

INFLUENCE DE DEUX TECHNIQUES DE MACERATION SUR LA COMPOSITION PHENOLIQUE ET AROMATIQUE ET LES CARACTERISTIQUES ORGANOLEPTIQUES DE VINS CV. MERLOT

Ing. Agr. Federico Casassa ⁽¹⁾, Ing. Agr. Santiago Sari ⁽¹⁾, Enól. Silvia Avagnina ⁽¹⁾, Téc. Gest. Mariela Díaz ⁽¹⁾, Lic. Química Viviana Jofré ⁽²⁾, Lic. Brom. Martín Fanzone ⁽²⁾ et Ing. Agr. Carlos Catania ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Centre d'Etudes d'Oenologie - EEA Mendoza INTA.

⁽²⁾ Laboratoire d'Arômes et de Substances Naturelles - EEA Mendoza INTA.

fcasassa@mendoza.inta.gov.ar

Introduction

Les polyphénols, les tannins, les anthocyanes et leurs combinaisons sont responsables de la couleur des vins rouges et la base leurs caractéristiques organoleptiques. Les vins rouges sont des vins de macération et c'est durant cette étape que doivent s'ajuster les proportions relatives d'anthocyanes et de tannins, afin d'obtenir une bonne évolution du contenu polyphénolique au cours de l'élevage (*Glories*, 1984; *Glories y Galvin*, 1990).

La macération est un processus physico-chimique complexe, durant lequel sont extraits principalement des composés phénoliques, en particulier des anthocyanes et des tannins, entre autres substances (aromatiques, azotées, polysaccharides, minéraux, etc.) (*Ribéreau-Gayon*, 1998).

Contrôler la macération passe par la maîtrise de variables bien précises telles que le temps d'encuvage (*Pardo y Navarro*, 1994, *Vila*, 2002), la température (*Amerine*, 1955, *Reynolds et al.*, 2001), le nombre, l'intensité et l'automatisation des remontages (*Sudraud*, 1963, *Colagrande*, 1981), l'application des délestages (*Zoecklein et al.*, 2003, *Zamora*, 2005), la quantité de pépins présents (*Catania et al.*, 2003), la présence et l'état de lignification des rafles (*Siegrist*, 1985, *Ribéreau-Gayon*, 1998, *Catania et al.*, 2003), l'utilisation d'équipements techniques tels que les systèmes d'automacération (*Del Monte et al.*, 2003) et la flash-détente (*Escudier*, 2002, *Morel-Salmi et al.*, 2006), ou l'application de différentes techniques de macération : macération préfermentaire à froid ou cold-soaking (*Parley*, 1997, *Álvarez et al.*, 2005, *Gómez-Míguez et al.* 2006), macération post-fermentaire à chaud (*Gervaux*, 1993), macération sulfite (*Olivieri y Salgues*, 1981), macération carbonique (*Dubois et al.*, 1977, *Ducruet et al.*, 1983), extraction différée des anthocyanes (*Bosso et al.* 2004), etc. En général, l'application des techniques précédentes permet d'obtenir de bons résultats, bien que peu reproductibles (*Vivas et al.* 1992). Actuellement, il n'existe pas assez d'expériences locales qui permettent de recommander de façon fiable l'application d'une technique particulière, pour un cépage particulier.

La macération préfermentaire à froid (MPF) peut être définie comme une macération en absence d'alcool durant un laps de temps permettant la diffusion sélective de composés hydrosolubles du raisin : pigments, arômes, polysaccharides, tannins, etc. (*Delteil et al.* 2004). La diffusion prioritaire d'anthocyanes durant la phase préfermentaire, ainsi que de tannins à faible poids moléculaire (*Álvarez et al.*, 2005), expliquerait l'augmentation de couleur des vins obtenus. L'absence d'éthanol favoriserait la formation d'espèces polyphénoliques de poids moléculaire plus élevé, ce qui contribuerait également à augmenter l'intensité de la couleur. (*Timberlake y Bridle*, 1976).

Par ailleurs, cette pratique facilite la manifestation de caractères aromatiques propres au cépage, puisqu'elle favorise la libération d'arômes libres et liés, à partir de fragments des pellicules. On obtient alors des vins plus charpentés ayant une bonne longueur en bouche (*Flanzy*, 1999), avec des concentrations plus importantes d'anthocyanes totaux, principalement de type malvidine 3-glucoside, de précurseurs glycosylés (*McMahon et al.*, 1999), ainsi que d'acétates et d'esters totaux (*Álvarez et al.*, 2005). Un autre des avantages cités réside dans le développement potentiel de levures cryophiles et leur influence sur la libération de certains arômes, en particulier les esters volatils (acétate de phényl 2-éthyle, qui rappelle les roses) (*Charpentier et Feuillat*, 1998). Certains auteurs relient le succès de la technique au degré de maturité de la matière première (*Llaudy et al.*, 2003), étant donné que les meilleurs résultats sont obtenus avec des raisins dont les niveaux de maturité sont faibles.

Selon l'absence ou la présence d'oxygène, l'on recommandera des températures et des durées de macération variables, allant de 3 à 10° C pour une durée de 3 à 8 jours respectivement. Les moments d'inoculations des levures sélectionnées différeront également (avant ou après la MPF). En outre, l'utilisation d'enzymes pectolytiques (*Parley*, 1997) est chose courante puisque l'activité enzymatique est faible aux degrés de températures auxquels on travaille.

La MPF est une technique largement utilisée pour la vinification en rouge de cépages ayant des niveaux faibles de polyphénols totaux et d'anthocyanes en particulier ; tel est le cas du *Pinot Noir* (Cuénat et al., 1996, Heatherbell et al., 1997a; Parley, 1997, Nemanic et al., 2002, Ponte et al., 2004, De La Barra et al., 2005) et du *Sangiovese* (Villimburgo, 2002, Ferrari et al., 2004, Parenti et al., 2006), où elle est utilisée en outre pour ajouter de la complexité aux vins. Actuellement, son application se diffuse très largement dans les bodegas d'Argentine, car l'on suppose que les vins obtenus présentent une concentration polyphénolique plus élevée et que la technique mène à une amélioration de leurs caractéristiques organoleptiques globales, et ce indépendamment du cépage. Aucune étude n'a pu toutefois vérifier ce dernier point dans des conditions spécifiquement argentines.

La macération post-fermentaire à chaud (MPC), consiste à appliquer à l'issue de la fermentation alcoolique des températures comprises entre 35 et 40° C, pour des durées variant entre 12 et 24 heures. On arrive ainsi à optimiser l'extraction de composés polyphénoliques, principalement de type flavan-3-ol (tanins) et polysaccharides, qui aident assouplir les tanins et contribuent au volume en bouche. Cela favoriserait également des réactions de polymérisation entre les anthocyanes et les tanins (Glories y Ribéreau-Gayon, 1980, Glories y Ribéreau-Gayon, 1982, Gervaux et al. 1998).

L'objectif des recherches menées dans la EEA Mendoza a été d'évaluer les caractéristiques analytiques (la cinétique de l'extraction de la couleur, la composition polyphénolique générale et celle des précurseurs d'arômes glycosylés), oenologiques et organoleptiques des vins de cépage *Merlot*, élaborés avec les techniques précédemment citées, afin de désigner celle qui permet d'exploiter au mieux et de révéler le potentiel polyphénolique et la typicité variétale de ce cépage.

