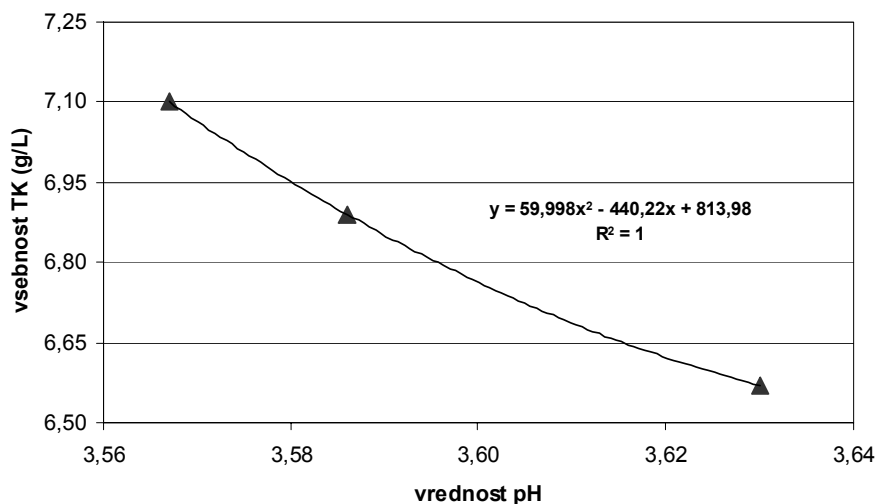


Slika 5: Povečanje vrednosti pH in zmanjšanje kislosti rdečkastega vina letnika 2004 po kemijskem razkisu s KHCO₃

Figure 5: Increase of pH value and acidity reduction of reddish wine vintage 2004 after chemical deacidification by KHCO₃

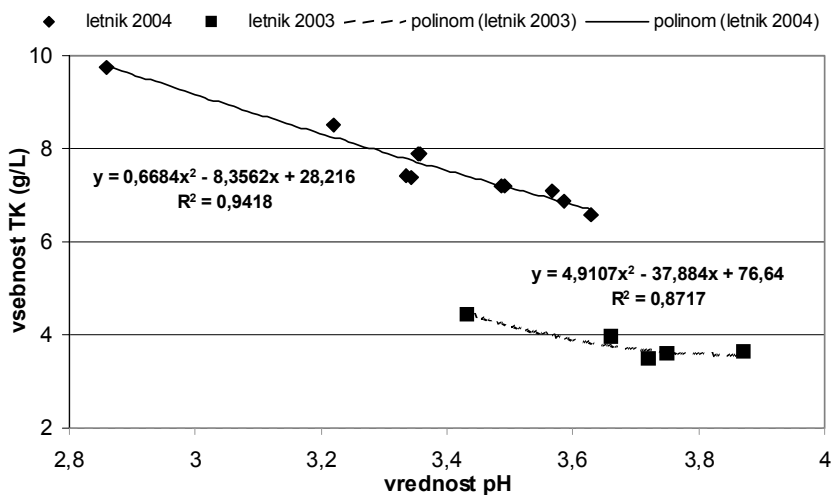
V tem delu poskusa smo uporabili vzorec rdečkastega vina (cviček) z začetnim pH 2,86 in vsebnostjo TK 9,76 g/L. Iz obeh primerov uporabljenih karbonatov v obsegu zmanjšanja kislin za 1 do 3 g/L je razvidno, da sta tako vrednost pH kot vsebnost titrabilnih kislin nelinearno odvisni od želene končne vrednosti kislin: To vrednost smo dosegli le pri želen zmanjšanju kislosti za 1 g/L, medtem ko je pri 2 oz. 3 g/L dejansko zmanjšanje znašalo 2,5 oziroma 3,9 g/L. Dobljene rezultate v obeh primerih najbolje opiše polinom druge stopnje, katerega parametri za CaCO₃ se praktično ne razlikujejo od parametrov za KHCO₃.

Med vsebnostjo titrabilnih kislin in pH ne obstaja linearna zveza. Po kemijskem razkisu s CaCO₃ vzorca rdečega vina letnika 2003 je zvezo med omenjenima parametroma najbolje opisal polinom 3. stopnje (slika 6). Če med seboj primerjamo v poskusu uporabljene vzorce obeh letnikov (belega vina letnika 2003 ter belega in rdečega vina letnika 2004) vidimo, da je letnik značilno vplival na obliko krivulje, ki je v bolj kislinskem letniku 2004 strmejša, in izračunane parametre (slika 7).



