



The Australian Wine  
Research Institute

(訳注及び免責事項) この記事は、下記のサイトから、AWRI の同意を得て翻訳したものです。

[https://www.awri.com.au/wp-content/uploads/2021/06/Technical\\_Review\\_Issue\\_252\\_Godden.pdf](https://www.awri.com.au/wp-content/uploads/2021/06/Technical_Review_Issue_252_Godden.pdf)

翻訳には細心の注意を払っていますが、完全性及び正確性を保証するものではありません。

THE AUSTRALIAN WINE RESEARCH INSTITUTE > INFORMATION SERVICES > TECHNICAL REVIEW >  
TECHNICAL REVIEW – TECHNICAL NOTES, Technical Review June 2021 – Technical Notes

## The effects of fermentation temperature on the composition of red wines

### 発酵温度が赤ワインの成分に及ぼす影響

この記事では、AWRI のワイン試験醸造として行われた一連の赤ワイン・白ワイン醸造法の試験を取りまとめる。これらの試験では、同じバッチのブドウから、一つの醸造条件を変えたいくつかのワインが作られた。2016 年のピノ・ノワールから始まり、その後シラーズ、カベルネ ソーヴィニオン、及びシャルドネで 4 回の試験が行われた。これらのワインは、オーストラリア各地で開催されたテイastingでワインメーカーに紹介された。

赤ワイン、特にシラーズとカベルネ・ソーヴィニオンを使用した試験では、ほとんどの場合、対照と比較して高い発酵温度のワインがテイastingで良い評価を得た。この記事では、この管理しやすいワイン製造条件の小さな変化が、ワインの組成と官能特性に大きな違いをもたらす可能性があることを紹介する。

### 発酵温度が赤ワインのフェノール化合物に及ぼす影響

ブドウ由来のフェノール化合物が、赤ワインの色、タンニン濃度、口当たり、総合的な品質、熟成の可能性に寄与することは、数多くの研究によって確立されている。ブドウのフェノール化合物濃度は、ワインの最終的なフェノール組成とある程度関係があるが、発酵温度と果帽管理の程度と長さは、ワイン製造中のフェノール化合物の抽出とワインのフェノール化合物組成に強く影響する。

赤ワインの製造条件がフェノール化合物の抽出に及ぼす影響に関する最も初期の体系的な研究は、1950 年代初頭にカリフォルニア大学デービス校で行われ(Amerine 1954, 1955, Amerine and Ough 1957)、温度の影響に特化した研究は 1960 年代初頭に行われた(Ough and Amerine 1960, Ough and Amerine 1961a, b)。なかでもこの研究は、発酵温度が高いほど、ピノ・ノワール、グルナッシュ、カベルネ・ソーヴィニオン、バルデペーニャ (テンプラニーヨ) の色とタンニンがより多く抽出されること、また、ワインの色を濃くするには搾入れよりもポンピング・オーバーの方が効果的であることを示した。

しかし、Casassa and Harbertson (2014) は、同じカリフォルニア大学の Eugene Hilgard が 1887 年にタンニンの抽出よりも前に色の抽出が最大になり、温度が高いほど早く色が最大になることを明らかにしたと報告している。

発酵中にすべてのフェノール化合物が同じ速度で抽出されるわけではなく、一部の化合物の抽出速度は発酵温度の上昇とともに増加するが、最終濃度は影響を受けない可能性があると報告されている。Lerno et al. (2015)は、120L のカベルネ・ソーヴィニヨンの発酵で、果皮由来のフェノール化合物の抽出速度は発酵温度が上昇すると上昇したが、最終濃度は上昇しなかった。一方、種子由来のフェノール化合物は抽出速度と最終濃度の両方が上昇したことを明らかにした。また、フェノール化合物の抽出には、液部分の温度が果帽の温度よりも重要であると報告した。

### 発酵温度がフェノール化合物以外の成分に及ぼす影響

発酵温度はフェノール化合物以外の成分にも影響することが示されている。Rollero et al. (2015)は、20℃と 28℃の発酵温度が酵母が生成する揮発性及び不揮発性成分の最終濃度に及ぼす影響を、合成ブドウ果汁を用いて検討した。その結果、高い発酵温度による蒸発の増加が、いくつかのエステルの蓄積（すなわち、おそらく水やエタノールなどの他の成分の優先的な蒸発による濃縮効果）の原因と考えられる一方で、酢酸イソアミル(フルーティー、バナナ、ナシ)およびオクタン酸エチル(ダークチェリー、レッドチェリー)は、それぞれ温度の上昇と正の相関があった。コハク酸、グリセロール、および高級アルコールのイソブタノール(フレーバーとアロマへの寄与は不明)の生成も、温度と正の相関があったが、他の高級アルコールはそうではなかった。いくつかの研究では、温度が上昇するとエタノールと特定の揮発性化合物の濃度が低下することが報告されているが、これは主に揮発の増加に起因する。ワインの pH のわずかな上昇も報告されているが、これはおそらく高温でブドウ果皮からのカリウムの抽出が増加したためであろう。