Protocole expérimental

Des raisins de cépage *Merlot* (*Vitis vinifera* L.) ont été récoltés au stade de maturité technologique (23,6 °Brix, Acidité Totale en acide tartrique: 5,90 g.L⁻¹ et pH: 3,20). L'acidité totale du moût a été corrigée avec de l'acide tartrique à usage oenologique et portée à 7,5 g.L⁻¹. Le dispositif expérimental a consisté en une distribution aléatoire, avec trois répétitions par modalité. Des cuves en acier inoxydable d'une capacité de 100 L ont été utilisées.

La macération classique (MC) a servi de témoin. Le moût obtenu a été immédiatement inoculé avec des levures sèches sélectionnées et soumis à une macération de 16 jours à température ambiante. Les vins ont ensuite été séparés des marcs.

La macération préfermentaire à froid (MPF) a consisté à placer les cuves correspondantes en chambre froide, avec une température contrôlée et constante à 6° C durant 7 jours. Par la suite, on a laissé augmenter de façon naturelle la température des moûts jusqu'à 22° C à peu près. Les moûts ont ensuite été inoculés avec les mêmes levures sélectionnées et soumis à une macération de 16 jours.

La macération post-fermentaire à chaud (MPC) a eu lieu une fois la fermentation alcoolique terminée, après 16 jours de macération et avec un vin présentant des sucres résiduels (< 1,80 g. L⁻¹). Les cuves ont été placées dans une chambre ayant une température constante de 45° C afin d'atteindre, à l'intérieur des cuves, une température de 40° C durant 12 heures.

On a procédé, dans tous les cas de figures, à deux remontages journaliers, suivis d'un pigeage. Les vins de presse n'ont pas été pris en compte.

Les profils de température et la durée totale du temps de macération, pour chaque traitement, sont présentés ci-après.

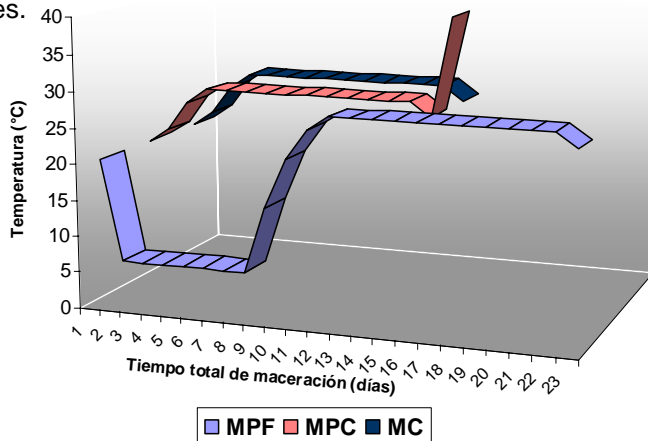


Fig. N°1: Comparaison des profils thermiques et durée totale du temps de macération pour chaque traitement testé. **MPF**: Macération préfermentaire à froid. **MPC**: Macération post-fermentaire à chaud. **MC**: Macération classique.

Analyse physico-chimique et organoleptique des vins

- Suivis journaliers des températures, degré brix et sucres réducteurs et, avec un intervalle de 3 jours, de l'Indice Colorant (I. C.), et de l'Indice des Polyphénols Totaux (I. P. T.).
- Analyse physico-chimique sommaire, selon les méthodes officielles argentines.
- Pourcentages de couleur dus aux anthocyanes libres, à la couleur polymère et la couleur due au phénomène de copigmentation (*Boulton, 2001*).
- Détermination des précurseurs glycosylés d'arômes (G-G) (*Iland et al., 1996*), modifié par *Jofré y Fanzone (2003)*, 10 mois après l'élaboration des vins.
- Analyse organoleptique 10 mois après l'élaboration des vins, à partir d'un panel de 12 jurés experts, par analyse descriptive et ests de préférence, en travaillant sur des échantillons anonymes.
- Détermination de la préférence du jury pour les différents vins par l'épreuve des rangs ou Test de *Kramer*.

Résultats et Discussion

Développement de fermentation.

Bien que tous les vins aient conservé des sucres résiduels ($< 1,8 \text{ g.L}^{-1}$), on a relevé, au moment de procéder à l'écoulage, des différences fermentaires (par des mesures comme la vitesse de consommation du sucre), entre les différentes modalités (Fig. N° 2). Ainsi, une fois la macération préfermentaire à froid considérée terminée, les vins de cette modalité ont montré une cinétique fermentaire manifestement plus lente que celle des vins des deux autres modalités. En général, toutes les techniques qui rallongent la phase préfermentaire, favorisent le développement des levures indigènes, qui consomment les facteurs de croissance et sécrètent des métabolites antagoniques compliquant, par la suite, la multiplication des levures sèches actives (*Cuénat et al. 1996*). Les mêmes chercheurs, en travaillant avec du *Pinot Noir* durant quatre vendanges successives, ont retrouvé l'espèce *Hanseniaspora uvarum*, au cours de la macération préfermentaire à froid, indépendamment de la température utilisée (4, 5 et 15°C), et de la durée de son application (3 à 9 jours). Dans notre étude, le non-ensemencement d'une levure sélectionnée dominante, durant l'étape préfermentaire, pourrait avoir favorisé le développement de levures indigènes, même à la température de travail (6°C). De fait, dans le cas des vins de la modalité MPF, une légère consommation des sucres au cours de la macération préfermentaire a été constatée, résultant en une moyenne de $2,8 \text{ g.L}^{-1}$ de sucres résiduels par cuve. (Données non publiées). *Couasnon (1999)*, suggère de travailler la macération à froid à 4°C et, dans la mesure du possible, sous atmosphère de CO_2 afin d'éviter des problèmes microbiologiques.

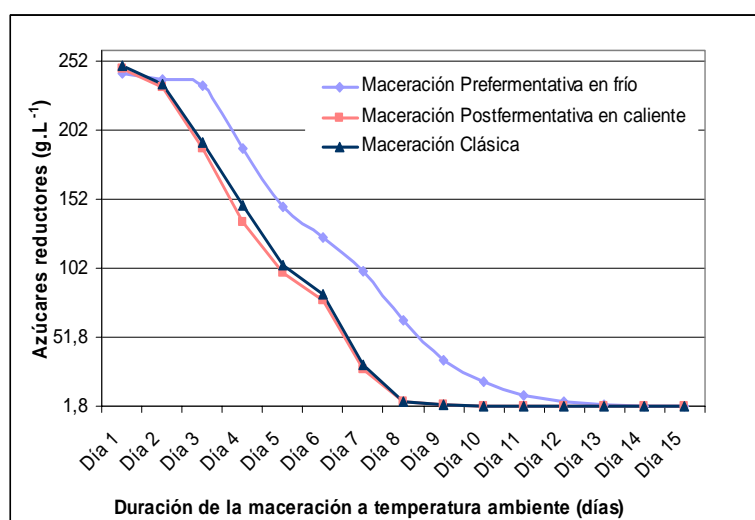


Fig. N°2: Suivi de la fermentation alcoolique lors de la macération à température ambiante pour trois techniques de macération différentes.