Slika 6: Zveza med vsebnostjo titrabilnih kislin in vrednostjo pH rdečega vina letnika 2004 po kemijskem razkisu s CaCO_3

Figure 6: Relationship between content of titratable acids and pH value of red wine vintage 2004 after chemical deacidification by CaCO_3



Slika 7: Zveza med vsebnostjo titrabilnih kislin in vrednostjo pH proučevanih vin letnikov 2003 in 2004

Figure 7: Relationship between content of titratable acids and pH value of investigated wines of vintages 2003 and 2004

5 ZAKLJUČEK

Za uravnavanje kislosti mošta ali vina je najbolj pogost postopek izvedba kemijskega razkisa s karbonati. Komercialno dostopni so kalcijev karbonat (CaCO_3), kalijev hidrogenkarbonat (KHCO_3), bodisi samostojno ali v kombinaciji s kalijevim hidrogenartratom (KHT), ki se sicer uporablja kot sredstvo za stabilizacijo vina na izločanje vinskega kamna. Kot dodatek prvima dvema karbonatoma ima funkcijo kristalizacijskega jedra, kar naj bi pospešilo kristalizacijo. Osnovni namen razkisa je zmanjšanje kislosti mošta ali vina, uravnavanje pH na želeno vrednost, medtem ko se od vzorca do vzorca to različno odraža na spremembi pufrne kapacitete, zaradi porušenja ravnotežja pa je tako vprašljiv dejanski obseg, ki ni linearen s količino dodanega karbonata. V praksi je premalo pozornosti usmerjene na dejanski pomen pH, ki poleg na senzorično zaznavo kislosti zelo značilno vpliva na učinkovitost dodatka žveplovega dioksida, barvni spekter predvsem rdečkastih in rdečih vin ter bakterijsko aktivnost. Ker prenekatera vina niso namenjena takojšnji porabi, ne smemo pozabiti, da višji pH pospešuje procese staranja in zorenja vina, občutljivost na porjavenje, oksidacijo in povzroča v večjem obsegu kvar vina.

Premalo se zavedamo resnosti poseganja v vino s kemijskimi sredstvi za uravnavanje kislosti. Prav zaradi porušenja ravnotežja ne moremo predvideti obsega razkisa na pamet oziroma po naši želji, ker lastnosti niso aditivne.

Za uspešen kemijski razkis vina moramo uporabiti tisto količino karbonata, s katero lahko dosežemo želen pH, ki naj bi bil za bela vina v območju od 3,1–3,4 oziroma pri rdečkastih in rdečih vinih od 3,3–3,6. Predvsem iz zdravstvenih razlogov, kot npr. večja potreba po SO_2 in možnost mikrobiološkega kvara, pa tudi večje porabe čistilnih sredstev – npr. bentonita, naj pH vina ne naraste nad 3,6. Zaradi značilnega vpliva razkisa na spremembo pH, predvsem pri uporabi KHCO_3 , je priporočljiv laboratorijski predposkus, s katerim določimo potrebno količino karbonata, ki ga nameravamo uporabiti po lastni izbiri. Le s potenciometrično metodo je mogoče določiti obseg razkisa v obliki zmanjšanja skupnih kislin in povečanja pH po razkisu. V bioloških sistemih je določitev pH pomembnejša kot podatek o skupnih kislinah. Vpliv višjega pH se značilno kaže v neselektivnem delovanju na mikroorganizme, v intenzivnosti in odtenku barve, okusu, oksidacijsko–redukcijskemu potencialu, razmerju med prostim in vezanim žveplovim dioksidom, v občutljivosti za pojav motnosti (zaradi železovih spojin), idr. Med naštetimi parametri je prav pH odločilen za pojav napak in bolezni vina.

6 VIRI

Boulton R.B., Singleton V.L., Bisson L.F., Kunkee R.E. 1996. Principles and practices of winemaking. New York, Chapman & Hall: 521-538.

Košmerl T., Kač M. 2004. Osnovne kemijske analize mošta in vina : Laboratorijske vaje za predmet Tehnologija vina. 2. izd., popravljena in dopolnjena. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 24-25, 32-36.

- Pravilnik o pogojih, ki jih mora izpolnjevati grozdje za predelavo v vino, o dovoljenih tehnoloških postopkih in enoloških sredstvih za pridelavo vina in o pogojih glede kakovosti vina, mošta in drugih proizvodov v prometu. 2004. UL RS 43/2004, z dne 26.04.2004.
- Ribéreau-Gayon P., Duburdieu D., Doneche B., Lonvaud A. 2000. Handbook of enology. Volume 1. The microbiology of wine and vinifications. New York, John Wiley&Sons: 276-279.
- Wucherpennig K. 1967. Tendances dans l'évolution du travail des vins en Allemagne. V: Compte Rendu 2ème Symposium International d'Enologie, INRA: 411-433.
- Zoecklein B.W., Fugelsang K.C., Gump B.H, Nury F.S. 1995. Wine analysis and production. New York, Chapman & Hall: 76-88.