



[Original Paper]

赤ワインの高温短期醸しの効果

清水秀明*・河野美乃里・小山和哉・岩下和裕・後藤奈美

独立行政法人酒類総合研究所 〒739-0046 広島県東広島市鏡山3-7-1

Effect of High Temperature and Short Maceration on Red Wine Making

Hideaki SHIMIZU*, Minori KONO, Kazuya KOYAMA,
Kazuhiro IWASHITA and Nami GOTO-YAMAMOTO

National Research Institute of Brewing, 3-7-1 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, Hiroshima 739-0046, Japan

The effects of high temperature and short maceration (HT&S) of vinification processes were examined in eight wineries and the National Research Institute of Brewing by analyzing the chemical and/or sensory characteristics of produced wines. In the 2017 laboratory-scale vinification of Muscat Bailey A (MBA), HT&S wines had higher color intensity than control wines. In 2018, the effect of HT&S varied according to grape variety: HT&S increased the color intensity of MBA and Merlot wines, but not wines made from three other varieties. As regards pilot- and plant-scale vinification, HT&S tended to increase wine color intensity when the maceration temperature was controlled appropriately, and some HT&S wines received favorable evaluation with regard to astringency or body in the sensory analysis compared with control wines. However, the HT&S technique requires further improvement of the following two items prior to practical application in wineries. The first item is the pressing time, which is dependent on the degree of extraction of the anthocyanin and proanthocyanidin from skin and seed, the grape variety, and the temperature changes during maceration. The second item is temperature control between 28 and 30 °C in the early stage of fermentation, which is difficult to achieve when the fermentation scale is large.

Keywords: Maceration temperature, High temperature and short maceration, Wine color, Proanthocyanidin, Winemaking, Red wine

* Corresponding author : (e-mail : h.shimizu@nrib.go.jp)

受付日 : 2021年6月23日

受理日 : 2021年9月12日

緒言

赤ワインの色は、品質を評価する上で重要な要素のひとつであり、醸し発酵中にブドウの果皮から抽出されるが (Ribéreau-Gayon *et al.* 2006), 我が国では、高温多雨の影響で赤ワイン醸造用ブドウの十分な着色が得られない場合が多い (Goto-Yamamoto *et al.* 2009, Mori *et al.* 2007, van Leeuwen *et al.* 2004, Sugiura *et al.* 2018, Kobayashi *et al.* 1967). 赤ワインの色を高め、安定化する方法として、初期低温醸しやペクチナーゼ系酵素, ドライアイス, 高温, セニエなど様々な方法 (Álvarez *et al.* 2006, Busse-Valverde *et al.* 2011, González-Neves *et al.* 2013, Lukić *et al.* 2017, Ortega-Heras *et al.* 2012, Sacchi *et al.* 2005, 清水ら 2020) が報告されているが、醸し温度が高い方が赤ワインの色が濃く (Ribéreau-Gayon *et al.* 1970), 醸しが長くなると赤ワインの色が減少する (井上ら 2020) ことを踏まえた、高温短期醸しという方法についての報告もある (後藤ら 2020).

高温短期醸しは、醪初期に 28～30℃ 程度の高めの温度で醸し発酵を行い、色素やタンニンを適度に抽出後、速やかにプレスすることで、赤ワインの色を向上させる方法で、山梨県産メルロー (以下「Mer」) を用いた小規模醸造試験において、30℃, 3日間醸してプレス後 25℃ で発酵を続けた高温短期型のワインと 25℃, 8日間醸し発酵を行ったワインを比べると、高温短期型のワインは、赤色が濃く、縮合型タンニン (以下「Proanthocyanidin」) の抽出が少ない、との報告がある (後藤ら 2020). また、3～4日、比重 1.020～1.010 で液抜きを行う短い醸しは、暖地で、ライトで早飲みのフルーティーなワインにはよいこと、Color Intensity 最大値付近でプレスをしたワインはフルーティー感も残り、若いうちに飲むワインに適しているとの記載もある (Ribéreau-Gayon *et al.* 2006). さらに、主発酵終了後の醸し期間が長いと、種子タンニンが徐々に抽出されてくるので、荒い洗みを避けるにはむやみに醸し期間を長くしない方が好ましいとの報告もある (後藤 2012, Koyama *et al.* 2012, Peyrot des Gachons *et al.* 2003). このように適度に色素やタンニンを抽出した後、早めにプレスを行うことを推奨する報告はあるものの、高温短期醸しを行うにあたり、どのくらいの温度で醸し発酵を行い、どのタイミングでプレスをするのか、とい

う報告は少ない。そこで、日本国内で栽培されている様々な品種について高温短期醸しの各種条件及び実製造にむけた課題を明らかにすることを目的に、本試験を行った。

材料と方法

1. 小規模試験醸造 (2017年)

国内2産地 (A, B) の2017年産のマスカット・ベリーA (以下「MBA」) を用い、(i) Color Intensity の頂点付近又は少し下がり始めたタイミングでプレスした高温短期醸し区分 (28℃ short 1), (ii) (i) の12時間後にプレスした高温短期醸し区分 (28℃ short 2), (iii) 高温短期醸しを実施しないコントロール (25℃ Control) の3区分で試験を実施した。ブドウ各 1.4 kg を除梗破碎後、ピロ亜硫酸カリウム (富士フィルム和光純薬株, 食品添加物) を 100 mg/L になるよう添加し (二酸化硫黄として約 50 mg/L), 再水和した乾燥酵母 3001 (LALLEMAND 社) を添加し、(i) 及び (ii) は 28℃ の恒温室で醸し発酵を行いプレス後は 25℃ の恒温室で液発酵を続けた。(iii) は 25℃ の恒温室で醸し発酵を行った。補糖は、上白糖 (三井製糖株式会社) を用い、発酵前の比重換算糖度が 23 w/v% になるよう酵母添加1日後に調整した。試料の均一化を目的に、発酵中の醪のサンプリングは果醪中の5か所から行い1つのサンプルとし、4. 理化学分析に従い、Color Intensity, 見かけの Brix 値, アルコール分を測定した。(i) のプレスは Color Intensity の頂点付近又は少し下がり始めた醸し発酵2日目, (ii) のプレスは (i) の12時間後, (iii) のプレスは見かけの Brix 値の変動がなくなったことを確認した後、3日目に行った (産地AのMBAでは醸し発酵6日目, 産地BのMBAでは8日目)。発酵終了後、遠心分離による滓引き (20℃, 5,150 × g, 10 min) を行い、マロラクティック発酵 (MLF) スターター MBR Alpha (LALLEMAND 社) を添加し、20℃ 恒温室に静置した。F-キット L-リンゴ酸 (J. K. インターナショナル) を用いて L-リンゴ酸濃度が 100 mg/L 以下になったことを確認後、遠心分離による滓引き (20℃, 5,150 × g, 10 min) を行い、上清にピロ亜硫酸カリウムを 100 mg/L になるよう添加し、瓶詰め後、以降の分析に供した。なお、分析に用いるまで 15℃ の冷暗所で保管した。

2. 小規模試験醸造 (2018年)

2018年における小規模試験醸造では、以下の2点に留意した。1点目は、品種である。2017年の小規模試験は、MBAを用いたが、それ以外の品種での効果は、報告のあるMer以外ではよくわかっていない(後藤ら2020)。2点目は、醸し発酵温度である。2017年の小規模試験における高温短期醸しの温度は28℃に設定したものの、ワイン製造現場においては温度一定の発酵経過にならないのが一般的であることから、28℃以外の温度におけるプレスタイミングとColor Intensityの関係についても併せて確認することとした。そこで、MBA(国内交配品種)、Mer(vinifera種)、ツヴァイゲルトレーベ(以下「Zwei」, vinifera種)、小公子(以下「Sks」, 国内交配品種)、山幸(以下「Yama」, 国内交配品種)の5種類のブドウ品種について、温度3区分(30℃, 25℃, 20℃)かつ醸し2区分(通常醸し, 短期醸し)の合計6区分、つまり、(1) 30℃通常醸し(以下「30℃」)、(2) 30℃短期醸し(以下「30℃ short」)、(3) 25℃通常醸し(以下「25℃」)、(4) 25℃短期醸し(以下「25℃ short」)、(5) 20℃通常醸し(以下「20℃」)、(6) 20℃短期醸し(以下「20℃ short」)をそれぞれ $n = 2$ で試験を実施した。