Evolution de l'Indice des Polyphénols Totaux. (I.P.T.).

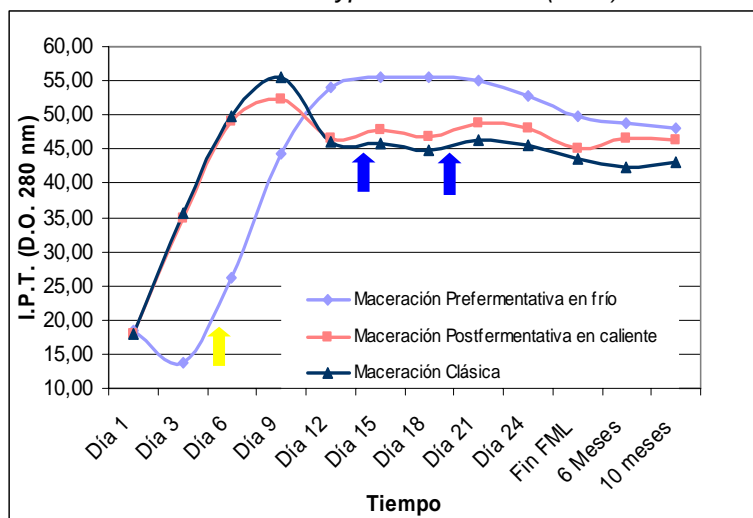


Fig. N°3: Suivi de l'Indice des Polyphénols Totaux (O. P. T.) durant la macération, à la fin de la fermentation malolactique (Fin FML), et à 6 et 10 mois, pour trois techniques de macération différentes. La flèche jaune indique le début de la macération à température ambiante pour le traitement de MPF. La première flèche bleue (en partant de la de gauche), indique le moment de l'écoulage pour les vins issus des MC et MPC. La seconde, indique le même moment pour les vins issus de la MPF.

Dans le profil de l'extraction, on peut constater que dans le cas de l'I.P.T., on obtient des différences entre les vins issus de la MPF et les vins correspondants des modalités MPC et MC, tout au long de la durée de macération, aussi bien dans l'étape préfermentaire, que durant la macération à température ambiante et dans l'étape post-fermentaire. On a retrouvé également des différences pour les vins des modalités MPC et MC, mais uniquement après 6 et 10 mois. A ce moment-là, les valeurs des vins issus de la MPF se sont révélées bien supérieures à celles des vins issus de la MC, et similaires à celles des vins de la MPC. L'un des fondements techniques de l'application de la MPC réside dans le fait que l'application d'une température élevée à la fin de la période de macération favoriserait particulièrement l'extraction des tannins des pépins, par l'action conjointe de l'effet dissolvant de l'éthanol présent dans le milieu et de la température (Boulton *et al.*, 2002). Gervaux *et al.* (1998), en étudiant le *Pinot Noir* et en réalisant une macération post-fermentaire à chaud à 40° C durant 24 heures, obtiennent des vins avec une intensité colorante et des quantités d'anthocyanes et de polyphénols totaux plus élevées, et de meilleure qualité organoleptique globale, en comparaison avec d'autres techniques de macération (macération sulfiteuse, saignée, macération préfermentaire à froid, préfermentaire à chaud, macération prolongée, etc.). Des résultats très similaires ont été obtenus avec des vins de cépage *Pinot Noir* de Slovénie, en appliquant une post-macération à 30° C durant 3 jours (Nemanic *et al.*, 2002). D'autres recherches indiquent des résultats moins évidents. Des études menées en Californie avec des vins issus de cépages *Cabernet Sauvignon* et *Merlot* et de post-macérations réalisées à température ambiante, ont relevé peu de différences dans la composition, la vitesse de polymérisation ou dans les profils sensoriels obtenus par ce traitement (Boulton, 1999). Ces derniers résultats sont plus proches de nos données analytiques. Ainsi, au 24ème jour de macération, on n'a pas enregistré de différences notables dans les valeurs d'I.P.T. entre les vins issus de la MC et de la MPC. L'écart s'est pourtant révélé au bout de 6 mois, et s'est maintenu jusqu'à la dernière mesure (relevée après 10 mois). L'on peut en conclure que l'application de la MPC n'a pas conduit à l'extraction d'une plus grande quantité de tannins, du moins pas immédiatement, comme on le supposait précédemment. C'est sur le long terme que cela s'est produit. La courte durée de la post-macération (12 heures) et/ou un retard pour atteindre la température souhaitée (40° C) à l'intérieur du liquide pourraient expliquer cela.

La faiblesse d'extraction dans les vins issus de la MPF durant la phase préfermentaire peut être attribué à la température. Cuénat *et al.* (1996), sur *Pinot Noir* et avec macération préfermentaire à 15° C, ont obtenu une extraction plus lente, mais progressive des polyphénols totaux, en particulier des anthocyanes. De tels résultats concordent avec ceux obtenus dans la présente étude : durant la phase préfermentaire l'extraction est manifestement inférieure, en comparaison avec les deux autres traitements. Cela est dû au fait que la température est un facteur d'extraction, puisqu'elle intervient en altérant les structures cellulaires des tissus et en accentuant la dissolution des constituants polyphénoliques du marc (Ribéreau-Gayon, 1998). L'influence des remontages comme facteur d'extraction est limitée durant cette étape, puisque la quantité de moût extraite est faible, étant donné que le chapeau n'est pas encore formé par manque de production de CO₂.

Evolution de l'Indice Colorant (I.C.).

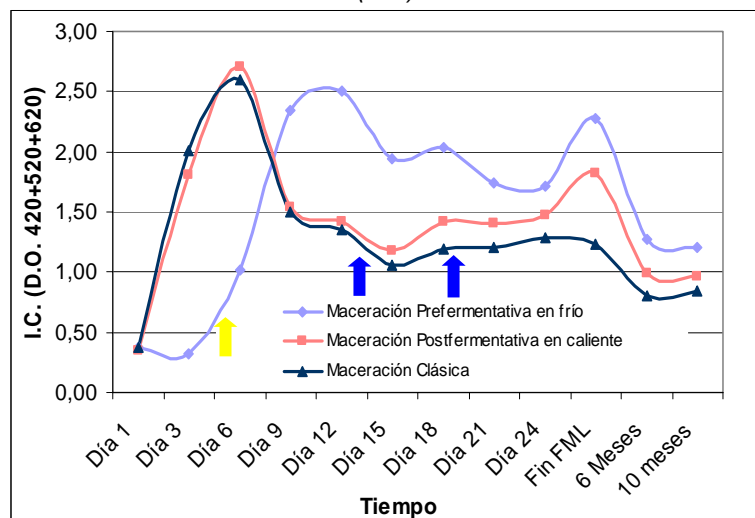


Fig. N°4: Suivi de l'Indice Colorant (I.C.), durant la macération, à la fin de la fermentation malolactique (Fin FML), et après 6 et 10 mois, pour trois techniques de macération différentes. La flèche jaune indique le début de la macération à température ambiante pour la MPF. La première flèche bleue (en partant de la gauche), indique le moment de l'écoulage pour les vins issus des MC et MPC. La seconde, indique le même moment pour les vins issus de la MPF.

