

LES ACIDES CINNAMIQUES COMME MARQUEURS DE LA TECHNOLOGIE D'EXTRACTION DU MOUT DANS LA PRODUCTION DES VINS BLANCS

Urska VRHOVSEK*, **Mario POJER[§]** et **Fulvio MATTIVI***

* Istituto Agrario di San Michele all'Adige (TN), Dipartimento Laboratorio Analisi e Ricerche; § Azienda Agricola Pojer & Sandri, Faedo, I

1. INTRODUCTION

1.1 Oxygène et vin blanc

L'oxygène est un élément indispensable à la vie, mais à condition que sa concentration reste sous contrôle. En effet, il est extrêmement nocif à hautes concentrations, au point que les organismes vivants ont dû développer une série de systèmes de protection contre ses formes activées, responsables des dommages oxydatifs. De même, l'oxygène peut induire la transformation et la détérioration de boissons et aliments, il n'est donc pas surprenant de constater à quel point le contact du vin avec l'oxygène pendant son travail et élevage devient un critère crucial vis-à-vis de ses caractéristiques finales. La réduction de l'oxygène en eau requiert le transfert progressif de quatre électrons, conduisant à trois formes intermédiaires – le radical anion superoxyde [$^{\circ}\text{O}_2^-$], l'eau oxygénée [H_2O_2] et le radical hydroxyle [$^{\circ}\text{OH}$] - très réactives, suivant le schéma 1 :

Schema 1 $\text{O}_2 \rightarrow ^{\circ}\text{O}_2^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow ^{\circ}\text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

La gestion du contact avec l'oxygène peut être assez flexible dans le cas du vin rouge, protégé par la présence de concentrations élevées d'antioxydants de la classe des polyphénols, qui sont en mesure de neutraliser les effets négatifs des radicaux libres de l'oxygène (Rigo et al, 2000). La présence mal contrôlée d'oxygène peut en revanche s'avérer particulièrement critique en vinification en blanc, en raison de faibles teneurs en antioxydants. Le choix des modalités de protection contre l'oxygène est par conséquent une des facteurs principaux pour définir le style d'un vin (figure 1).

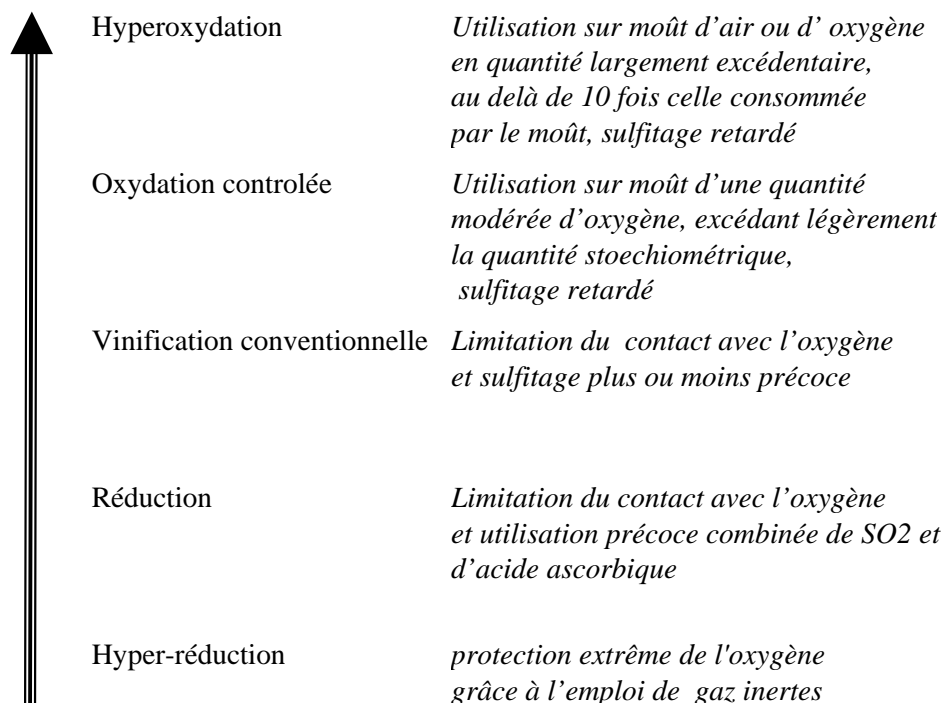


Figure 1: L'interaction avec l'oxygène en vinification en blanc

Au cours des années, la technique œnologique a permis l'utilisation de procédés extrêmement différenciés, depuis les systèmes de stabilisation par oxydation, tels que l'hyperoxygénation, jusqu'aux systèmes de vinification en réduction dont la finalité est de préserver l'expression d'arômes particuliers variétaux, techniques aujourd'hui largement répandues pour la production de Sauvignon Blanc et d'autres variétés aux arômes variétaux soufrés. Le choix de la technique de vinification initiale conditionne l'aptitude même du produit obtenu à subir les traitements successifs (élevage en barrique, conservation sur lies, re-fermentation etc.) qui doivent être cohérents avec les choix initiaux, en particulier pour les vins produits en conditions réductrices qui doivent en général rester protégés du contact avec l'oxygène pendant l'élevage.