ブドウ各700gを除梗破碎後、ピロ亜硫酸カリウム100 mg/Lになるよう添加し(二酸化硫黄として約50 mg/L)、再水和した乾燥酵母EC1118(LALLEMAND社)を添加し、(1)及び(2)は30℃、(3)及び(4)は25℃、(5)及び(6)は20℃の各恒温室で醸し発酵を行った。補糖は、上白糖(三井製糖株式会社)を用い、発酵前の比重換算糖度が23 w/v%になるよう酵母添加1日後に調整した。発酵中の醪のサンプリング及び分析は、小規模試験醸造(2017年)と同様に行った。プレスのタイミングは、ワイン製造現場を意識し、見かけのBrix値から算出した比重を指標に判断した。ワイン製造現場においてColor Intensityを高頻度に分析することは一般的ではないためである。引き抜きを行う比重のタイミングは、当所で算出した見かけのBrix値と比重(15/4℃)の直線性の関係式、「比重(15/4℃) = (Brix値 + 142.905) / 150.760」($R^2 = 0.999$) (data not shown)を用いて算出した。(1)、(3)及び(5)の短期醸しのプレスのタイミングは、比重1.020付

近で実施した。(2)、(4)及び(6)の通常醸しのプレスは見かけのBrix値の変動がなくなったことを確認した後、3日目に行った。2018年小規模試験におけるプレス時の平均比重(実測値)は、短期醸しで 1.023 ± 0.005 、通常醸しで 0.995 ± 0.002 であった(Table 1B)。発酵終了後、遠心分離による滓引き(20℃, 5,150 × g, 10 min)を行い、上清にピロ亜硫酸カリウムを100 mg/Lになるよう添加し、瓶詰め後、以降の分析に供した。なお、分析に用いるまで15℃の冷暗所で保管した。

3. ワイナリーにおける試験醸造 (実証試験)

2016年から2018年にかけて計8社のワイナリーの協力を得て、高温短期醸し及び通常醸し(以下「コントロール」)の条件でワイン醸造を実施した。なお、発酵温度の設定およびプレスのタイミングなどの諸条件は、各ワイナリーの実情に合わせて実施いただいた。また、発酵のスケールは試験レベルから実醸造レベルまで様々であった(12 kg ~ 13,282 kg, 平均2,812 kg)。製成ワインを、酒類総合研究所に送付してもらい、遠心分離(20℃, 5,150 × g, 10 min)によって滓引きした後、ワイン用亜硫酸測定器/HI 84500(HANNA社)にて遊離亜硫酸濃度を測定し、分子状亜硫酸が0.6 mg/Lになるよう、ピロ亜硫酸カリウムを添加し、瓶詰め後、以降の分析に供した。なお、分析に用いるまで15℃の冷暗所で保管した。

4. 理化学分析

すべてのワインは分析直前に遠心分離(4℃, 7,700 × g, 10 min)を行いその上清を分析に供した。なお、発酵中醪の吸光度分析には再度遠心分離(4℃, 15,000 × g, 1 min)を行いその上清を分析に供した。

1) Color Intensity 及び Color Hue

A420, A520, A620の値は、試料を光路長1 mm 又は2 mmの石英セルに入れ、分光光度計(島津UV-1850)を用いて測定し、10 mm換算値とした。Color IntensityをA420, A520, A620の合計値、Color HueをA420/A520の比とした(OIV 2009)。なお、製成ワインについては、含まれる亜硫酸の影響を排除するため、ワイン1 mLに10%アセトアルデヒド水溶液を10 µL添加し、45分後に吸光度を測定した。

2) Total Anthocyanin

亜硫酸の影響を排除し、pH 1.0における吸光度 A520として測定した(Boulton 2001, Somers and Evans 1977). すなわち、赤ワイン試料100 μL に0.2 M 酢酸／塩酸緩衝液 (pH 1) 900 μL と10%アセトアルデヒド水溶液20 μL を添加し、45分後にA520を測定、10 mm換算値を示した。

3) Total phenol

Total phenolの指標である吸光度 A280 (Somers and Evans 1977)は、赤ワイン試料を純水で1/100に希釈した後、光路長10 mmの石英セルで測定し、100倍した値を示した。

4) Proanthocyanidin

2018年の小規模試験醸造を除き、塩酸バニリン法で測定した(Nakamura *et al.* 2003). すなわち、ガラス製のネジ口試験管にワイン320 μL 、9 mol/L HCl 800 μL 、1%バニリン溶液800 μL を加え、30 $^{\circ}\text{C}$ 、20分、反応させた後、A500を測定した。検量線は0, 25, 50, 100, 200 mg/L (+)-Catechin溶液を用いて、 $R^2 \geq 0.995$ を確認の上、ワイン試料のProanthocyanidin濃度を算出した。2018年の小規模試験醸造はBSA法で実施した(Harbertson *et al.* 2002, Ichikawa *et al.* 2011). すなわち、pH 3.3に調整したワイン500 μL に1.0 mg/mL BSA溶液1 mLを加え、4 $^{\circ}\text{C}$ で15分振とう後、遠心後の沈殿に洗浄液(200 mmol/L 酢酸, 170 mmol/L NaCl, pH4.9)250 μL を添加した。再度遠心後の沈殿に緩衝液(5% トリエタノールアミン, 10% SDS溶液)875 μL を添加攪拌し、10分後にA 510を測定し、この値をブランクとした。その後、塩化鉄溶液(10 mmol/L FeCl_3 in 0.01 N HCl) 125 μL を添加し、10分後にA 510を測定した。検量線は0, 100, 300, 600 mg/L (+)-Catechin溶液を用いて作成し、 $R^2 \geq 0.995$ を確認の上、ワイン試料のProanthocyanidin濃度を算出した。

5) その他

発酵の進捗はBrix計(アタゴ社 PAL1)の示す見かけのBrix値で確認するとともに、アルコール分をガスクロマトグラフ(Agilent 6890N)で分析した。その他の分析は国税庁所定分析法により行い、Total Acidityの値は滴定値で示した。

5. 官能評価分析

製成後3ヶ月後の実証試験ワインについて、JIS Z 9080に従い2点識別試験及び2点嗜好試験で高温短期醸しの効果を検証した。高温短期醸しとコントロールの2点を1組とし、2点識別試験として「色の濃い方:Color」「原料由来の香りが強く感じる方:Aroma from Grape」「渋み(収斂味)が強い方:Astringency」「厚み(ボディ感)が強い方:Body」を、2点嗜好試験として「香りが優れている方:Flavor」「総合的な品質が優れている方:Overall Quality」を評価項目とした。評価員は、ワインの官能評価経験の豊富な山梨県ワイン酒造組合各社及び酒類総合研究所の職員で、2016年は19名、2017年は17名、2018年は16名で実施した。また、評価の際は原料のブドウ品種のみを明示した。

結果と考察

1. 小規模試験醸造(2017年)

2017年の小規模試験醸造における高温短期醸しの発酵中のColor Intensityは、コントロールより高い値で推移した(Fig. 1A, B)。ブドウAについて、2日目に発酵中盤から後半に差し掛かった時点(P1;アルコール分9.2%)にプレスしたものが28 $^{\circ}\text{C}$ short 1であり、その12時間後(P2;アルコール分12.0%)にプレスしたものが28 $^{\circ}\text{C}$ short 2である(Fig. 1A)。ブドウBについて、2日目時点でまだ発酵中盤(アルコール分5.7%)であったが、その3時間後にはColor Intensityが下がり始めたため、この時点でプレスしたものが28 $^{\circ}\text{C}$ short 1(P1;アルコール分7.1%)であり、その12時間後(P2;アルコール分10.0%)にプレスしたものが28 $^{\circ}\text{C}$ short 2である(Fig. 1B, Table 1A)。ブドウA・B共に、Color Intensityの最大値付近でプレスした28 $^{\circ}\text{C}$ short 1の方が、その12時間後にプレスする28 $^{\circ}\text{C}$ short 2よりもColor Intensityは高く推移するとともに、製成後の分析でも高い結果となった(Table 2)。このことは赤ワインの色の主成分であるAnthocyaninが植物の細胞壁に結合するという報告(Inoue *et al.* 2019, Padayachee *et al.* 2012)を支持するとともに、早期のプレスは、Anthocyaninのブドウ果皮、果肉等への結合を防ぎ、Color Intensityの減少が緩やかになることを示唆した。また、ブドウAとBでは吸光度の値は大きく異なったが、傾向