L'I.C. atteint, pour les vins issus des MC et MPC, ses valeurs les plus élevées au sixième jour de macération approximativement, ce qui correspond à ce qui est mentionné dans la bibliographie (*Ribéreau-Gayon, 1998; Boulton, 2002, Marais, 2003, Zamora, 2003*). Toutefois, dans les vins issus de la MPF, ces valeurs sont atteintes plus rapidement. On peut en déduire que **bien que l'extraction de la couleur soit restée limitée durant la macération préfermentaire, une fois le moût porté à une température ambiante et en conjonction avec le processus fermentaire, l'extraction de la couleur s'est produite de façon plus rapide, en comparaison avec les deux autres traitements**. L'extraction anticipée d'anthocyanes apparaît positive du point de vue de la stabilité future de la couleur (*Zamora, 2003*). En même temps que la fermentation alcoolique, en présence de l'acétaldéhyde et de l'acide pyruvique, qui sont des produits du métabolisme des levures, se voit favorisée la formation d'autres co-produits désignés depuis peu comme les vitisines et les pyranoanthocyanes (*Mateus et al. 2003, Morata et al. 2005, Jones et al. 2003*), qui sont stables dans le temps et insensibles à l'effet du pH et à l'action décolorante du SO_2 .

Aucune différence notable n'a été relevée entre les vins issus des MPC et MC, jusqu'au 18ème jour de macération. A partir de ce moment-là, des différences significatives ont été relevées en faveur des vins issus de la MPC, différences qui se sont maintenues jusqu'à la fin de la fermentation malolactique. Enfin, dans les deux dernières analyses (6 et 10 mois), on n'a pas noté de différences de l'IC entre les deux traitements. L'application de la MPC a seulement amélioré de façon temporaire la solubilité générale des pigments (*Boulton, 1999*), effet qui disparaît 6 mois après l'élaboration du vin. En accord avec ces résultats, on peut signaler que la MPC a eu un certain effet positif sur la couleur, qui s'est manifesté rapidement après la fin de la post-macération pour les vins issus de ce traitement. Cet effet s'est maintenu jusqu'au début de la fermentation malolactique approximativement. A partir de ce moment-là, pas de différences n'a été noté entre les vins issus des traitements MPC et ceux issus de la MC concernant la couleur.

Dans la dernière mesure (après 10 mois), les vins issus de la MPF se sont distingués de façon notable des vins issus des deux autres traitements. On peut en conclure que **l'application de la macération préfermentaire à froid a eu un effet toujours positif sur la couleur des vins qui s'est maintenu encore 10 mois après leur élaboration**.

Données analytiques des vins finis.

Tableau N°1: Analyses finales de vins cv. Merlot, obtenus à partir de trois techniques de macération différentes. Valeurs correspondant aux moyennes de chaque traitement, après la fin de la FML. 2005

Traitement	Alcool % v/v	Acidité totale (g.L ⁻¹ d'acide tartrique)	Acidité volatile (g.L ⁻¹ d'acide acétique)	pH	Acide malique (g.L ⁻¹)	Acide lactique (g.L ⁻¹)	Glycéro l (g.L ⁻¹)	Extrait sec (g.L ⁻¹)	I.P.T.	I.C. (420+520+620)	Nuance (420/520)
MPF	13,91 ^a	6,39 ^a	0,63 ^a	3,28 ^a	0,29 ^a	0,60 ^a	8,67 ^a	26,47 ^a	49,80 ^a	2,28 ^a	0,51 ^a

MPC	13,33 ^a	6,23 ^a	0,59 ^a	3,34 ^a	0,30 ^a	0,59 ^a	9,09 ^a	25,55 ^{ab}	45,00 ^b	1,83 ^{ab}	0,53 ^{ab}
MC	13,67 ^a	5,78 ^a	0,63 ^a	3,38 ^a	0,28 ^a	0,58 ^a	8,97 ^a	24,83 ^b	43,50 ^b	1,23 ^b	0,58 ^b

*Lettres différentes indiquant des différences significatives pour le Test de Tukey et $p < 0,05\%$.

MPF: Macération préfermentaire à froid. MPC: Macération post-fermentaire à chaud. MC: Macération classique.

Analyse du phénomène de co-pigmentation. Pourcentages de couleur dus à des anthocyanes libres, couleur polymère et couleur due au phénomène de co-pigmentation.

Au bout de 6 mois, la couleur due au phénomène de co-pigmentation a atteint, des valeurs comprises entre 33,9 et 34,3% pour les traitements de MC et MPC respectivement. Cela concorde avec les résultats présentés par *Boulton* (2001), qui indiquent qu'entre 30 et 50% de la couleur totale des vins rouges jeunes (âgés de 6 mois) pourrait s'expliquer par ce phénomène. Au bout de 6 mois, le vin issu de la MPF a présenté des pourcentages inférieurs de couleur due au phénomène de co-pigmentation (29%), mais néanmoins des valeurs supérieures de couleur polymère (37%). Dans l'analyse menée après 10 mois, on observe, pour tous les vins, une diminution de la couleur due au phénomène de co-pigmentation et une augmentation conséquente des pourcentages de couleur polymère due aux anthocyanes libres, ce qui correspond aux résultats présentés par d'autres auteurs (*Boulton*, 2001, *Gutiérrez et al.*, 2005).

On n'a pas relevé de différences significatives entre les vins issus des trois traitements en ce qui concerne le pourcentage de couleur dû aux anthocyanes libres, couleur polymère et couleur due au phénomène de co-pigmentation après 10 mois. Toutefois, quand on a relativisé ces pourcentages en tenant compte de l'I. C. des vins issus de chaque traitement après 10 mois, il a été noté que les vins issus de la MPF étaient plus propices à une baisse de la couleur due au phénomène de co-pigmentation, et en conséquence a une hausse dans les valeurs de la couleur polymère (voir tableau N°2). Cela peut être dû d'une part à la diminution de la couleur due au phénomène de co-pigmentation comme conséquence de la haute teneur en alcool, et d'autre part à une augmentation de la couleur de type polymère favorisée par la MPF. L'extraction des anthocyanes en priorité et la production d'acétaldéhyde durant la phase préfermentaire appuieraient cette hypothèse.

Aussi bien après 6 qu'après 10 mois, les vins issus de la MC ont présenté des proportions inférieures de couleur polymère. Cela apporte une autre explication pour les valeurs importantes de nuances enregistrées dans les vins issus de ce traitement (voir tableau N°1) : la fraction anthocyanique, étant formée principalement par des anthocyanes libres et donc très instables chimiquement, serait plus susceptible aux réactions de dégradation, essentiellement l'oxydation et l'hydrolyse (action du pH). Cela résulterait en une oxydation anticipée de ces pigments et donc compromettrait sa participation ultérieure dans les réactions de polymérisation avec les flavanols. Cela expliquerait les faibles pourcentages de couleur polymère dans les vins issus de ce traitement.