1.2 Limites de la technologie actuelle

Les techniques actuellement disponibles largement éprouvées permettent de produire des styles variés de vins de qualité. Naturellement, il n'existe pas un schéma valable pour toutes les situations, étant donné que chacune des techniques a des contraintes spécifiques qui vont être brièvement indiquées dans ce chapitre.

Les techniques oxydatives appauvrissent le vin du fait qu'elles éliminent du moût, en phase précoce, les composés les plus oxydables du raisin. Elles favorisent donc la stabilité par soustraction des composés responsables de l'instabilité, au détriment toutefois de la qualité variétale du vin. Ce choix se justifie notamment pour les produits à forte empreinte technologique ou marqués par les arômes secondaires apparaissant pendant l'élevage, comme les vins effervescents, liquoreux ou élevés en barrique.

La vinification en blanc traditionnelle, dans ses multiples variantes, permet de produire des vins de bonne qualité, mais pas de faire exprimer complètement tous les cépages. En outre, l'évolution des réactions oxydatives entraîne inévitablement une consommation d'anhydride sulfureux soit par oxydation de celui-ci, soit indirectement par formation de composés qui le combinent. En vinification conventionnelle, une utilisation importante d'anhydride sulfureux est donc requise pour maintenir la présence d'une fraction technologiquement active, alors qu'il serait préférable d'en diminuer l'usage pour des raisons sanitaires.

La vinification en réduction avec acide ascorbique seul est déconseillée car celui-ci diminue le potentiel rédox au début, mais ensuite agit sur le vin comme pro-oxydant. En fait, l'acide ascorbique, en présence de catalyseurs métalliques, favorise l'activation de l'oxygène qui est converti en anion superoxyde (Scarpa et al., 1983; Rigo et al., 1985) qui tend à réagir immédiatement selon le schéma 1 pour produire de l'eau oxygénée. L'eau oxygénée, en présence d'acide ascorbique et de catalyseurs métalliques tels que les ions ferreux et cuivriques, peut en outre générer le radical hydroxyle (Halliwell, 1996). En pratique donc, la vinification en réduction exige la présence, en plus de l'acide ascorbique, d'anhydride sulfureux qui est capable de neutraliser la formation de ces trois formes réactives d'oxygène. Mais les polyphénols présents dans le vin peuvent agir en compétition avec l'anhydride sulfureux, puisqu'ils peuvent aussi réagir avec l'anion superoxyde engendrant à leur tour une espèce radicalaire, les semi-quinones [$^{\circ}\text{QH}$], dont la grande stabilité a été démontrée dans les vins rouges (Rossetto et al., 2001). En présence d'oxygène, les semi-quinones peuvent donner lieu à des réactions d'oligomérisation avec un effet antioxydant total (Bors, 2000), ou bien réagir à travers une série de réactions radicalaires en chaîne (Singleton, 1987), avec production d'eau oxygénée et effet pro-oxydant. L'eau oxygénée générée ainsi réagit aussi bien avec les polyphénols qu'avec les autres composés du vin, par exemple en formant de l'acétaldéhyde par oxydation de l'éthanol.

Ces réactions d'auto-oxydation aux dépend des polyphénols, qui peuvent être délétères pendant la conservation du vin, se produisent d'autant plus vite que le pH du vin est élevé. En outre, l'oxydation des polyphénols est autocatalytique, raison pour laquelle un vin dont le brunissement s'amorce tend à voir sa détérioration s'accélérer. (Singleton, 1987). Par conséquent, le contrôle de la concentration en composés polyphénoliques des vins blancs est une pratique courante, notamment à pH élevé. Leur présence excessive est un facteur potentiellement déstabilisant qui peut entraîner des phénomènes de brunissement et de madérisation pendant la conservation. Contre ce phénomène, il n'a pas encore été trouvé de remède efficace. En effet, si la vinification en réduction permet de garantir une bonne protection contre les oxydations enzymatiques en phase préfermentaire, on a par contre observé que la présence concomitante d'acide ascorbique et d'anhydride sulfureux ne garantit pas dans le temps une protection totale contre l'oxydation. Au

contraire la présence d'acide ascorbique peut entraîner pendant le vieillissement du vin le passage d'une phase initiale protectrice à une seconde phase oxydante (Peng et al. 1998). L'usage d'acide ascorbique est donc déconseillé pour les vins destinés à un élevage moyen ou long.

1.3 La protection par gaz inertes

Une autre limitation de la vinification en réduction est que – en raison de la consommation rapide des antioxydants du raisin dans les jus d'égouttage - elle soulève la question de la protection des composés du raisin contre l'oxydation pendant le foulage et les différentes étapes du pressurage. La vinification en hyper-réduction implique l'emploi de nouveaux systèmes à même d'assurer une protection ultérieure contre l'oxydation, surtout pendant les phases d'extraction du moût, via l'usage de gaz inertes tels que le CO₂, le N₂, entre autres. Cette opération est très intéressante pour obtenir des pressées fractionnées de qualité supérieure, utiles pour assurer une extraction efficace des composés organoleptiquement intéressants, principalement localisés dans la pellicule. La mise au point de cette technique et l'évaluation de sa mise en œuvre et de son utilité en oenologie n'ont été que peu explorées à ce jour.