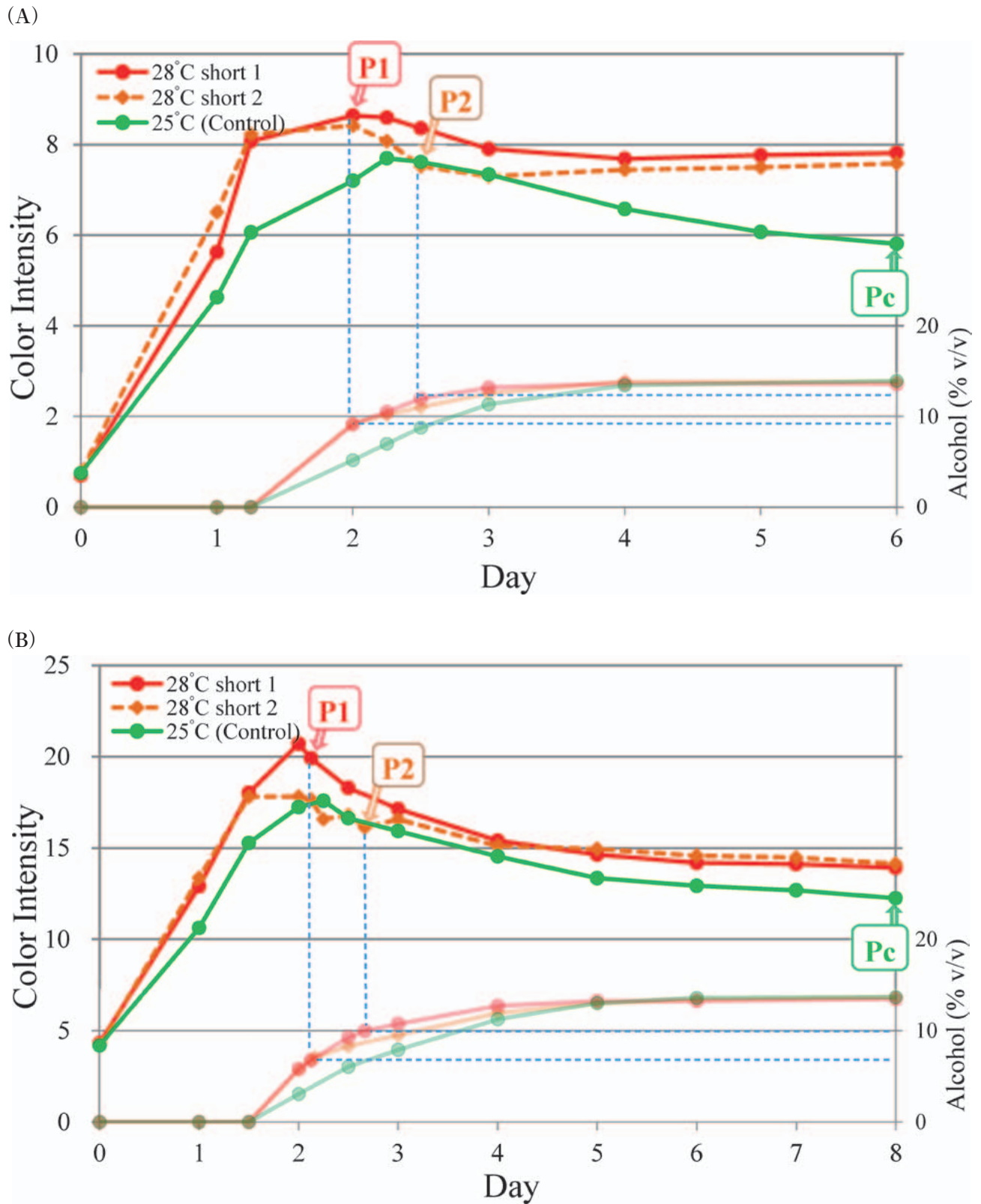


Fig. 1 Wine color intensity (A420+A520+A620) during fermentation of Muscat Bailey A harvested from regions A and B in 2017. Abbreviations: P1, pressing under 28 °C short 1; P2, pressing under 28 °C short 2; Pc, pressing under control conditions (25 °C).

Table 1. Maceration period and chemical components at pressing in laboratory-scale vinification of Muscat Bailey A in 2017 (A) and five cultivars in 2018 (B)**A**

| | Maceration Period (Day) | Apparent Brix at Pressing | Predicted Specific Gravity (15/4°C) at Pressing | Alcohol (% v/v) at Pressing | |
|---|-------------------------|---------------------------|---|-----------------------------|------|
| A | 28°C short 1 | 2.0 | 12.0 | 1.027 | 9.2 |
| | 28°C short 2 | 2.5 | 8.6 | 1.005 | 12.0 |
| | 25°C (Control) | 6 | 7.0 | 0.994 | 13.9 |
| B | 28°C short 1 | 2.1 | 14.4 | 1.043 | 7.1 |
| | 28°C short 2 | 2.7 | 11.3 | 1.023 | 10.0 |
| | 25°C (Control) | 8 | 7.4 | 0.997 | 13.7 |

B

| | Maceration Period (Day) | Apparent Brix at Pressing | Specific Gravity (15/4°C) at Pressing |
|-------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Muscat Bailey A | | | 1.027 |
| 30°C | 6 | 7.3 | 0.994 |
| 30°C short | 2.3 | 13.2 | 1.031 |
| 25°C | 7 | 7.3 | 0.993 |
| 25°C short | 3.0 | 12.7 | 1.027 |
| 20°C | 8 | 7.4 | 0.992 |
| 20°C short | 4.0 | 12.1 | 1.020 |
| Merlot | | | |
| 30°C | 7 | 7.7 | 0.993 |
| 30°C short | 3.0 | 12.0 | 1.021 |
| 25°C | 8 | 7.7 | 0.992 |
| 25°C short | 4.0 | 11.9 | 1.018 |
| 20°C | 9 | 7.9 | 0.992 |
| 20°C short | 5.0 | 11.6 | 1.016 |
| Zweigeltrebe | | | |
| 30°C | 5 | 7.6 | 0.995 |
| 30°C short | 2.0 | 11.9 | 1.023 |
| 25°C | 6 | 7.4 | 0.994 |
| 25°C short | 2.5 | 11.6 | 1.021 |
| 20°C | 7 | 7.4 | 0.993 |
| 20°C short | 3.3 | 12.3 | 1.027 |
| Shokoshi | | | |
| 30°C | 5 | 8.0 | 0.998 |
| 30°C short | 2.0 | 10.4 | 1.014 |
| 25°C | 6 | 8.1 | 0.997 |
| 25°C short | 2.3 | 12.5 | 1.024 |
| 20°C | 7 | 8.2 | 0.996 |
| 20°C short | 3.0 | 13.9 | 1.027 |
| Yamasachi | | | |
| 30°C | 5 | 8.4 | 0.998 |
| 30°C short | 2.1 | 12.6 | 1.026 |
| 25°C | 6 | 8.4 | 0.999 |
| 25°C short | 2.5 | 13.3 | 1.029 |
| 20°C | 7 | 8.4 | 0.998 |
| 20°C short | 3.5 | 13.0 | 1.027 |
| Average | | | |
| Normal Maceration | 6.6 ± 1.1 | 7.8 ± 0.4 | 0.995 ± 0.002 |
| Short Maceration | 3.0 ± 0.8 | 12.3 ± 0.8 | 1.023 ± 0.005 |

Table 2. Chemical analyses of wines from laboratory-scale vinification of Muscat Bailey A in 2017

| | Total Anthocyanin | Color Intensity (A420+A520+A620) | Color Hue (A420/A520) | Proanthocyanidin (mg/L) ^{a)} | A _{280nm} | Alcohol (% v/v) | Total Acidity | pH | Extract |
|----------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|--------------------|-----------------|---------------|------|---------|
| 28°C short 1 | 2.07 | 6.56 | 0.76 | 149 ± 48 | 37.3 | 13.8 | 6.97 | 3.94 | 2.67 |
| A 28°C short 2 | 1.87 | 6.20 | 0.80 | 82 ± 29 | 35.7 | 13.5 | 6.91 | 3.95 | 2.66 |
| 25°C Control | 1.86 | 5.00 | 0.72 | 82 ± 15 | 30.9 | 13.6 | 6.81 | 3.92 | 2.58 |
| 28°C short 1 | 2.49 | 10.91 | 0.46 | 452 ± 22 | 48.2 | 13.9 | 11.76 | 3.50 | 2.98 |
| B 28°C short 2 | 2.43 | 10.83 | 0.47 | 386 ± 0 | 47.0 | 13.4 | 11.28 | 3.50 | 2.86 |
| 25°C Control | 2.24 | 9.87 | 0.48 | 335 ± 7 | 43.0 | 13.8 | 11.54 | 3.49 | 2.87 |

a) Vanillin-HCl assay. Means and standard deviations of two measurements because values varied markedly.