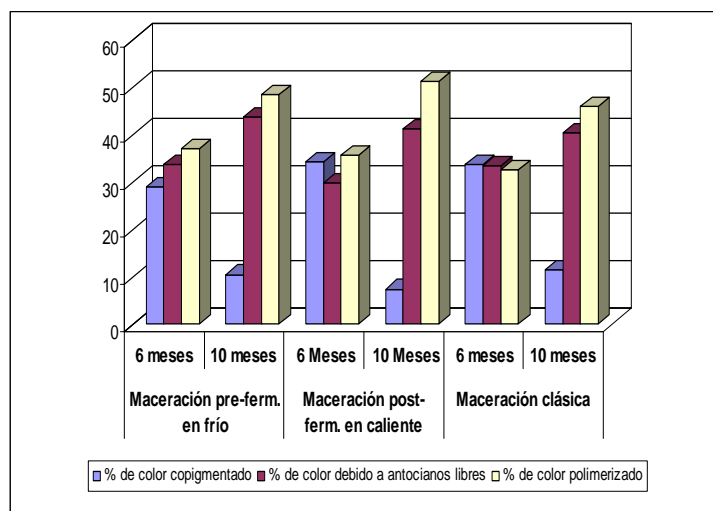


Fig. N°5: Pourcentages de couleur dus aux anthocyanes libres, anthocyanes polymères et anthocyanes co-pigmentées de vins cv. Merlot, obtenus à partir de trois techniques de macération différentes, après 6 et 10 mois d'élaboration des vins. Valeurs correspondant aux moyennes de chaque traitement.

Tableau N°2: Indice Colorant après 10 mois et couleur polymère rapporté aux valeurs moyennes de chaque traitement. Les différentes lettres indiquent des différences significatives pour le Test de Tukey et $p < 0,05\%$.

Type de macération et Indice Colorant (I.C.), après 10 mois.	% de couleur polymère	Couleur polymère rapportée à l'I.C.
MPF IC: 1,208	48,65 ^a	0,587 ^a
MPC IC: 0,967	51,31 ^a	0,496 ^b
MC IC: 0,848	46,09 ^a	0,391 ^c

Détermination de précurseurs d'arômes glycosylés (G-G).

On a déterminé la réserve technologique de précurseurs glycosylés (G-G) comme indicateurs du potentiel œnologique en termes d'arômes, dans les vins élaborés depuis 10 mois. Les résultats, présentés dans la figure N°6, indiquent une différence nette entre les vins obtenus à partir de la macération post-fermentaire à chaud (près de 2 $\mu\text{mol/ml}$) et ceux correspondants à la macération préfermentaire à froid (4,50 $\mu\text{mol/ml}$) en terme de potentiel aromatique. Cela démontrerait que les premiers devraient présenter à ce moment-là, un potentiel aromatique supérieur, étant donné leur faible teneur en précurseurs, ce qui permet de supposer qu'ils se sont hydrolysés pour

donner des composés aromatiques variétaux. Toutefois, l'analyse organoleptique présentée dans la figure N°7 révèle qu'en réalité ce sont les vins obtenus à partir de la MPF qui présentent la plus grande intensité aromatique générale et d'arômes fruités. Cela s'expliquerait à partir de deux hypothèses : la première suppose que les vins issus de la MPC ont subi une perte aromatique, vraisemblablement par voie hydrolytique, causée par la température finale appliquée aux vins, étant donné qu'ils présentent la plus faible teneur en précurseurs mineurs bien que correspondant à la macération classique. D'un autre côté, le fait que les vins obtenus par MPF présentent une plus grande intensité des arômes fruités et une quantité plus importante en précurseurs aromatiques, suppose que leur potentiel de libération serait important et se poursuivrait après la mise.

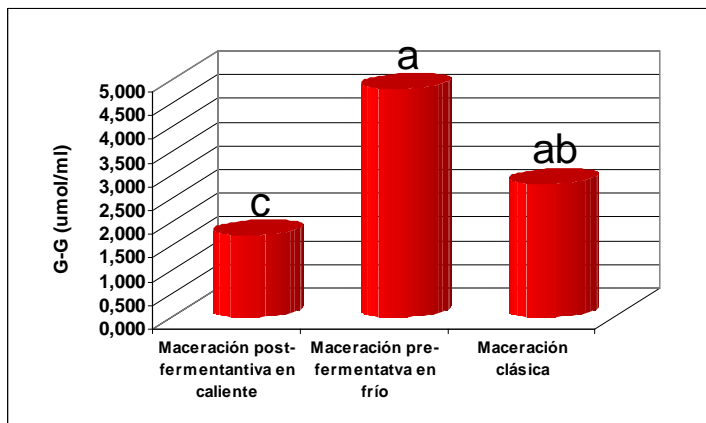


Fig. N°6: Analyse de précurseurs d'arômes glycosylés (G-G), de vins cv. Merlot, obtenus à partir de trois techniques de macération différentes, après 6 et 10 mois d'élaboration. Valeurs correspondant aux moyennes de chaque traitement. Les différentes lettres indiquent des différences significatives pour le Test de Tukey et $p < 0,05\%$.

Analyse Organoleptique. Test de Kramer.

Les vins ont été dégustés après 10 mois d'élaboration et ont été présentés en trois groupes aux dégustateurs. Chacun de ces groupes présentait un vin issu de chaque traitement, distribués de façon aléatoire. Le Test de Kramer a montré une préférence statistique nette pour les vins issus de la MPF dans deux des trois groupes de vins. Dans le troisième groupe, la préférence pour ces vins là a été moyenne. Aucun vin issu de la MC n'a été préféré, et ce dans les trois groupes de vins testés.

A l'aide des moyennes des descripteurs organoleptiques significatifs, nous avons généré un graphique présenté dans la figure N°7.

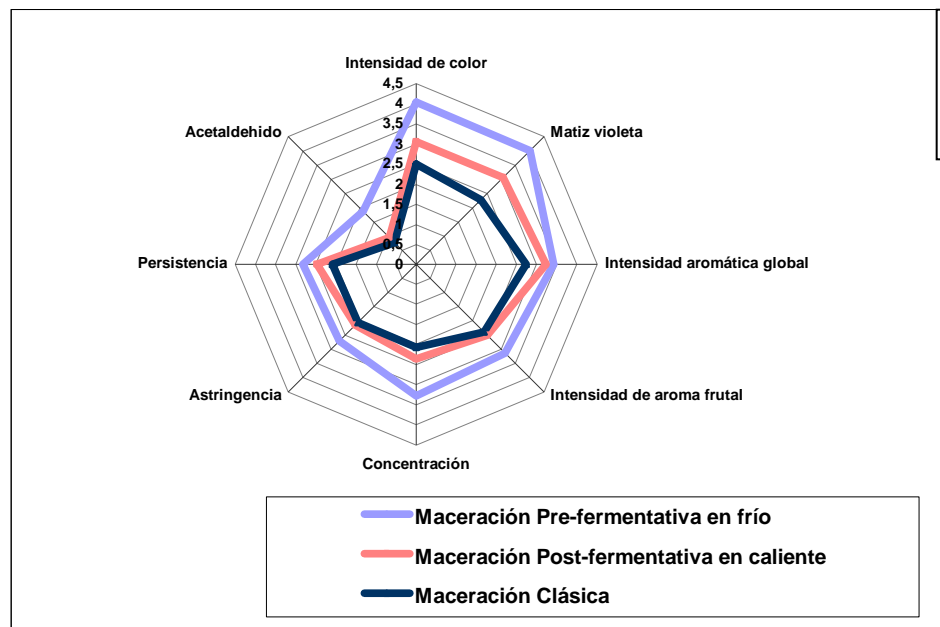


Fig. N°7: Descripteurs organoleptiques de vins cv. Merlot, obtenus à partir de trois techniques de macération différentes. Moyennes correspondant à 12 dégustateurs. Echelle de 0 à 5.