Cette note décrit quelques expériences innovantes à ce sujet, menées à l'échelle industrielle dans l'entreprise Pojer & Sandri, et réalisées en 2002 sur quelques cépages aromatiques. On décrira en particulier le cas de la vinification en hyper-réduction, sous azote, du Müller-Thurgau.

1.4 Les acides cinnamiques comme marqueurs du procédé

Dans ce contexte, il était nécessaire de déterminer des marqueurs pertinents du procédé, permettant de mesurer avec précision le degré de protection contre l'oxydation obtenu au cours de l'expérimentation. Les acides cinnamiques représentent à notre avis un indicateur idéal. La teneur en acides cinnamiques des vins blancs est en effet liée à divers paramètres: i) concentration dans le raisin ; ii) importance des extractions du moût ; iii) réactions d'oxydation enzymatique ; iv) pertes en fermentation; v) pertes par adsorbance des coadjuvants de clarification et vi) pertes pendant la conservation du vin.

La concentration des acides cinnamiques dans la baie (278-467 mg/L), et dans le moût complètement protégé de l'oxydation (135-281 mg/L), est de loin supérieure à celle qu'on relève dans les vins blancs (Vrhovsek, 1998). De plus, le pourcentage des acides cinnamiques extractibles dans le moût est moindre pour les acides *cis*- et *trans-p-coutarique* (26-43%) que pour les acides *trans*-caftarique (52-69%) et *trans*-fertarique (62-83%).

Le bilan complet des pertes moyennes en pourcentage des acides cinnamiques dans la production de vins blancs a fait l'objet de travaux antérieurs (Vrhovsek e Wendelin, 1998b). Il a été observé expérimentalement que l'extraction incomplète des acides cinnamiques de la baie est la principale cause de diminution des teneurs dans les vins (68,7% en moyenne, pour l'ensemble des composés), suivie des oxydations enzymatiques et des réactions associées (16%). Les pertes moyennes pendant le débouillage statique (2,1%), la fermentation (1.8%), la clarification (0.7%) et la conservation (2.4%) sont bien inférieures, et ne contribuent que peu à la diminution des teneurs du vin en acides cinnamiques.

Les réactions d'oxydation et de polymérisation oxydative des polyphénols des vins blancs en présence de l'enzyme polyphénoloxydase (PPO) et d'oxygène, qui provoquent l'oxydation et le brunissement du moût lors de la première phase de vinification en blanc, ont fait l'objet d'une étude approfondie, principalement à travers une série de travaux de V. Cheynier et ses collaborateurs (Figure 2).

L'ensemble des informations disponibles indique clairement comment l'extraction défectueuse des composés localisés dans les parties solides et les oxydations enzymatiques en phase préfermentaire sont les deux facteurs déterminants pour la concentration finale de ces composés dans le vin. Les efforts de la Recherche en vinification en blanc devraient donc s'orienter vers l'optimisation des systèmes de pressurage, à la lumière de la connaissance de la composition du raisin (concentration et localisation), et vers le contrôle des processus d'oxydation et de condensation – principalement liés à l'activité polyphénoloxydasique – en phase préfermentaire.

En conclusion:

- Les acides caftariques et p-coutariques sont les meilleurs marqueurs de la protection de l'oxydation enzymatique gouvernée par PPO dont ils sont les substrats préférentiels.

- l'acide p-coutarique, qui est principalement localisé dans les pellicules, est le meilleur marqueur de l'extraction pelliculaire pour mettre en évidence la protection effective contre les oxydations possibles des pressées successives.
- La couleur aussi est un paramètre associé à l'évolution des réactions oxydatives, et elle peut même être utilisée pour suivre cette évolution en phase de pressurage.