としては類似した結果となった。

その他の分析値を Table 2 に示した。ブドウ A・B 共に高温短期醸し 28°C short 1 の Proanthocyanidin は他の試験区より高い結果であった (Table 2)。MBA から抽出された Proanthocyanidin は、醸し中に徐々に減少することが知られており (井上ら 2020, 小野ら 2009, Okuda *et al.* 2014)、減少の一因はブドウ細胞壁成分への吸着であることが推察されている (市川ら 2011, Inoue *et al.* 2019)。今回実施した短期醸しの実験 (28°C, short 1) の Proanthocyanidin 濃度がコントロールと比較して高くなったことは、早期のプレスが Proanthocyanidin のブドウ細胞壁への吸着を抑制したものと考えられ、既知の報告を支持する結果となった。

2. 小規模試験醸造 (2018年)

30°C 短期醸し (30°C short) と 25°C 通常醸し (25°C) を比較した結果、MBA の Color Intensity は、30°C short が 25°C の 115% であり (Table 3)、2017 年の小規模試験醸造と同様の傾向が観察された。Mer では 110% となり先行研究 (後藤ら 2020) 同様の傾向が観察されたが、Sks, Zwei, Yama ではほぼ同じ値となり、品種による違いが観察された (Table 3)。

その理由の一つとして発酵中の Color Intensity の変化と温度による影響が挙げられる。30°C ではどの品種も Color Intensity が 2 日程度で最高値に達する一方、その後の推移は、vinifera 種 (Mer, Zwei) が緩やかに減少するのに対して (Fig. 2B, 2C)、国内交配品種 (MBA, Sks, Yama) が急激に減少した (Fig. 2A, 2D, 2E)。Proanthocyanidin が多く含まれる Mer や Zwei では、Proanthocyanidin が Anthocyanin と会合又は結合してコピグメンテーション構造又は高分子

構造になり安定化したからと推定される (井上ら 2020, He *et al.* 2012)。また、小公子のように 30°C において最高値に達した後、急激に Color Intensity が減少する品種もあるなど、品種・温度による違いが観察された。

さらに品種によって抽出速度が異なったことも挙げられる。短期でプレスすることについて MBA, Mer, Sks は Color Intensity の減少が緩やかになり高い値で推移した一方 (Fig. 2A, 2B, 2D 破線)、Zwei, Yama では Color Intensity がプレスした直後からコントロールと比べて低い値で推移した (Fig. 2C, E 破線)。Ribéreau-Gayon ら (2006) はフェノール化合物 (Anthocyanin と Proanthocyanidin) が抽出されるスピードはブドウの品種や熟度によって異なる旨言及していることから、今回の実験に用いた Zwei, Yama は、短期醸し区のプレス後も通常醸し区では抽出が進んだと思われる。Zwei においては、短期醸しと通常醸しで Proanthocyanidin 濃度に 2 倍以上の差があることから (Table 3)、プレスのタイミングを比重 1.020 ではなく、もう少し遅いタイミングでプレスをした方が Color Intensity を高められた可能性がある。また、Mer における Proanthocyanidin 濃度は、醸し期間と温度に応じた値となり、30°C, 25°C においては通常醸しの方が高い結果となり (Table 3)、後藤ら (2020) の報告と一致する結果であった。なお、Mer において 20°C において 4~5 日にかけて Color Intensity が上昇したが (Fig. 2B)、これは恒温槽の温度が当該 1 日間 20°C から 23°C に上昇してしまったためである。

醸し温度については、Zwei のように Proanthocyanidin 含量が比較的多く、抽出に温度依存性が観察された品種もあることから (Fig. 2B, C)、25~30°C の醸し発

Table 3. Chemical analyses of wines from laboratory-scale vinification in 2018

| | Total Anthocyanin | Color Intensity (A420+A520+A620) | Color Hue (A420/A520) | Proanthocyanidin (mg/L) ^{a)} | A _{280nm} | Alcohol (% v/v) | Total Acidity | pH | Extract |
|------------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|--------------------|-----------------|---------------|-------------|---------|
| Muscat Bailey A | | | | | | | | | |
| 30°C | 1.740 ± 0.170 | 4.700 ± 0.240 | 0.556 ± 0.001 | 24 ± 1 | 31.1 ± 0.6 | 13.4 ± 0.0 | 8.86 ± 0.10 | 3.59 ± 0.01 | 2.73 |
| 30°C short | 1.440 ± 0.191 | 4.708 ± 0.350 | 0.677 ± 0.012 | 22 ± 2 | 31.3 ± 0.9 | 13.6 ± 0.2 | 8.90 ± 0.23 | 3.57 ± 0.03 | 2.75 |
| 25°C | 1.685 ± 0.127 | 4.098 ± 0.067 | 0.504 ± 0.009 | 19 ± 2 | 27.5 ± 0.9 | 13.6 ± 0.2 | 8.47 ± 0.07 | 3.55 ± 0.02 | 2.54 |
| 25°C short | 1.580 ± 0.127 | 4.930 ± 0.566 | 0.607 ± 0.029 | 24 ± 2 | 29.8 ± 3.7 | 14.0 ± 0.1 | 8.70 ± 0.01 | 3.54 ± 0.01 | 2.61 |
| 20°C | 1.845 ± 0.198 | 4.308 ± 0.378 | 0.461 ± 0.001 | 23 ± 4 | 28.3 ± 0.4 | 14.0 ± 0.2 | 8.53 ± 0.10 | 3.50 ± 0.05 | 2.51 |
| 20°C short | 1.935 ± 0.127 | 4.983 ± 0.230 | 0.500 ± 0.032 | 28 ± 2 | 30.5 ± 1.2 | 14.3 ± 0.1 | 8.55 ± 0.21 | 3.49 ± 0.02 | 2.45 |
| Merlot | | | | | | | | | |
| 30°C | 2.268 ± 0.081 | 13.023 ± 1.064 | 0.509 ± 0.010 | 282 ± 9 | 41.9 ± 1.7 | 14.5 ± 0.3 | 8.51 ± 0.07 | 3.48 ± 0.00 | 2.69 |
| 30°C short | 2.418 ± 0.004 | 13.945 ± 0.410 | 0.500 ± 0.004 | 238 ± 13 | 41.9 ± 1.6 | 14.6 ± 0.2 | 8.57 ± 0.16 | 3.45 ± 0.00 | 2.70 |
| 25°C | 2.305 ± 0.064 | 12.683 ± 0.067 | 0.507 ± 0.002 | 279 ± 5 | 41.2 ± 0.1 | 14.8 ± 0.1 | 8.55 ± 0.12 | 3.44 ± 0.01 | 2.63 |
| 25°C short | 2.410 ± 0.049 | 13.020 ± 0.134 | 0.488 ± 0.005 | 256 ± 2 | 39.6 ± 1.3 | 14.6 ± 0.1 | 8.69 ± 0.25 | 3.42 ± 0.01 | 2.53 |
| 20°C | 2.400 ± 0.078 | 12.415 ± 0.035 | 0.489 ± 0.003 | 290 ± 2 | 39.3 ± 0.7 | 14.9 ± 0.0 | 8.68 ± 0.22 | 3.38 ± 0.01 | 2.50 |
| 20°C short | 2.468 ± 0.067 | 13.225 ± 0.134 | 0.473 ± 0.002 | 294 ± 11 | 40.0 ± 0.0 | 14.8 ± 0.0 | 8.63 ± 0.00 | 3.37 ± 0.01 | 2.46 |
| Zweigeltrebe | | | | | | | | | |
| 30°C | 2.573 ± 0.117 | 12.973 ± 0.124 | 0.435 ± 0.006 | 332 ± 69 | 40.2 ± 1.8 | 13.3 ± 0.1 | 11.30 ± 0.31 | 3.27 ± 0.01 | 2.76 |
| 30°C short | 2.458 ± 0.067 | 11.748 ± 0.152 | 0.436 ± 0.001 | 108 ± 34 | 32.9 ± 0.8 | 12.8 ± 0.1 | 11.36 ± 0.29 | 3.26 ± 0.01 | 2.52 |
| 25°C | 2.400 ± 0.127 | 11.460 ± 0.714 | 0.434 ± 0.006 | 326 ± 29 | 36.2 ± 0.2 | 13.4 ± 0.2 | 10.93 ± 0.29 | 3.25 ± 0.01 | 2.60 |
| 25°C short | 2.250 ± 0.113 | 9.983 ± 0.435 | 0.434 ± 0.000 | 129 ± 8 | 29.5 ± 0.6 | 12.7 ± 0.1 | 11.21 ± 0.13 | 3.21 ± 0.00 | 2.35 |
| 20°C | 2.173 ± 0.025 | 9.720 ± 0.078 | 0.435 ± 0.002 | 287 ± 2 | 32.1 ± 0.1 | 13.2 ± 0.3 | 10.79 ± 0.20 | 3.20 ± 0.01 | 2.41 |
| 20°C short | 1.960 ± 0.071 | 8.410 ± 0.445 | 0.450 ± 0.005 | 137 ± 2 | 26.4 ± 0.6 | 13.1 ± 0.6 | 11.14 ± 0.06 | 3.16 ± 0.01 | 2.34 |
| Shokoshi | | | | | | | | | |
| 30°C | 8.920 ± 0.368 | 18.035 ± 0.912 | 0.510 ± 0.005 | 28 ± 4 | 79.9 ± 6.6 | 12.9 ± 0.4 | 11.49 ± 0.09 | 3.45 ± 0.02 | 3.66 |
| 30°C short | 8.475 ± 0.134 | 17.655 ± 0.389 | 0.562 ± 0.009 | 25 ± 8 | 77.6 ± 5.2 | 13.3 ± 0.0 | 11.44 ± 0.03 | 3.45 ± 0.00 | 3.53 |
| 25°C | 9.030 ± 0.000 | 17.040 ± 0.099 | 0.490 ± 0.004 | 25 ± 0 | 80.9 ± 0.8 | 13.3 ± 0.1 | 11.41 ± 0.15 | 3.45 ± 0.01 | 3.49 |
| 25°C short | 8.860 ± 0.453 | 18.420 ± 1.386 | 0.528 ± 0.013 | 25 ± 0 | 77.0 ± 8.7 | 13.3 ± 0.2 | 11.43 ± 0.19 | 3.39 ± 0.00 | 3.36 |
| 20°C | 9.325 ± 0.304 | 17.125 ± 0.064 | 0.482 ± 0.000 | 24 ± 1 | 78.3 ± 0.3 | 13.7 ± 0.1 | 11.26 ± 0.08 | 3.41 ± 0.02 | 3.42 |
| 20°C short | 8.700 ± 0.042 | 17.805 ± 0.573 | 0.510 ± 0.041 | 23 ± 3 | 75.0 ± 3.1 | 13.5 ± 0.3 | 11.75 ± 0.43 | 3.32 ± 0.05 | 3.35 |
| Yamasachi | | | | | | | | | |
| 30°C | 9.720 ± 0.523 | 18.660 ± 0.849 | 0.467 ± 0.008 | 40 ± 1 | 78.4 ± 2.3 | 13.3 ± 0.2 | 16.90 ± 0.44 | 3.30 ± 0.01 | 3.85 |
| 30°C short | 8.240 ± 0.750 | 16.975 ± 0.431 | 0.666 ± 0.014 | 45 ± 4 | 75.4 ± 0.1 | 14.1 ± 0.2 | 16.70 ± 0.05 | 3.30 ± 0.00 | 3.92 |
| 25°C | 9.115 ± 0.502 | 17.070 ± 0.226 | 0.531 ± 0.017 | 38 ± 3 | 77.8 ± 2.8 | 14.0 ± 0.3 | 16.91 ± 0.01 | 3.30 ± 0.01 | 3.99 |
| 25°C short | 7.745 ± 0.304 | 15.790 ± 0.085 | 0.668 ± 0.006 | 37 ± 5 | 71.3 ± 0.4 | 14.1 ± 0.3 | 17.23 ± 0.05 | 3.27 ± 0.00 | 3.85 |
| 20°C | 9.675 ± 0.361 | 16.570 ± 0.410 | 0.517 ± 0.004 | 35 ± 2 | 73.7 ± 1.6 | 13.9 ± 0.1 | 17.20 ± 0.33 | 3.24 ± 0.00 | 3.88 |
| 20°C short | 7.945 ± 0.813 | 15.650 ± 0.099 | 0.609 ± 0.009 | 40 ± 3 | 71.1 ± 0.6 | 14.1 ± 0.2 | 17.11 ± 0.32 | 3.21 ± 0.01 | 3.76 |