Conclusions

La technique de macération employée conditionne fortement le style de vin à obtenir.

La macération classique (modalité Témoin), dans les durées testées (16 jours), s'est révélée être l'option la moins favorable, aussi bien au niveau des caractéristiques analytiques, que pour les résultats obtenus dans l'analyse organoleptique des vins. Les vins obtenus ont présenté des valeurs d'I.P.T. et d'I.C. inférieures et une tendance plus importante au brunissement. Sur le plan sensoriel, l'intensité colorante a été plus faible, et ils ont été les moins préférés.

Les applications possibles de la macération préfermentaire à froid et de la macération post-fermentaire à chaud se sont révélées prometteuses pour l'élaboration de vins rouges cv. *Merlot* de bonne qualité œnologique. Elles représentent des alternatives technologiques qui permettent d'améliorer l'extraction de polyphénols en général et de révéler le potentiel aromatique de la matière première.

La macération post-fermentaire à chaud n'a pas rempli l'objectif de son utilisation, c'est-à-dire, permettre une extraction additionnelle de tannins jusqu'en fin de macération. Cela a été montré dans des valeurs d'I.P.T. similaires à celles de la macération classique. On a constaté un effet positif temporaire sur l'I.C., effet qui a disparu ensuite avec le stockage. Les vins obtenus présentaient de faibles quantités de précurseurs glycosylés après 10 mois, bien qu'aucune augmentation de leur potentiel aromatique à l'analyse sensorielle n'ait été notée. Toutefois, les vins ont montré des pourcentages élevés de polymérisation. Ce type de réactions semble en effet être favorisé avec la MPC. Elle peut être considérée comme une option intéressante de ce point de vue là.

La macération préfermentaire à froid s'est présentée comme l'alternative la plus prometteuse. On a noté que les fermentations des moûts issus de l'étape préfermentaire présentaient des cinétiques de fermentation plus lentes, qui se distinguent avec le caractère aromatique de type acétaldéhyde. Cela a probablement été provoqué par le comportement des levures indigènes cryophiles durant la phase préfermentaire. Cependant, les vins obtenus avaient les concentrations les plus élevées en précurseurs glycosylés, après 10 mois, ce qui indique une potentielle libération d'arômes après la mise en bouteille. On a enregistré également une augmentation significative de la couleur polymère, indiquant que la MPF a eu un effet positif non seulement sur la densité de la couleur mais aussi sur sa stabilité. En comparaison avec les deux autres traitements, la MPF a donné lieu à des vins ayant un profil analytique plus apte à la garde. Du point de vue sensoriel, ils ont révélé une plus grande intensité colorante, notamment en nuances violettes, et une plus grande complexité aromatique, avec des notes fruitées très marquées, un volume en bouche plus important, et sans sécheresse. C'est la raison pour laquelle la préférence des dégustateurs est allée vers ce type de vins. La macération préfermentaire semble avoir permis d'améliorer l'extraction aussi bien des anthocyanes que des précurseurs aromatiques, et une production aromatique plus importante.

Perspectives – Recommandations

Outre l'amélioration organoleptique des vins, la MPF se présente comme une alternative intéressante pour augmenter l'extraction d'anthocyanes et de tannins à faible poids moléculaire en milieu aqueux. Cela permettrait plus tard de modérer ou même de réduire les temps de macération et d'éviter ainsi une possible sur-extraction des tannins amers et/ou herbacés des pépins.

En considérant que les vins ont été embouteillés directement après la fin de la FML, il serait intéressant d'étudier l'évolution de l'I.C., de l'I.P.T. et de la couleur polymère au cours d'un élevage en fûts, ou bien en utilisant la micro-oxygénation. Sachant que pour un cépage déterminé, l'extractibilité des anthocyanes et des précurseurs d'arômes est fortement déterminée par le niveau de maturité des raisins et les conditions climatiques durant l'année, il serait recommandable d'essayer ces techniques sur plusieurs années consécutives, sur différents cépages et avec des niveaux de maturité différents.

Enfin, l'utilisation des méthodes décrites dans cette étude dépend d'une matière première en très bon état sanitaire (*Sahonet et al. 2002, Delteil et al. 2004*). Dans le cas de l'application de la MPF, l'ensemencement avec LSA et l'emploi de doses adéquates de SO₂ (50-80 mg.L⁻¹), lors de la cuvaison, sont des principes obligatoires pour éviter les possibles déviations microbiologiques et les oxydations anticipées. Dans des vins cv. *Pinot Noir* soumis à une macération préfermentaire à froid et comparés avec une modalité témoin, on n'obtient pas de différences en absence de SO₂ en ce qui concerne les concentrations d'anthocyanes et de phénols totaux (*Heatherbell et al., 1996*). Cela est particulièrement important pour des cépages comme le *Merlot*, ayant des teneurs initiales élevées en polyphénoloxydases (type tyrosinase) (*Cordonnier et al., 1983*). De même, il est recommandable de travailler sous une atmosphère inertée (N₂ ou mieux encore CO₂) (*Couasnon, 1999*), et cela pour les raisons décrites plus haut.

Abréviations utilisées dans le texte

cv.: cépage

I.C. : Indice Colorant (somme D.O. 420+520+620 nm)

I.P.T.: Índice de polyphénols totaux (D.O. 280 nm).

MC: Macération Classique.

MPF: Macération Préfermentaire à froid.

MPC: Macération Post-fermentaire à chaud.