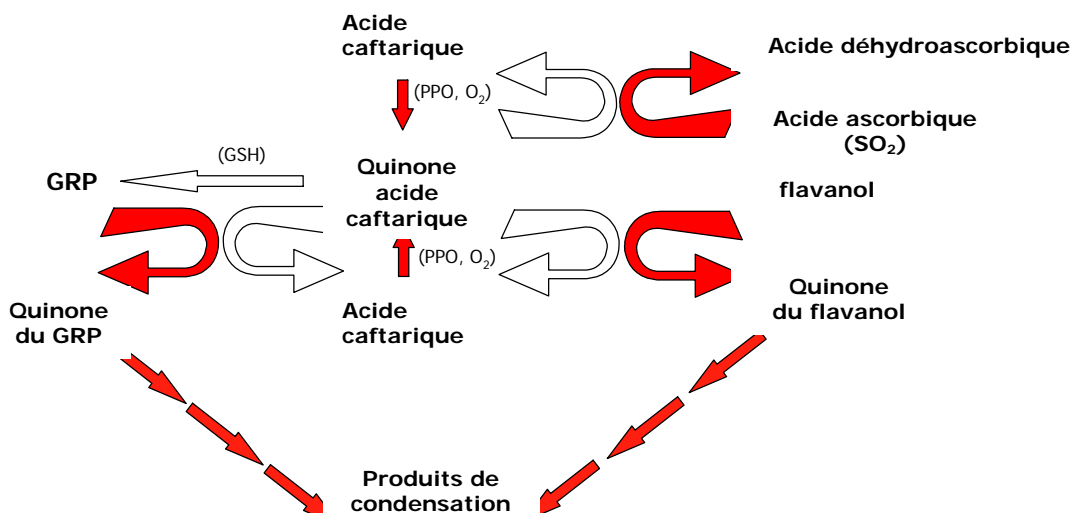


Figure 2: Schéma général des réactions oxydatives des acides cinnamiques (caftarique et p-coutarique) et des flavanols (catéchines et proanthocyanidines) en présence de polyphénoloxydase (PPO) et d'oxygène. (Légende: flèches rouges: oxydations; flèches blanches : réductions; GSH : glutathion)

2. MATERIEL ET METHODE

2.1. Raisin

Toutes les vinifications concernent un même vignoble, cultivé à Faedo (Trento, Italie), situé à 600-720 m. d'altitude. Son terrain est limoneux calcaire de dépôts werferiens d'arènes, siltites, marnes, calcaire et dolomies.

L'échantillon n.1 de la vendange 2002 a passé une nuit en chambre froide avant d'être subdivisé en deux lots de 25 caisses chacun, qui ont été travaillés en journée de la même façon, le matin sous azote et l'après-midi le témoin.

Dans les données qui suivent, le procédé a été répété en conditions identiques sur un second lot de raisins (échantillon n. 2).

2.2. Vinification en présence d'azote

Echantillon n.1. Deux vinifications séparées ont été réalisées, une conventionnelle « témoin » sous air atmosphérique, et une en hyper-réduction sous azote. L'itinéraire technologique est le suivant : le raisin, à la température de 9,5°C, a été éraflé, foulé et pompé en pressoirs avec ajout à la trémie de 5 g/hL SO₂ + 4 g/hL d'acide ascorbique, avec dosage volumétrique automatique en continu.

Le pressurage a eu lieu en pressoir pneumatique clos. Le cycle de pressurage a été programmé sur 3 heures: 70 minutes à 0,2 bar, 60 min. de 0,2 à 2 bar, 50 min. à 2 bar. Cette modalité correspond à 18 rebechages du marc (2 tours chaque).

L'essai sous azote a été effectué avec le système suivant: le circuit du moût en sortie de pressoir est fermé, relié à une autoclave qui elle communique avec une réservoir compensateur de gaz. Grâce au vide, il est possible d'éliminer l'air du circuit et même du moût. Une fois évacué cet air, on relie le circuit pressoir avec le réservoir compensateur de gaz.

L'atmosphère, au contact du marc a été pilotée en continu; le système adopté a garanti un niveau d'O₂ toujours inférieur à 0,9%.

La composition du moût obtenu, avec un rendement de 72 % (litres par quintal de raisin), est la suivante: 20,4° Brix, alcool potentiel 11,6°, pH=3,15, acidité titrable 7,5 g/L, acide malique 3,16 g/L, acide tartrique 5,7 g/L.

Le moût a été décanté avec de la bentonite (20 g/hL), la fermentation après ensemencement avec 2 souches sélectionnées a été conduite à T=18-20°C. Après débouillage en atmosphère protégée, le vin est resté sur lies jusqu'à janvier avec bâtonnages. Toutes les phases d'élaboration jusqu'à la mise en bouteilles ont été conduites sous atmosphère inerte.

Des échantillons ont été prélevés à chaque étape. Dans le cas du moût, celui-ci a été prélevé directement en sortie de pressoir – en double – et précisément 1) écoulage ; 2) 1,0 bar; 3) 1,5 bar; 4) 1,5 bar; 5) 2 bar, début; 6) 2 bar, fin; 7) toutes les fractions réunies. Un des échantillons a été mis en bouteille immédiatement sans protection particulière, tandis que l'autre a été versé dans une bouteille de verre contenant un fort excès d'acide ascorbique et d'anhydride sulfureux, de façon à bloquer complètement les réactions enzymatiques et réduire les quinones présentes.

2.3. Analyses

Toutes les analyses des moûts de 2002 ont été effectuées dans la foulée, juste après la prise d'échantillons. Les vins des millésimes 1998-2002 ont été analysés pendant le mois de janvier 2003, les vins des années précédentes ont été analysés courant septembre 1997.

Les polyphénols totaux et les flavanols (catéchine et proanthocyanidines) ont été dosés par voie spectrophotométrique, dans les conditions reportées dans la littérature (Rigo, 2000), et exprimées en équivalents de (+)-catéchine, mg/L.