a) Bovine serum albumin (BSA) precipitation method.

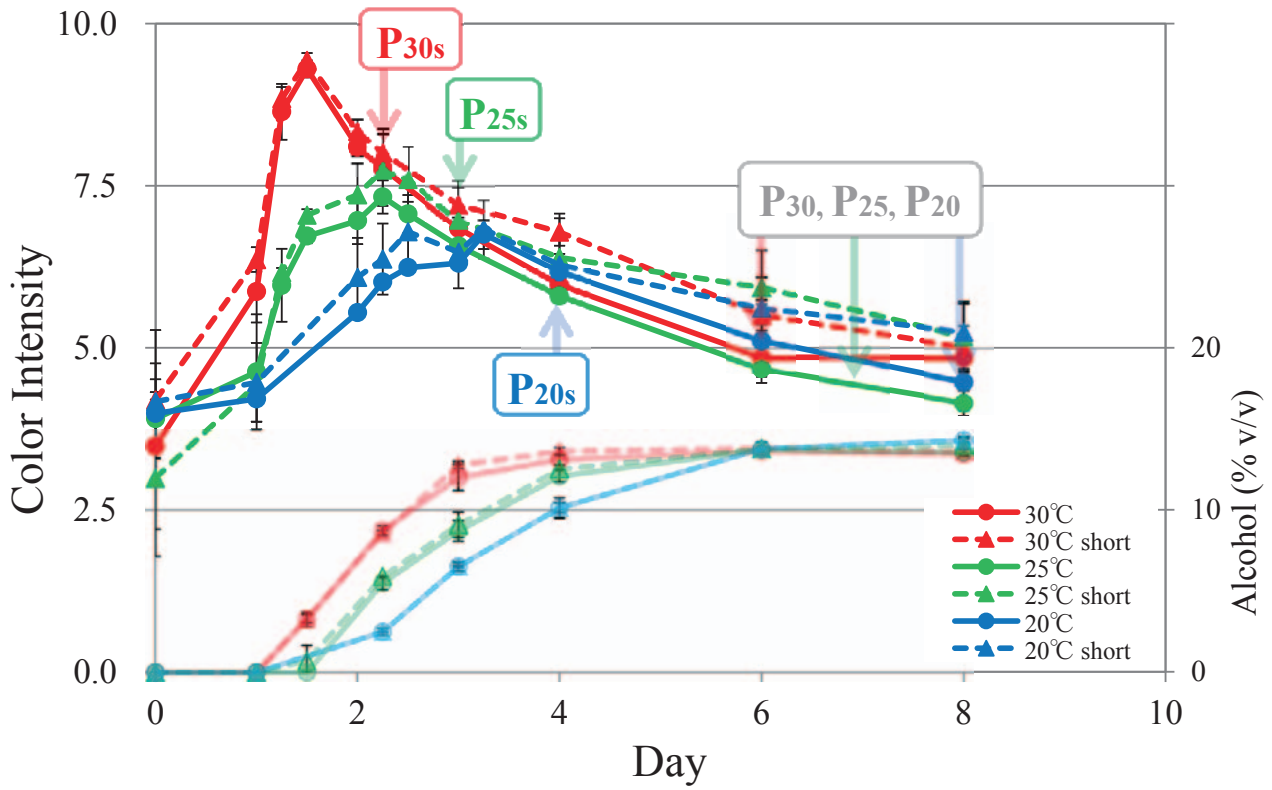
酵温度が適すると思われたが（山梨県ワイン酒造組合 2016, Ribéreau-Gayon *et al.* 2006), MBA や Sks のように 20°C でも抽出が進み 30°C, 25°C と Color Intensity が変わらない品種もあった (Fig. 2A, D). これらの結果から品種にもよるが、醸し温度は最低 20°C 以上に設定し、果皮等からの成分を抽出させた方がよいと思われた。

Total Anthocyanin (pH1.0 における発色具合) について、Color Intensity の傾向と一致しない場合が認められた (Table 3; MBA 及び Sks) ことは、発酵中及び貯蔵中に生じた有色及び無色の Anthocyanin 誘導体の種類や量が異なるためと推定された (He *et al.* 2012, 井上ら 2020). なお、醸し温度が高いほど製