BIBLIOGRAPHIE

1. **ÁLVAREZ, I., ALEIXANDRE, M., GARCÍA, M., LIZAMA, V. (2005).** Impact of prefermentative maceration on the phenolic and volatile compounds in *Monastrell* red wines. *Anal. Chim. Acta.* 563: 109-115
2. **AMERINE, M. A. (1955).** Further studies on controlled fermentations. *Am.J.Enol.Vitic.*, 6, 1–16.
3. **BOSSO, A., GUAITA, M., BALLARIO, P. (2004).** L'estrazione differita degli antociani abbinata alla tecnica del délestage nella vinificazione di uve *Nebbiolo*. *Rivista di Viticoltura e di Enologia.* 57 (1-2) 29-49,
4. **BOULTON, R. (1999).** El fenómeno de la copigmentación en los vinos tintos. *Actas Seminario internacional "Hacia la Enología del siglo XXI".* 3-7 mayo de 1999. INTA - Facultad de Ciencias Agrarias - Mendoza. Argentina.
5. **BOULTON, R. (2001).** The copigmentation of anthocyanins and its role in the color of red wine: A critical Review. *Am.J.Enol.Vitic.*, 52 (2), 67-87.
6. **BOULTON, R., SINGLETON, V., BISSON, L., KUNKEE, R. (2002).** Teoría y práctica de la elaboración del vino. Editorial ACRIBIA S.A. Zaragoza (España). 635 pág.
7. **BROUILLARD, R., DELAPORTE, B., DUBOIS, J.E. (1978).** Chemistry of anthocyanin pigments. 3. Relaxation amplitudes in pH jump experiments. *J.Am.Chem.Soc.* 100: 6200-6205.
8. **BROUILLARD, R., DANGLES, O. (1994).** Anthocyanin molecular interactions: The first step in the formation of new pigments during wine ageing?. *Food Chem.* 51: 365-371.
9. **CATANIA, C., AVAGNINA, S., SANCE, M., VILA, H., COMBINA, M., JOFRE, V. (2003).** Influencia del aporte de taninos de diferentes partes del racimo y de chips de madera de roble sin tostar sobre las características de vinos del cv. *Malbec*. Informe de plan 2003. EEA Mendoza. INTA:
10. **CHARPENTIER, C., FEUILLAT, M. (1998).** Métabolisme des levures cryotolérants: application à la macération préfermentaire à froid du *Pinot Noir* en Bourgogne. *Revue Française d'Oenologie.* 170: 36-37.
11. **COLAGRANDE, O. (1981).** Application of an automatic pumping-over device for vinification of redgrapes. *Connaiss. Vigne Vin.* 15: 125-141.
12. **COUASON, M. B. (1999).** Une nouvelle technique: La macération préfermentaire à froid - Extraction à la neige carbonique. 1re partie: Résultats oenologiques. 2e partie: La technologie de la neige carbonique. *Revue des Œnologues.* 92 : 26-30, 93: 28-30
13. **CUÉNAT, P., LORENZINI F., BREGUY C., ZUFFEREY E. (1996).** La macération préfermentaire a froid du *Pinot noir*. Aspects technologiques et microbiologiques. *Revue Suisse Vitic.Arbo.Hortic.* 4: 259-265.
14. **CURSO DE ACTUALIZACIÓN SOBRE COMPUESTOS FENÓLICOS Y COLOR DE LOS VINOS TINTOS. (2005).** INTA - Centro de Estudios de Enología. Mendoza, 23 de junio de 2005. Argentina.

15. **DARIAS-MARTÍN, J., BOULTON, R., CARRILLO, M., DÍAZ, E. (2001).** Enhancement of red wine colour by pre-fermentation addition of copigments. *Food Chem.* 73: 217-220.
16. **DE LA BARRA, C., HACKL, K., DÜRRSCHMID, K., EDER, R., KULBE, K. D. (2005).** Effect of cold maceration, stem return, re-heating and mannoprotein addition on color stabilization of Pinot noir wines. *Mitteilungen Klosterneuburg, Rebe und Wein, Obstbau und Früchteverwertung Austria.* 55 (5-6) 140-147.
17. **DEL MONTE, R., CATANIA, C., AVAGNINA, S., SARI, S., ASTESANO, J. (2003).** Vasija de automaceración INTA-ASSI – Descripción y resultados de la evaluación enológica. *El Vino y su Industria.* Nº10: 12-16.
18. **DELTEIL, D. (2004).** La macération Préfermentaire à Froid (MPF) des raisins méditerranéens et rhodaniens. *Revue des Œnologues.* 112: 29- 32.
19. **DUBOIS, P., ÉTIEVANT, J., DEKIMPE, M., BURET, M., CHAMBROY, Y., FLANZY, C. (1977).** Etude sur les arômes des vins de macération carbonique. *C.R. Acad. Agric.* 63: 1183-1189.
20. **DUCRUET, V., FLANZY, C., BOURZEIX, M., CHAMBROY, Y. (1983).** Les constituants volatiles des vins jeunes de macération carbonique. *Sci. Aliments.* 3 : 413-426.
21. **ESCUDIER, J.L. (2002).** Une valorisation supplémentaire du raisin en améliorant les extractions : la flash-détente. *Revue Internet Technique du Vin,* Nº1. www.vinidea.net.
22. **FERRARI, S., PARENTI, A., SPUGNOLI, P., CALAMAI, L., GORI, C. (2004).** Effects of cold maceration on red wine quality from Tuscan *Sangiovesi* grape. *Eur. J. Food Res. Technol.* 218: 360-366.
23. **FLANZY, C. (1999).** *Enología: Fundamentos científicos y tecnológicos.* E. Mundi-Prensa. Madrid.2000.
24. **GERVAUX, V., NAUDIN, R., MEURGUES, O., MONAMY, C. (1998).** Influence de différents procédés de macération sur la composition polyphénolique, l'activité laccase et la qualité organoleptique des vins de *Pinot Noir*. *Revue des Œnologues.* 166 : 10–15.
25. **GERVAUX, V. (1993).** Étude de quelques conditions de cuvaison susceptibles d'augmenter la composition polyphénolique des vins de *Pinot Noir*. *Revue des Œnologues.* 69 : 15–18.
26. **GLORIES, Y. (1978).** Recherches sur la matière colorante des vins rouges. Thèse d'état Bordeaux II.
27. **GLORIES, Y., RIBEREAU-GAYON, P., RIBEREAU-GAYON, J. (1980).** La macération finale a chaud dans la vinification en rouge. *C.R. Acad. Agric.*
28. **GLORIES, Y., HAZERA, J., RIBEREAU-GAYON, J. (1982).** La macération finale a chaud : expérience 1981. *C.R. Acad. Agric.* 68, (10) : 798-803.
29. **GLORIES, Y. (1984).** La couleur des vins rouges. 1ère. Partie. Les équilibres des anthocyanes et des tannins. *Connaissance Vigne Vin,* 18 (3) :195-217.
30. **GLORIES, Y. GALVIN, C. (1990).** Les complexes tanin-anthocyanes en présence d'éthanal. Conditions de leur formation. *Actualités œnologiques.* 89 : 408-413.
31. **GÓMEZ-MÍGUEZ, M., GONZÁLEZ-MIRET, L., HEREDIA, F. (2007).** Evolution of colour and anthocyanin composition of *Syrah* wines elaborated with pre-fermentative cold maceration. *J. Food. Eng.* 79 (1): 271-278.
32. **GUTIÉRREZ, I.; PALOMO LORENZO, E.; ESPINOSA, A. (2005).** Phenolic composition and magnitude of copigmentation in young and shortly red wines made from cultivars, *Cabernet S., Cabcibel* and *Syrah*. *Food Chem.* 92. 269-293.
33. **HEATHERBELL, D., DICEY, M., GOLDSWORTHY, S., AND VANHANEN, L. (1997 A).** Effect of prefermentation cold maceration on the composition, colour and flavor of *Pinot noir* wine. *Proceedings of the New Zealand Grape & Wine Symposium, G.F. Steans (Ed.),* 30-42, New Zealand Society for Viticulture and Oenology, P.O. Box 90-276, Auckland Mail Centre, Auckland 1, New Zealand.