Les acides cinnamiques des moûts et des vins ont été dosés par HPLC après séparation sur colonne selon les méthodes décrites dans la littérature (Nicolini et al, 1991; Spagna et al., 1996) et quantifiés en équivalent d'acide libre correspondant (caféique, *p*-coumarique ou férulique), mg/L. Les acides cinnamiques extraits des raisins et du moût obtenu en laboratoire en l'absence total d'oxydation (Vrhovsek, 1998) ont été analysés dans les mêmes conditions, de façon à comparer la composition du raisin avec le résultat de la vinification, et les résultats ont été exprimés respectivement en mg/kg de raisin et en mg/L de moût.

Les caractéristiques chromatiques des moûts ont été mesurées par colorimétrie sur un volume de moût mesuré avec précision, prélevé en sortie de pressoir et analysé immédiatement.

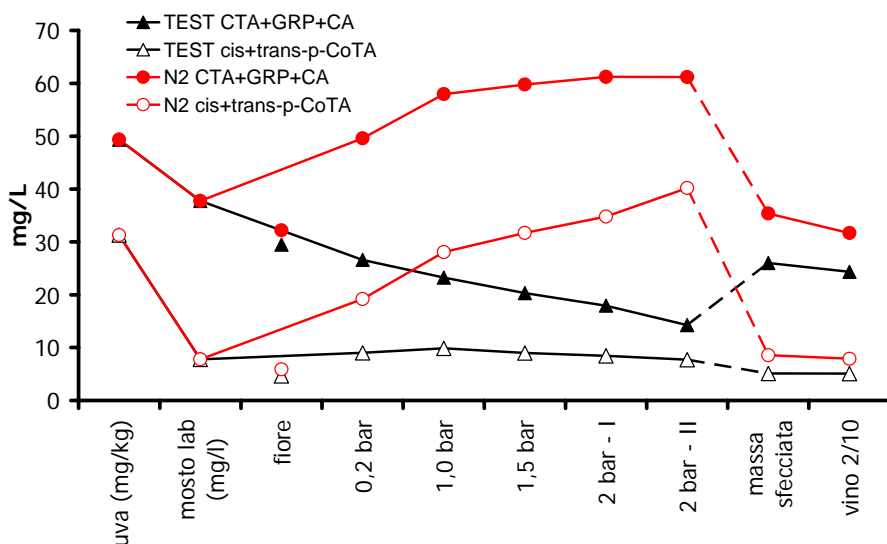


Figure 3: teneurs globales en dérivés d'acide caféique (acide trans-caftarique, CTA; acide 2-S-glutathionil-caftarique, GRP; acide trans-caféique, CA) et d'acide *p*-coumarique (cis- + trans-*p*-coumarique, *p*-CoTA) dans le raisin, le moût obtenu en laboratoire en protection complète de l'oxydation, au cours des diverses phases du pressurage et dans le vin fini.

3. RESULTATS

3.1 Acides cinnamiques du moût et du vin

Le moût issu du foulage est identique dans les deux essais (figure 3), tandis que les niveaux globaux de dérivés d'acide caftarique sont de 2 à 4 fois plus élevés dans la fraction de moût pressé protégé par rapport au témoin; les taux de dérivés d'acide p-coumarique y sont de 2 à 5 fois supérieurs. Etant donné que le moût de foulage représente la plus grande partie du moût total, ce dernier ainsi que le vin ont des teneurs plus élevées respectivement de 25 et de 60% par rapport au témoin. Pour les deux familles de composés, les concentrations présentes dans la masse finale du moût et dans le vin fini sont proches de celles du moût obtenu en laboratoire en l'absence totale d'oxydations.

Le GRP est produit suite à l'oxydation de l'acide caftarique et de l'acide p-coumarique par additions nucléophiles successives du glutathion. Par conséquent, sa présence est corrélable avec l'intensité des oxydations, qui dans les phases initiales conduisent à la formation de GRP, et par la suite à la disparition des dérivés cinnamiques par formation de produits de condensation (figure 2). Le jus de goutte obtenu en réduction contient des teneurs minimales en GRP (figure 4), étant donné que la combinaison de l'acide ascorbique et du SO₂ permet d'empêcher efficacement les oxydations, soit en limitant l'action des polyphénoloxydases, soit en régénérant les formes réduites des quinones éventuellement formées (figure 2). L'acide caftarique est cependant de 3 à 5 fois plus abondant dans les fractions de jus de presse protégé, où en outre CTA >> GRP; alors que dans le témoin, les concentrations sont inférieures et CTA < GRP; la moût final et le vin présentent des teneurs en CTA supérieures d'environ 50% par rapport au témoin.