発酵温度に関する研究報告には、官能評価データがほとんどない。しかし、Raynolds et al. (2001) は、カナダの冷涼なオカナガン バレーとナイアガラ半島のシラーズについて、発酵温度を 15℃から 30℃に上げると、“ブラックカレント（カシス）”のフレーバーが増加し、“植物的”なフレーバーが減少したと報告した。Girard et al. (1977)も、発酵温度を 20℃から 30℃に上げると、ピノ・ノワールのワインの“カレント（スグリ）”の香味が増すことを報告している。

### AWRI の赤ワイン試験醸造で示された高い発酵温度の影響

2 段階の発酵温度がピノ・ノワール、シラーズ、カベルネ・ソーヴィニヨンのワインのフェノール化合物に及ぼす影響を Table 1 に示す。3 品種とも、発酵温度が高いほど総フェノール、総アントシアニン、タンニン及び非漂白性（訳注：SO<sub>2</sub> で脱色されない安定化した）色素が高かった。ピノ・ノワールの増加率は、シラーズやカベルネ・ソーヴィニヨンよりも少なかった。これは、元々ブドウのフェノール化合物濃度が低く、発酵温度の差が小さかったことが原因であろう。それでも、タンニン(33.5%)と非漂白性色素(16.7%)の顕著な増加がピノ・ノワールのワインで見られ、平均の発酵温度差はわずか約 3℃であった。

フェノール化合物組成の最大の変化はシラーズで見られ、平均発酵温度を約 25℃から 33.5℃に上げると、総フェノールが 42%、総アントシアニンが 34%、タンニンが 107%、非漂白性色素が 36%増加

した。対照区の 25℃の発酵温度は、実験条件を決定するために実施したワイン製造条件調査に回答した多くのオーストラリアのワイン生産者によって広く用いられていることは注目に値する。

**Table 1.** AWRI の試験醸造で異なる温度で発酵させたピノ・ノアール、シラーズ、及びカベルネ・ソーヴィニオンワインのフェノール組成の比較

ピノ・ノアール (2016)			
フェノール化合物	対照 24-26℃, 10 日間	高温発酵 24-32℃, 7 日間 <sup>a</sup>	増加率 %
総フェノール (AU)	22	23	4.5%
総アントシアニン (mg/L)	115	121	5.2%
タンニン (mg/L)	480	641	33.5%
非漂白性色素 (AU)	0.36	0.42	16.7%
シラーズ (2017)			
フェノール化合物	対照 24-26℃, 12 日間	高温発酵 32-35℃, 10 日間 <sup>b</sup>	増加率 %
総フェノール (AU)	31	44	41.9%
総アントシアニン (mg/L)	415	556	34.0%
タンニン (mg/L)	576	1192	106.9%
非漂白性色素 (AU)	1.35	1.83	35.6%
カベルネ・ソーヴィニオン (2018)			
フェノール化合物	対照 24-26℃, 14 日間	高温発酵 32-34℃, 10 日間 <sup>c</sup>	増加率 %
総フェノール (AU)	44	55	25.0%
総アントシアニン (mg/L)	476	508	6.7%
タンニン (mg/L)	1,336	2,167	62.2%
非漂白性色素 (AU)	2.7	3.7	37.0%

<sup>a</sup> 対照区と高温区のポンピング・オーバー回数がほぼ同じになるよう、対照より毎日 1 回多くポンピング・オーバーを行った。

<sup>b, c</sup> 対照区と高温区の搾入れが同じになるよう、追加の搾入れを行った。

概して、この 3 組のワインにおけるフェノール化合物の増加率は、他の報告よりも大きく、特に本研究と他の報告の発酵温度の違いを考慮すると顕著である。多くの研究では、15℃ and/or 20℃と 30℃の比較をしているが、このピノ・ノアール、シラーズ、及びカベルネ・ソーヴィニオンのワインでは、対照区の平均発酵温度は 25℃で、これよりも 3℃、8.5℃、及び 8℃高い区を設定した。この研究で差異が大きくなった理由としては、元のブドウのフェノール化合物濃度が他の研究で用いられたブドウよりも高かったことが

考えられるが、断定はできない。

### 実用的な検討及び潜在的なリスク

発酵温度が高いと発酵速度が上がり、さらに温度が高くなることにつながる。発酵の量が多いとより多くの熱が生成され、赤ワイン発酵で最も温度が高くなるのは発酵容器中央の果帽の一番下の部分である。