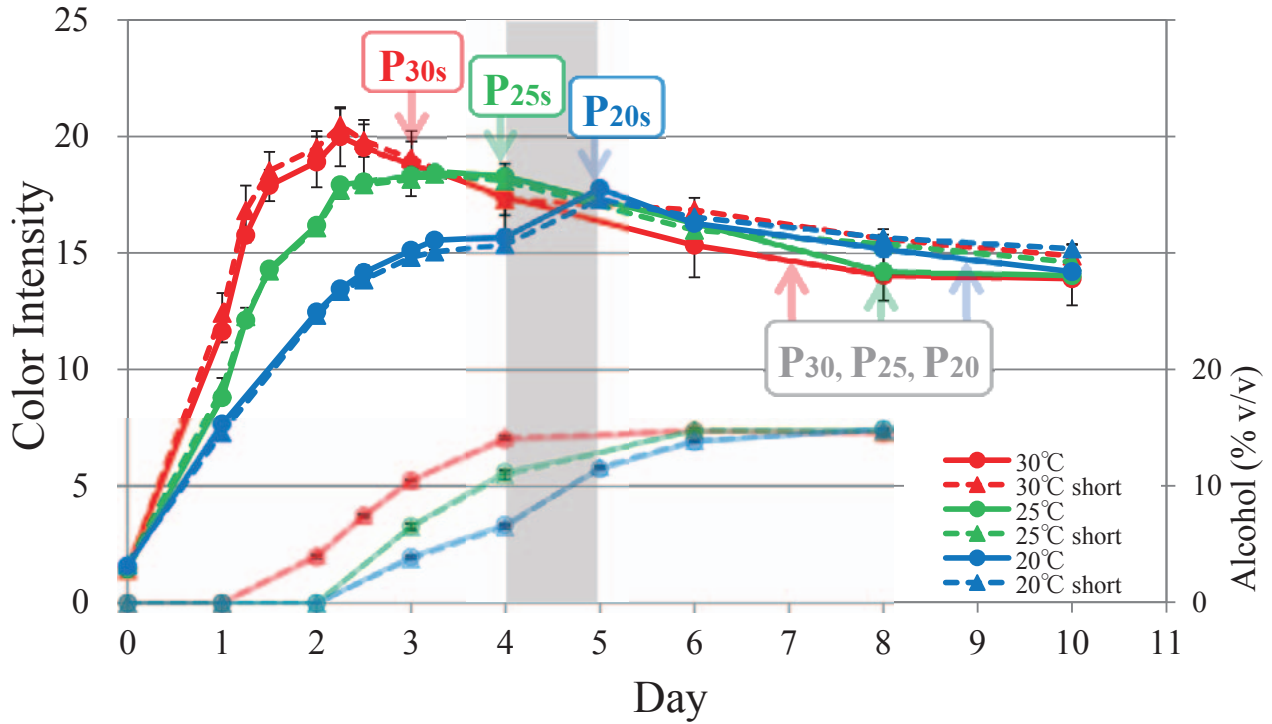
成ワインの pH は高い値を示した。このことは醸し温度が高くなるにつれブドウ果皮からより多くの成分が抽出されたことを示唆した。

2年にわたる小規模試験醸造で、高温短期醸しは、MBA や Mer のように温度 25~30°C の温度経過で比重 1.020 付近のプレスで効果が見られた品種もある一方、Zwei や Yama のように今回の条件では効果が認められなかった場合もあったことから、プレスのタイミングは一様に決めることができず、品種又はブドウごとに微調整が必要であると思われた。また、Proanthocyanidin 含量が少ない品種又はブドウ (MBA, Sks, Yama) は、醸し抽出後の Color Intensity の減少幅が特に高温域で大きかった。