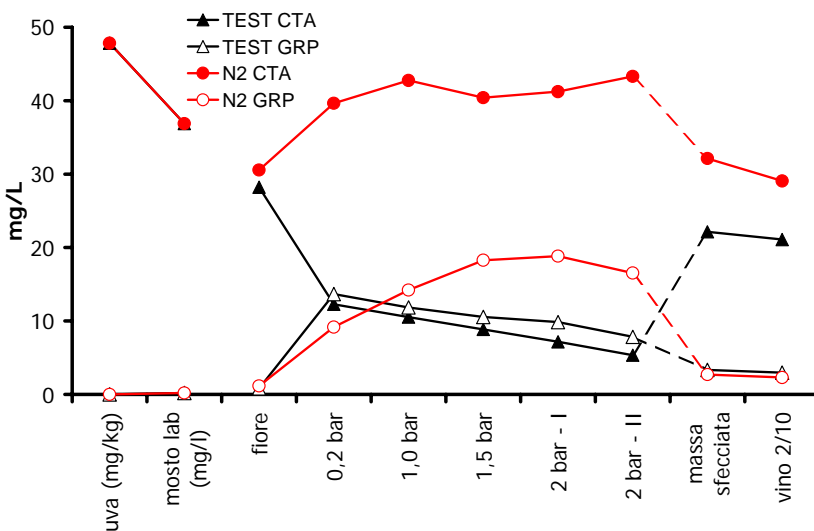
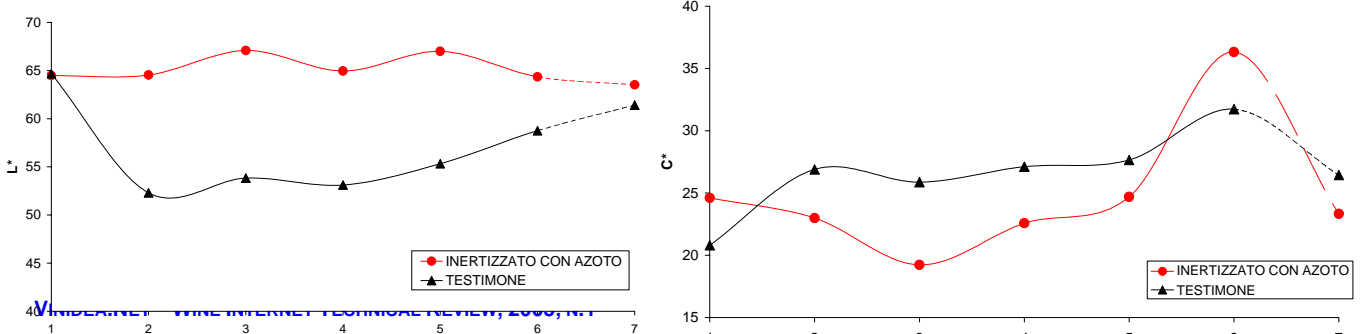


Figure 4: contenu en acide trans-caftarique, CTA et en acide 2-S-glutathionyl-caftarique, GRP dans le raisin, dans le moût obtenu en laboratoire en protection complète contre l'oxydation, dans les différentes phases de pressurage et dans le vin fini.

3.2 La couleur des moûts et des vins

Comme montré sur la figure 5, la couleur finale des échantillons obtenus est peu différente pour les deux essais. A l'exception de la dernière fraction de jus de presse qui présente une couleur très différente du jus de goutte, les échantillons obtenus sous azote présentent en sortie de presse une différence de couleur limitée par rapport au jus de goutte, tout comme le moût final assemblé après débourbage. Pour le témoin en revanche, les variations de couleur issues de la forte oxydation sont conséquentes, que ce soit pour les fractions de jus de presse ou pour le moût final assemblé.

Ceci témoigne de l'efficacité du traitement sous azote, remarquable même de visu sur les échantillons de moût et de marc au déchargement du pressoir.



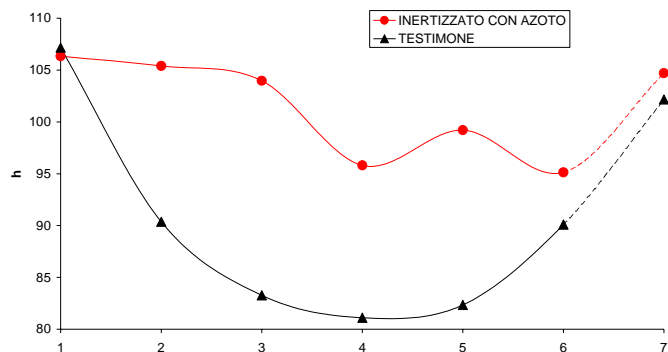


Figure 5: caractéristiques chromatiques (L^* , C^* , h) des moûts prélevés directement en sortie de presse, dans l'ordre: 1=goutte; 2=1,0 bar; 3=1,5 bar; 4=1,5 bar; 5= 2 bar, début; 6=2 bar, fin; 7= moût débourbé (toutes les fractions réunies). Moyenne de trois mesures en réflectance.