そのため十分な冷却能力がない場合は、発酵温度がコントロールできなくなり、高温のままになってしまうリスクがある。十分に冷却できないと明らかに好ましくない官能特性を示すことになる。冷却設備には発酵槽の冷却ジャケットや発酵槽内に設置する冷却プレートがあるが、これらは局所的な冷却になる可能性がある。発酵液を熱交換器に通し、冷却して果帽にポンピング・オーバーする方法が最も効果的な冷却方法である。

発酵中の熱の放散は、主に周囲の温度、発酵槽の材質、断熱材の有無、発酵槽の容量に対する表面積の割合の影響を受ける。容量に対する表面積の割合が増えると、それに比例して熱が失われるが、コンクリート製や木製の発酵槽の場合は、断熱されていないステンレスタンクと比較して熱の放散は無視できるほど小さい。

ポンピング・オーバーや発酵液を引き抜いて戻す作業（rack-and-return）、またこれらよりは影響が少ないが搾入れと言った果帽管理によって熱の放散が促進されるが、同時に酸素の導入によって酵母の活性化と発酵速度の増進につながりうる点にも注意が必要である。

### 結論

赤ワインのフェノール化合物、特に色の増強は、一般にワインの品質の向上につながり、本シリーズの他の記事でも議論されているように、いくつかの方法が利用されている。これらの方法には、発酵前の低温浸漬（コールドマセレーション）、発酵後の長期浸漬（ロングマセレーション）やセニエがある。各方法はそれぞれ異なる官能特性をもたらすが、もしワインメーカーの一番の目的が総フェノール、総アントシアニン及び非漂白性フェノールの増加であれば、発酵温度を 30℃～32℃に上げることは、他の方法と比較して簡単で比較的风险が小さく、費用対効果の高い方法である。

### 謝辞

本記事の参考文献作成を手伝ってくれた Anne Lord、及び各種成分の官能特性に関する情報を集めてくれた Damian Espinase Nandorfy に感謝する。

### 参考文献

- Amerine, M. A. 1954. Fermentation of musts under controlled conditions. X Congresso International de Industrias Agricolas (Madrid). Relacion de Comunicaciones Presentadas 11: 1943-1965.
- Amerine, M. A. 1955. Further studies with controlled fermentations. Am. J. Enol. Vitic. 6: 1-16.
- Amerine, M. A. Ough, C. S. 1957. Studies on controlled fermentations III. Am. J. Enol. Vitic. 8:

18–40.

- Casassa, L. F., Harbertson, J.F. 2014. Extraction, evolution, and sensory impact of phenolic compounds during red wine maceration. *Ann. Rev. Food Sci. Technol.* 5: 83–109.
- Girard, B., Kopp, T.G., Reynolds, A.G., Cliff, M. A. 1977. Influence of vinification treatments on aroma constituents and sensory descriptors of Pinot Noir wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 48: 198–206.
- Hilgard, E. W. 1887. The extraction of color and tannin during red-wine fermentation. *Univ. Calif. Agric. Exp. Stn. Bull.* 77.
- Lerno, L., Reichwage, M., Ponangi, R., Hearne, L., Block, D. E., Oberholster, A. 2015 Effects of cap and overall temperature on phenolic extraction in Cabernet Sauvignon fermentations. *Am. J. Enol. Vitic.* 66: 444–453.
- Ough, C. S., Amerine, M. A. 1960. Experiments with controlled fermentation. IV. Red wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 11: 5–14.
- Ough, C. S., Amerine, M. A. 1961a. Studies on controlled fermentation. V. Effects on color, composition, and quality of red wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 12: 9–19.
- Ough, C. S., Amerine, M. A. 1961b. Studies with controlled fermentation. VI. Effects of temperature and handling on rates, composition, and quality of wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 12: 117–128.
- 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.
- Rollero, S., Bloem, A., Camarasa, C., Sanchez, I., Ortiz-Julien, A., Sablayrolles, J-M., Dequin, S., Mouret, J-R. 2015. Combined effects of nutrients and temperature on the production of fermentative aromas by *Saccharomyces cerevisiae* during wine fermentation. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 99: 2291–2304.
- Tomassino, E., Harrison, R., Breitmeyer, J., Sedcole, R., Sherlock, R., Frost, A. 2015. Aroma composition of 2-year-old New Zealand Pinot Noir wine and its relationship to sensory characteristics using canonical correlation analysis and addition/omission tests. *Aust. J. Grape and Wine Res.* 21: 376–388.

Peter Godden, Manager—Industry Engagement and Application.

Technical Review No. 252

June 2021