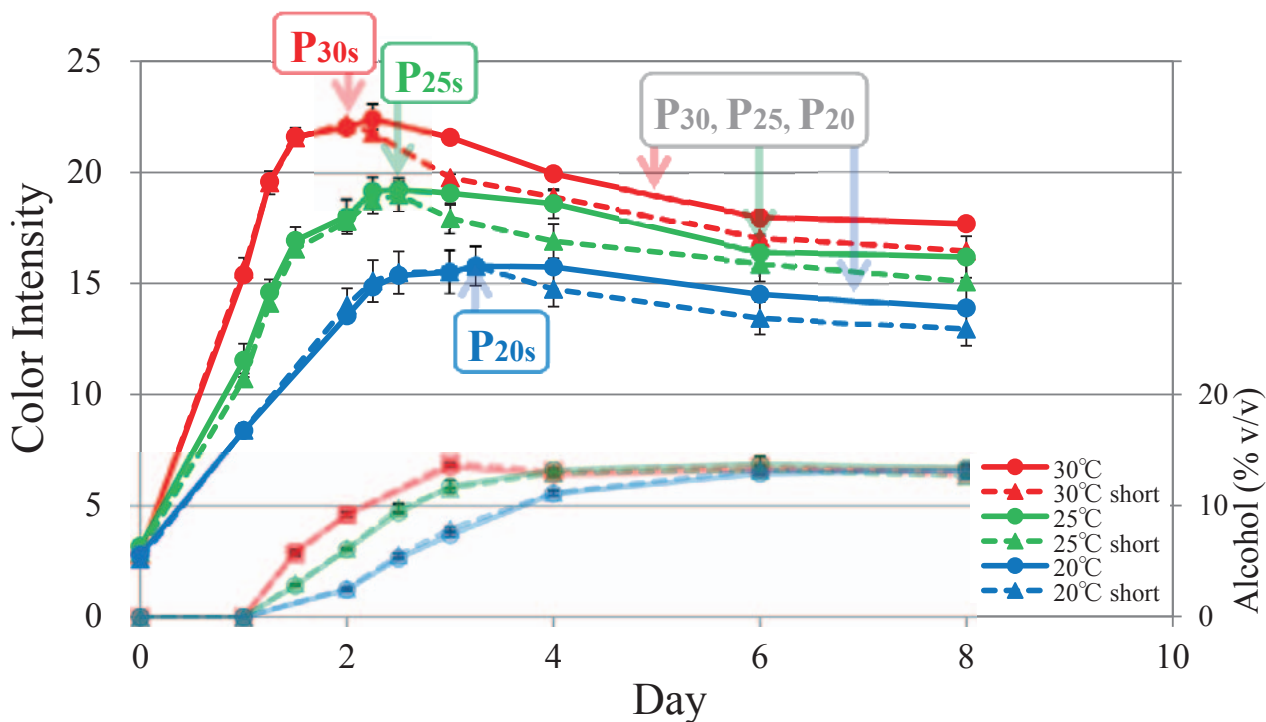
(A) Muscat Bailey A



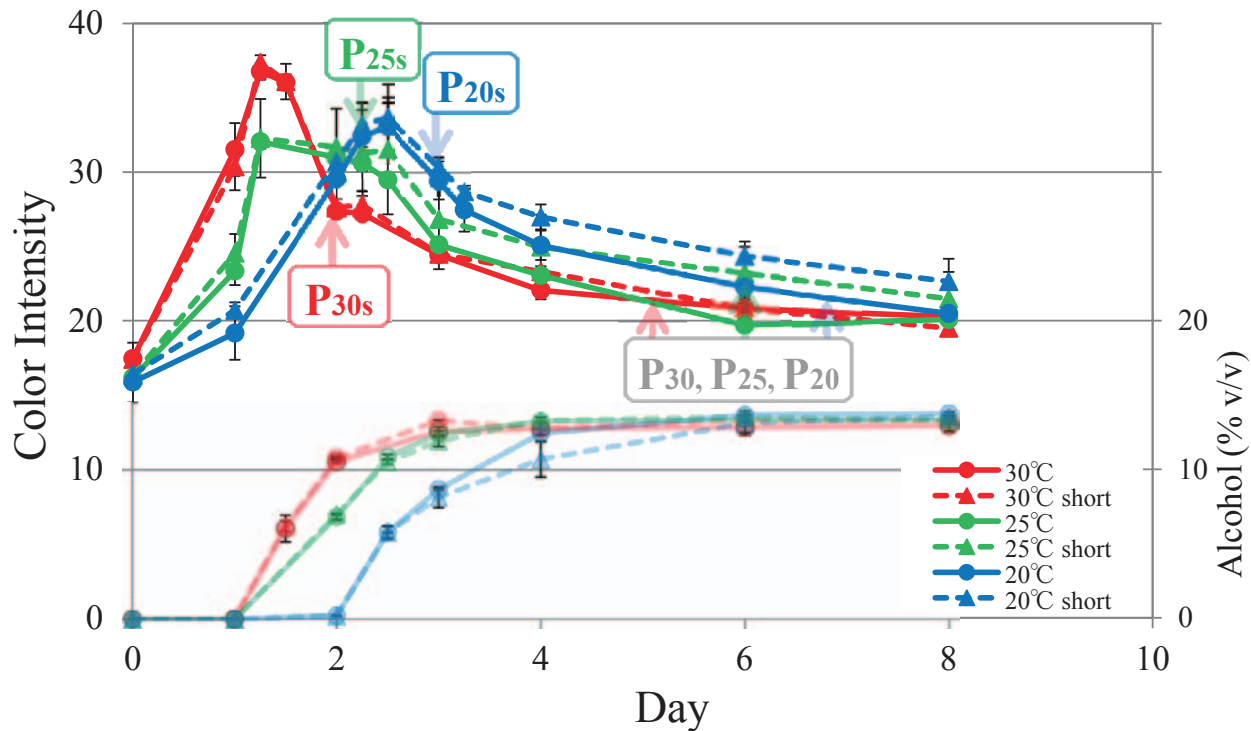
(B) Merlot



(C) Zweigeltrebe



(D) Shokoshi



(E) Yamasachi

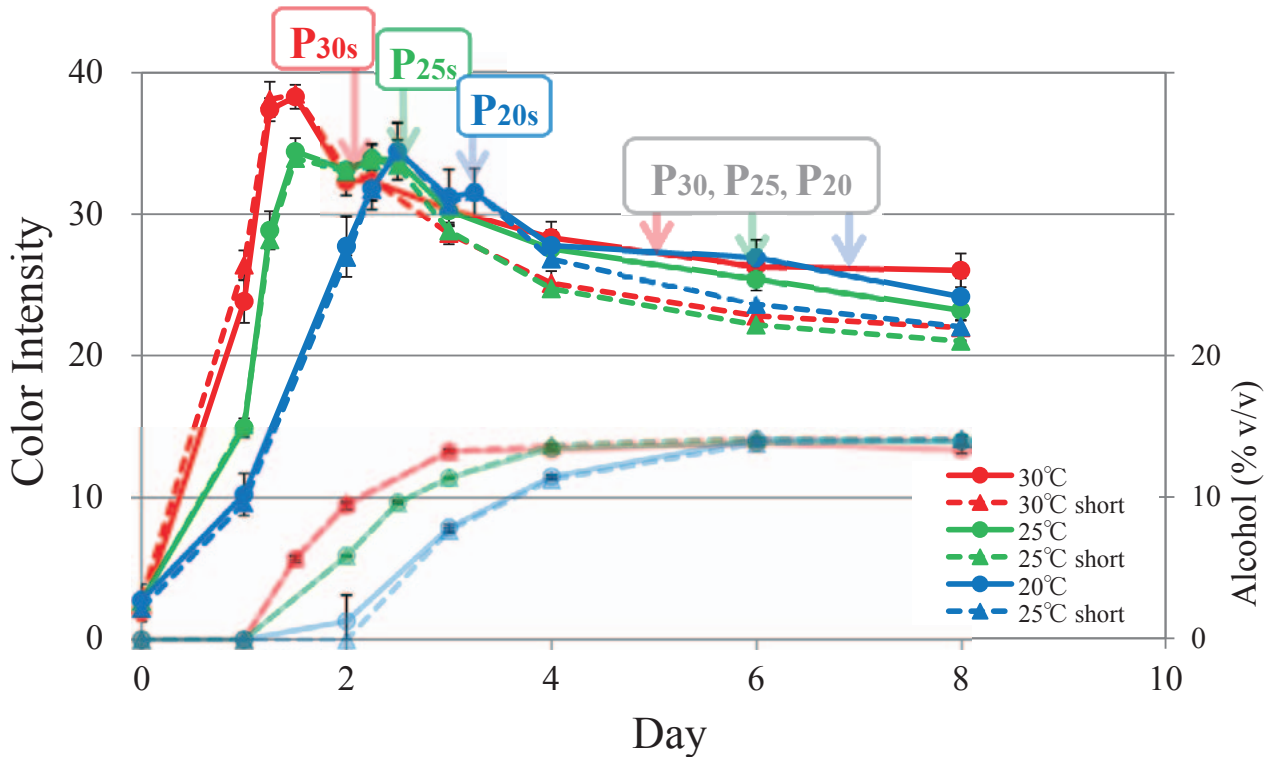


Fig. 2 Wine color intensity (A420+A520+A620) during fermentation of Muscat Bailey A (A), Merlot (B), Zweigeltrebe (C), Shokoshi (D), and Yamasachi (E) in 2018.

Abbreviations: P30s, pressing under 30 °C short; P25s, pressing under 25 °C short; P20s, pressing under 20 °C short; P30, pressing under 30 °C; P25, pressing under 25 °C; P20, pressing under 20 °C.

3. 実証試験における検証

全国のワイナリーに依頼した実証試験においては、発酵温度、プレスのタイミングなど細かい条件設定がワイナリー毎に異なり「高温短期醸し」として当所が定義した条件に当てはまらない場合が多く、発酵条件が「高温短期醸し」に合致した実証試験は、19組中5組であった (Table 4)。このことは、今回設定した発酵条件をワイン醸造で実施するにはいくつか課題があることを示唆した。

ただし、温度やプレス条件が適切であれば、小規模試験醸造の結果と同様、Color Intensityが高くなり、官能評価の結果も良好になる場合もあった。MBA-e1は、30°C付近で3日醸した後、プレスを行い (プレス時比重1.009) 徐々に温度を下げながら発酵を続けた高温短期型の醪と、徐々に温度を上昇させて最高温度25°Cで醸し発酵を続け12日目にプレスを行った (プレス時比重0.997) 通常醸し型の

醪の比較試験であるが (Fig. 3A)、高温短期醸しの方が、Color Intensity値が高くなるとともに (Table 4A)、官能評価においても、‘Color:色の濃さ’、‘Astringency:渋み (収斂味)’、‘Body:厚み (ボディ感)’が、有意に濃い又は強い結果であった (Table 4B)。MBA-e3は、30°C付近の温度で5日醸した後、プレスを行い (プレス時比重0.998) 温度を下げて発酵を続けた高温短期型の醪と、20~25°C付近で醸し発酵を続け12日目にプレスを行った (プレス時比重0.996) 通常醸し型の醪の比較試験である (Fig. 3B)が、高温短期醸しの方が、Color Intensity値が高くなるとともに (Table 4A)、官能評価においても、‘Color:色の濃さ’が有意に強い結果であった (Table 4B)。Zwei-e5は、徐々に温度が上昇し27°Cに到達2日後にプレスを行い (プレス時比重1.020) 20°C以下で発酵を続けた高温短期型の醪と、高温短期型醪よりゆっくりとした温度経過で最高温度23°C

になった後8日目にプレスを行った（プレス時比重1.004）通常醸し型の醪の比較試験である（Fig. 3C）が、高温短期醸しによって、Color IntensityとTotal Anthocyaninが高くなるとともに（Table 4A）、官能評価においても、‘Color：色の濃さ’、‘Astringency：渋み（収斂味）’、‘Body：厚み（ボディ感）’が有意に濃い又は強い結果であった（Table 4B）。

一方、本方法では28～30℃のように発酵速度（比重の変化）が早い中で、プレスのタイミングを見極めるのが難しいこと、また発酵スケールが大きくな

るほど発酵開始時に28～30℃の温度にしつつ30℃を超えないようにする温度コントロールの難しさがあることが課題と考えられる。日本で栽培されるブドウの多くは、梅雨および秋雨などの影響によりブドウ収穫時の果粒が大きく、また着色が十分ではない傾向がうかがえる。今回示した「高温短期醸し」は今後、更なる条件設定の見直しによりタンニンを抽出しつつ色調の改善に繋がる醸造方法の可能性を提案できるものと思われた。

Table 4. Chemical analyses (A) and sensory analyses (B) of wines in winery experiments