anno	polifenoli totali	flavanoli (cat., mg/L)	acido trans-caftarico	acido cis-p-cutarico	GRP	acido-trans-p-cutarico	acido trans-fertarico	acido trans-caffeico	acido trans-p-cumarico	acido trans-ferulico	somma HCA	note
1980	97	10	2,75	0,71	0,00	2,58	0,51	1,06	1,95	0,54	10,1	pressa meccanica
1981	102	9	2,83	0,91	0,00	2,95	0,53	1,11	1,92	0,70	11,0	
1983	108	5	1,45	0,76	2,12	0,00	0,60	0,79	1,88	0,68	8,3	solfitazione ritardata
1989	62	4	2,82	0,65	0,00	2,16	0,63	0,58	1,27	0,31	8,4	pressa pneumatica
1990	79	6	3,55	0,67	2,79	0,00	0,61	0,59	1,15	0,35	9,7	solfitazione ritardata
1992	85	2	3,14	0,95	0,00	1,56	0,58	0,54	1,44	0,36	8,6	solfitazione ritardata
1993	73	4	2,06	0,58	2,06	0,00	0,81	0,46	1,19	0,41	7,6	solfitazione ritardata
1994	80	4	3,03	0,97	3,22	0,00	1,34	0,00	0,96	0,45	10,0	solfitazione ritardata
1995	110	16	5,09	1,12	4,74	0,00	1,44	0,00	1,02	0,34	13,8	acido ascorbico
1996	115	16	2,65	1,30	5,43	0,00	0,78	0,48	1,25	0,57	12,5	
1998		11,2	4,04	0,96	1,42	1,27	1,41	0,55	1,06	0,54	11,3	
1999		21,3	5,52	0,87	0,00	1,25	0,74	0,54	0,77	0,21	9,9	
2000		33,9	18,50	1,74	1,27	3,23	1,37	0,81	0,64	0,24	27,8	ottimizzazione riduzione
2001		31,6	22,64	2,14	1,97	3,59	1,34	0,68	0,34	0,15	32,9	
2002		24,0	29,06	3,01	2,31	4,90	0,92	0,31	0,00	0,00	40,5	inertizzato con azoto - 1
2002		21,5	21,09	2,38	2,95	2,69	0,94	0,28	0,00	0,00	30,3	testimone in riduzione - 1
2002		36,6	31,64	3,15	2,19	5,93	0,93	0,29	0,00	0,00	44,1	inertizzato con azoto - 2
2002		24,3	25,08	3,05	2,51	4,00	0,95	0,26	0,00	0,00	35,9	testimone in riduzione - 2

Tableau 1 : Comparaison des contenus en polyphénols de vins issus du même vignoble

3.3 Comparaison avec la série historique des vins du même vignoble

Afin de comprendre l'intensité de la variation du contenu en polyphénols induite par le traitement, une comparaison a été effectuée avec la série historique des vins produits au cours des 22 dernières années, dans la même cave et avec le raisin du même vignoble. Les résultats ont été obtenus sur deux cycles d'analyses réalisées en 1997 et en janvier 2003. On constate que les teneurs très faibles en flavanols et en acides cinnamiques (tableau 1) sont restées stables dans tous les vins produits jusqu'en 1994 avec les techniques traditionnelles.

Si l'introduction de la vinification en réduction en 1995 n'a pas modifié de façon substantielle les teneurs en acides cinnamiques, elle a en revanche permis une augmentation significative (2 à 4 fois) du contenu en flavanols. En 2000, l'optimisation de la vinification en conditions réductrices grâce à l'injection par dosage volumétrique continu d'antioxydants a permis d'accroître par la suite

les teneurs en flavanols (jusqu'à plus de 30 mg/L) et en acides cinnamiques (jusqu'à 32,9 mg/L) en se distinguant significativement des vins des années précédentes.

Finalement, en 2002, on remarque comment l'inertage à l'azote appliqué à ce cépage permet une augmentation – en tendance – des concentrations des deux types de composés, mais limitée globalement à + 30% pour les acides cinnamiques et variable dans les deux répétitions pour les flavanols. En substance, la mise en place de l'inertage à l'azote au pressurage a permis de protéger parfaitement les fractions de jus de presse, mais donne des vins de composition assez semblables aux vins produits en travaillant le même cépage en conditions réductrices. On peut donc supposer, sur la base des résultats obtenus, que le risque d'instabilité des vins de Müller-Thurgau produits avec cette technique reste équivalent à celui des vins produits en conditions réductrices.

4. DISCUSSION

Il est opportun de faire le bilan, à la lumière de cette expérience, des avantages et inconvénients de la vinification en hyper-réduction au moyen de l'inertage à l'azote, ou autres gaz inertes, au pressurage.

- Parmi les avantages, dans le cas du Müller-Thurgau, du Traminer aromatique et d'autres variétés aromatiques, il faut compter la possibilité d'enrichir le vin en composés localisés dans la pellicule et d'accentuer la typicité variétale du produit.
- Un autre atout important, à vérifier par des essais complémentaires mais vraisemblable au regard des données disponibles, de réduire le SO₂ nécessaire pour sécuriser la stabilisation, étant donné que les composés sensibles ne sont pas consommés par oxydation enzymatique en phase préfermentaire.
- Le vin ainsi produit a une composition plus proche du raisin dont il provient et il est notamment plus riche en composés antioxydants possiblement bénéfiques pour la santé.
- Un troisième aspect économique concerne la possibilité de valoriser les 10-12% des fractions de jus de presse normalement déclassés pour des vins de qualité inférieure.
- On peut attendre en outre une amélioration de la qualité du marc en vue de la distillation.
- La technique peut être personnalisée avec le choix du gaz, non limitée aux seuls gaz nobles; le CO₂ par exemple est un solvant fort aux pressions exercées lors du pressurage.