34. **HEATHERBELL, D., DICEY, M., GOLDSWORTHY, S., AND VANHANEN, L. (1997 B).** Effect of prefermentation cold maceration on the composition, colour and flavor of *Pinot noir* wine. Proceedings of the Fourth International Symposium on Cool Climate Viticulture and Enology, New York. In Press. Cornell University Press.
35. **ILAND, P., CYNKAR, W., FRANCIS, I., WILLIAMS, P., COOMBE, B. (1996).** Optimization of methods for the determination of total and red-free glycosyl glucose in black grape berries of *Vitis vinifera*. Aust. J. Grape and Wine Research. 2: 171-178.
36. **JOFRÉ, V., FANZONE, M. (2003).** Sustancias químicas precursoras de aromas en uvas y vinos: los compuestos glicosidados. Método analítico cuantitativo para la determinación de GG en muestras de mostos y vinos. En: Informe Anual de Progreso. Estación Experimental Agropecuaria Mendoza. INTA.
37. **JONES, G., ILAND, P., MARKIDES, A., ASENSTORFER, R. (2003).** Formation of vitisin A during fermentation and maturation. Australian Journal of Grape And Wine Research. 9: 40-46.
38. **KRAMER, A. (1963).** Revised tables for determining significance of differences. Food Tech. 17 N°12. 1596-1597.
39. **LLAUDY, M., ZAMORA, F., CANALS, R., CANALS, J., CABANILLAS, P. (2005).** La maceración prefermentativa en frío: efectos sobre la extracción de color y los compuestos fenólicos e influencia del nivel de maduración de la uva. Revista de Enología de la Asociación Catalana de Enólogos. www.acenologia.com
40. **MARAIS, J. (2003).** Effect of different wine-making techniques on the composition and quality of *Pinotage* wine. I. Low-temperature skin contact prior to fermentation. S. Afr. J. Enol. Vitic. 24 (2): 70-75.
41. **MATEUS, N., SILVA, A., RIVAS-GONZALO, J., SANTOS-BUELGA, C., DE FREITAS, V. (2003).** A new class of blue anthocyanin-derived pigments isolated from red wines. J. Agric. Food Chem. 51 : 1919-1923.
42. **MCMAHON, M., ZOECKEIN, B., JASINSKI, Y. (1999).** The effects of prefermentation maceration temperature and percent alcohol at press on the concentration of *Cabernet Sauvignon* grape glycosides and glycoside fractions. Am.J.Enol.Vitic. 50 (4): 385-390.
43. **MORATA, A., CALDERÓN, F., GÓMEZ-CORDOVÉS, M., SUÁREZ, J. (2005).** Effects of pH, temperatura and SO₂ on the formation of pyranoanthocyanins during red wine fermentation with two species of *Saccharomyces*. Int.J.Food Microbiology. 106: 123-129.
44. **MOREL-SALMI, C., SOUQUET, J.M., BES, M., CHEYNIER, V. (2006).** Effect of Flash Release Treatment on Phenolic Extraction and Wine Composition. J. Agric. Food Chem. 54 : 4270-4276.
45. **NEMANIC, J., BAVCAR, D., VANZO, A. (2002).** First results with differently macerated *Pinot noir* wines in Slovenia. Mitteilungen Klosterneuburg, Rebe und Wein, Obstbau und Früchteverwertung, Austria. 52 (1-2): 21-28.
46. **OLIVIERI, C., SALGUES, N. (1981).** Matières colorantes et facteurs d'extraction. Progrès Agricole et Viticole, 98 (11): 511-513.
47. **PARENTI, A., GORI, C., BARTOLINI, A. B. (2006).** Criomacerazione prefermentativa su uve *Sangiovese*: criogeni e metodiche a confronto. Vignevini. 33 (4): 115-120.
48. **PARDO, F., NAVARRO, F. (1994).** Evolución de los compuestos fenólicos de vinos tintos obtenidos con diferente tiempo de maceración. Vit./Enol. Profesional. N°34: 51-59.
49. **PARLEY, A. (1997).** The effect of pre-fermentation enzyme maceration on extraction and colour stability in *Pinot Noir* wines. Thesis of Master of Applied Science. Lincoln University. 1997. New Zeland.
50. **PONTE, C., CRAVERO, M. C., BONELLO, F., PAZO ALVAREZ, M. C., OLIVERO, M., DI STEFANO, R. (2004).** La macerazione prefermentativa a freddo nella vinificazione del *Pinot nero*. Rivista di Viticoltura e di Enologia. 57 (4): 33-62,

51. **REYNOLDS, A., CLIFF., M., GIRARD, B., KOPP, T. G. (2001).** Influence of fermentation temperature on composition and sensory properties of *Semillon* and *Shiraz* wines. *Am. J. Enol. Vitic.*, 52(3) : 235–240.
52. **RIBEREAU-GAYON, P. (1998).** *Traité d'Oenologie. 1-Microbiologie du Vin. Vinifications.* Editions La Vigne. Paris.1998.
53. **RIBEREAU-GAYON, P. (1998).** *Traité d'Oenologie. 2-Chimie du vin. Stabilisation et traitements.* Editions La Vigne .Paris.1998.
54. **SAHONET, D. (2002).** La macération pre fermentaire a chaud. *Progrès Agricole et Viticole.* N°19 : 416-418.
55. **SAPIS, J.C., MACHEIX, J., CORDONNIER, R. (1983).** The Browning Capacity of Grapes. II. Browning Potential and Polyphenol Oxidase Activities in Different Mature Grape Varieties *Am.J.Enol.Vitic.* 34: 157 - 162.
56. **SIEGRIST, J. (1985).** Les tanins et les anthocyanes du *Pinot Noir* et les phénomènes de macération. *Revue des Œnologues.* 11 (38) :11-13.
57. **SUDRAUD, P. (1983).** Etude expérimentale de la vinification en rouge. Thèse Docteur Ingénieur, Faculté des Sciences de Bordeaux.
58. **TIMBERLAKE, C., BRIDLE, P. (1976).** Interactions between anthocyanins, phenolics compounds and acetaldehyde and their significance in red wines. *Am.J.Enol.Vitic.* 27: 97-105.
59. **VANHANEN, L., DICEY, M., GOLDSWORTHY, S., HEATHERTBELL, D. (1997).** Effect of prefermentation cold maceration on the composition, colour and flavor of *Pinot Noir* wines. *Proceedings of Fourth International Symposium on Cool Climate Viticulture and Enology.* Rochester N.Y. Ed. T. Heink-Kling.
60. **VILA, H. (2002).** Efecto del tiempo de maceración sobre la composición tánica y el color de vinos *Cabernet Sauvignon* y *Malbec*. MsC. Tesis. U.N.C.-ENSA-Montpellier.
61. **VILLIMBURGO, M. (2002).** Cold maceration of *Sangiovesi*. *Vignevini* 29: 121-127.
62. **VIVAS, N., GALVIN, C., CHABOT, P. (1992).** La maîtrise de la macération dans la production de vins rouges de qualité. *Progrès Agricole et Viticole.* 109, N°4: 79-88.
63. **ZAMORA, F. (2003).** *Elaboración y crianza del vino tinto: Aspectos científicos y prácticos.* Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 2003.
64. **ZAMORA, F. (2005).** El "délestage"; una técnica muy útil para la elaboración de vinos tintos. "Enólogos" n° 37 (septiembre-octubre 2005). www.enologo.com/tecnicos/tecnicos.html
65. **ZOECKLEIN, B., HODSON, E., MCCARTHY, B., VILLIENT, K. (2003).** Effect of delestage on *Merlot* wine quality. Abstracts for the ASEV Eastern Section 27th Annual meeting. *Am. J. Enol. Vitic.*, 54:2, 139.