Il faut cependant rappeler aussi les inconvénients possibles, qui incitent à ne pas généraliser cette technique sans expérimentation préalable adéquate.

- Parmi ceux-ci doit être considérée une évolution variable éventuelle (shelf-life) du vin, avec un plus grand risque de madérisation
- Un second inconvénient réside dans les coûts de mise en place, qui peuvent cependant être maîtrisés avec un dimensionnement adapté.
- Le troisième point, déjà évoqué, est la nécessité d'un contrôle strict du procédé et de son adaptation au cépage.

En général, les résultats obtenus jusqu'ici, étayés par une première évaluation sensorielle du produit expérimental obtenu à l'échelle industrielle, sont très encourageants. Ils confirment l'intérêt scientifique de cette voie pour comprendre les potentialités et les limites de cette technique qui, appliquée à des cépages adaptés, peut permettre de produire des vins au style innovant, non conventionnel et encore aujourd'hui bien peu exploré.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient tous les collègues qui ont contribué à la réalisation de ce travail, et notamment: Marco Zanoni, Fabio Weber, Remo Fontana, Lino Visintainer, Marino Brugnara, Michele Sandri, Mauro Fauri et Tullio Marinchele pour les vinifications, et Diego Tonon pour les analyses.

Bibliographie

- Bors W. Michel C., Stettmaier K. – 2000 - Electron paramagnetic resonance studies of radical species of proanthocyanidins and gallate esters. *Arch. Biochem Biophys.* 374, 347-55.
Halliwell B. – 1996 – Vitamin C: antioxidant or pro-oxidant in vivo? *Free Radical Research* 25, 439-454.

- Nicolini G., Mattivi F., Dalla Serra A. – 1991 - Iperossigenazione dei mosti: conseguenze analitiche e sensoriali su vini della vendemmia 1989. *Riv. Vitic. Enol.*, 3, 45-56.
- Peng Z., Duncan B., Pocock K.F., Sefton M.A. – 1998 - The effect of ascorbic acid on oxidative browning of white wines and model wines. *Australian J. Of Grape and Wine Research*, 4, 127-35.
- Rigo A., Scarpa M., Stevanato P., Viglino P. – 1985 – Generation of activated oxygen species in the oxidation of ascorbate e glutathione. In: Greenwald R.A. (Ed.), *Handbook of methods for oxygen radical research*. CRC Press, Boca Raton, FL USA 27-31.
- Rigo A., Vianello F., Clementi G., Rossetto M., Scarpa M., Vrhovšek U., Mattivi F. – 2000 - Contribution of the proanthocyanidins to the peroxy radical scavenging capacity of some Italian red wines. *J. Agric. Food Chem.*, 48, 6, 1996-2002.
- Rossetto M., Vianello F., Rigo A., Vrhovsek U., Mattivi F., Scarpa M. – 2001 - Stable free radicals as ubiquitous components of red wines. *Free Rad. Res.*, 35, 933-939.
- Scarpa M., Stevanato P., Viglino P., Rigo A. – 1983 – Superoxide ion as active intermediate in the autoxidation of ascorbate by molecular oxygen. *Journal of Biological Chemistry*, 258, 6695-7.
- Singleton V.L. – 1987 – Oxygen with phenols and related reactions in musts, wines, and model systems: observations and practical implications. *Am. J. Enol. Vitic.*, 38, 69-77.
- Spagna G., Pifferi P. G., Rangoni C., Mattivi F., Nicolini G., Palmonari R. – 1996 - The stabilization of white wines by adsorption of phenolic compounds on chitin and chitosan. *Food Research International*, 29, 3-4, 241-248.
- Vrhovsek U. – 1998 – Extraction of hydroxycinnamoyltartaric acids from berries of different grape varieties. *J. Agric. Food Chem.* 46, 10, 4203-4208.
- Vrhovsek U., Wendelin S. – 1998a – The effect of fermentation, storage and fining on the content of hydroxycinnamoyltartaric acids and on browning of Pinot blanc wines. *Vitic. Enol. Sci.*, 53, 2, 87-94.
- Vrhovsek U., Wendelin S. – 1998b - Influence of winemaking technologies, storage and fining on the balance of white wine hydroxycinnamates, *Polyphenols Communications* 98, 2, 337-338.

Article extrait de :

Vrhovsek U., Pojer M., Mattivi F. (2003) *Gli acidi cinnamici come marcatori della tecnologia di estrazione del mosto nella produzione dei vini bianchi. Atti Convegno Internazionale "Polifenoli dell'uva e del legno: contributo alla qualità del vino", Quaderni della Scuola di Specializzazione in Scienze Viticole ed Enologiche 2002-2003, Università di Torino, 121-138.*