A) Chemical analyses

| Variety | HT&S Maceration Condition | | | Total Anthocyanin | | Color Intensity (A420+A520+A620) | | Color Hue (A420/A520) | | Proanthocyanidin (mg/L) ^{b)} | | A _{280nm} | |
|---------|---------------------------|-----|---------------------------------------|-------------------|---------|----------------------------------|---------|-----------------------|---------|---------------------------------------|------------|--------------------|---------|
| | Temperature [°C] | Day | Specific Gravity (15/4°C) at Pressing | | | | | | | | | | |
| | | | | HT&S | Control | HT&S | Control | HT&S | Control | HT&S | Control | HT&S | Control |
| MBA-e1 | 26-36 | 3 | 1.009 | 1.75 | 1.81 | 5.39 | 4.51 | 0.63 | 0.57 | 186 ± 35 | 232 ± 19 | 36.9 | 35.1 |
| MBA-e2 | 31-34 | 3 | 1.014 | 2.42 | 2.43 | 7.45 | 8.57 | 0.48 | 0.45 | 201 ± 5 | 491 ± 100 | 40.8 | 45.5 |
| MBA-e3 | 28-30 | 4 | 0.998 | 1.26 | 1.29 | 4.25 | 3.44 | 0.81 | 0.71 | 257 ± 22 | 280 ± 11 | 28.8 | 26.0 |
| Mer-e4 | 12-26 | 9 | - | 2.55 | 2.68 | 14.43 | 14.84 | 0.47 | 0.47 | 1898 ± 158 | 1631 ± 268 | 46.5 | 53.5 |
| Zwei-e5 | 11-27 | 4 | 1.020 | 3.20 | 2.91 | 13.24 | 11.93 | 0.37 | 0.38 | 1367 ± 97 | 1349 ± 37 | 44.5 | 42.1 |

| Variety | Alcohol (% v/v) | | Total Acidity | | pH | | Extract | |
|---------|-----------------|---------|---------------|---------|------|---------|---------|---------|
| | HT&S | Control | HT&S | Control | HT&S | Control | HT&S | Control |
| MBA-e1 | 10.4 | 10.9 | 8.79 | 7.33 | 3.90 | 3.88 | 2.74 | 2.52 |
| MBA-e2 | 13.3 | 13.3 | 8.14 | 8.63 | 3.61 | 3.57 | 2.64 | 2.89 |
| MBA-e3 | 12.8 | 13.5 | 6.99 | 6.69 | 3.85 | 3.87 | 2.50 | 2.43 |
| Mer-e4 | 15.2 | 14.8 | 10.27 | 9.41 | 3.34 | 3.38 | 3.13 | 2.83 |
| Zwei-e5 | 13.0 | 12.7 | 7.07 | 6.65 | 3.55 | 3.58 | 2.30 | 2.13 |

a) Maceration temperature and day under HT&S condition, and specific gravity at pressing

b) Vanillin-HCl assay. Means and standard deviations of two measurements because values varied markedly.

Abbreviations: HT&S, high temperature and short maceration; MBA, Muscat Bailey A; Mer, Merlot; Zwei, Zweigeltrebe.

B) Sensory analyses

| Variety | Vintage | Color | | Flavor | | Aroma from Grape | | Astringency | | Body | | Overall Quality | |
|---------|---------|-------|---------|--------|---------|------------------|---------|-------------|---------|------|---------|-----------------|---------|
| | | HT&S | Control | HT&S | Control | HT&S | Control | HT&S | Control | HT&S | Control | HT&S | Control |
| MBA-e1 | 2018 | 16* | 0 | 10 | 6 | 11 | 5 | 13* | 3 | 12* | 4 | 9 | 7 |
| MBA-e2 | 2017 | 9 | 8 | 11 | 6 | 9 | 8 | 11 | 6 | 11 | 6 | 12 | 5 |
| MBA-e3 | 2016 | 15* | 4 | 13 | 6 | 12 | 7 | 10 | 9 | 9 | 10 | 14 | 5 |
| Mer-e4 | 2018 | 5 | 11 | 11 | 5 | 8 | 8 | 7 | 9 | 9 | 7 | 8 | 8 |
| Zwei-e5 | 2017 | 17* | 0 | 10 | 7 | 9 | 8 | 13* | 4 | 14* | 3 | 10 | 7 |

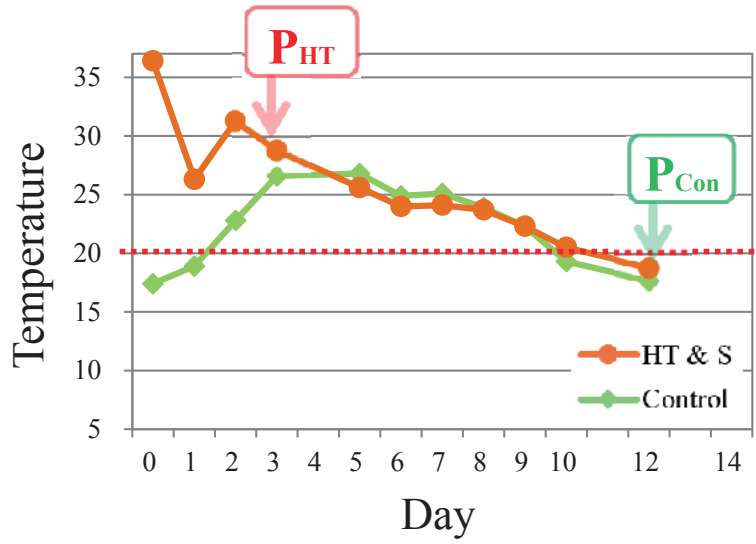
Paired comparison tests were carried out by 19, 17, and 16 panelists for 2016, 2017, and 2018 vintages, respectively.

Each value represents the number of panelists who chose either HT&S or Control as the higher one.

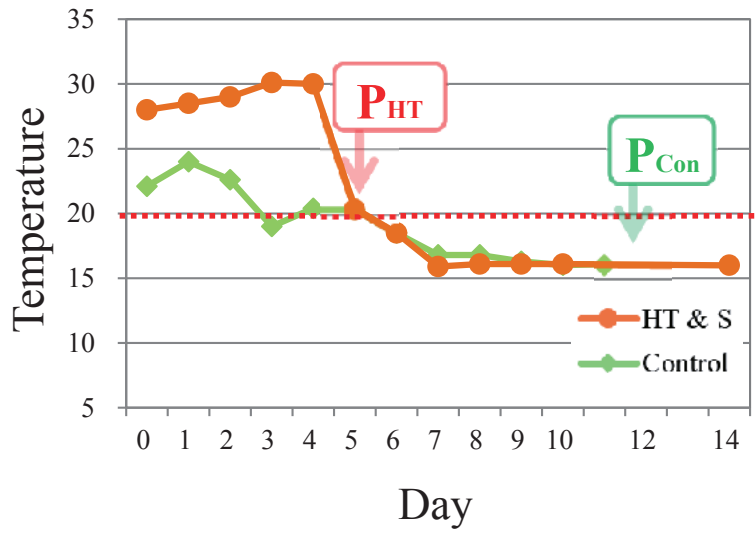
*) Significant difference (binomial distribution, $P < 0.05$) between each HT&S and Control group.

Abbreviations: HT&S, high temperature and short maceration; MBA, Muscat Bailey A; Mer, Merlot; Zwei, Zweigeltrebe.

(A) MBA-e1



(B) MBA-e3



(C) Zwei-e5

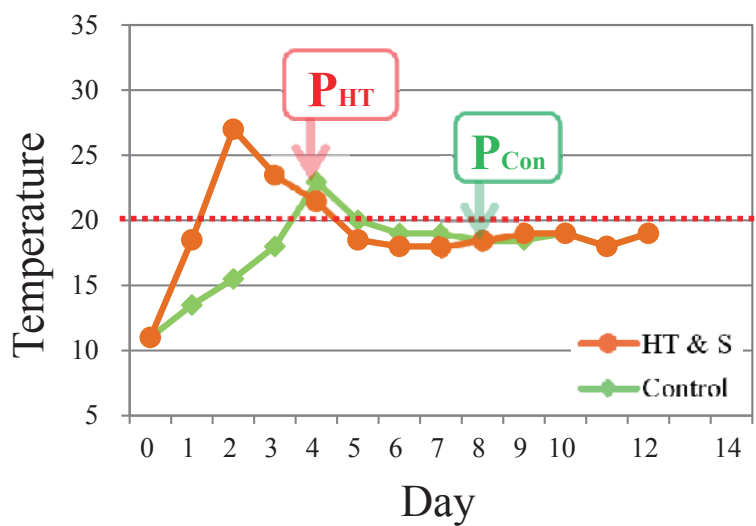


Fig. 3 Temperature changes during fermentation in winery experiments. (A) MBA-e1, (B) MBA-e3, and (C) Zwei-e5.
 Abbreviations: P_{HT}, pressing under high temperature and short maceration; P_{Con}, pressing under control conditions.

要約

赤ワインの色の向上に効果があると報告のある高温短期醸しについて、日本国内で栽培されている様々な品種を用いて小規模試験醸造及びワイナリーにおける実証試験を行いその効果を検証した。2017年のMBAを用いた小規模試験では、発酵中盤から後半にさしかかったColor Intensityが最大付近でプレスした場合、製成後のワインのColor IntensityはControl区の1.1～1.4倍となった。2018年のブドウ品種5種類を用いた小規模試験では、ブドウ品種の違いによって高温短期醸しの効果が異なり、MBAやメルローではColor Intensityが向上したが、それ以外の品種ではControl区とほぼ同じとなった。ワイナリーにおける実証試験では、醗初期に28～30℃程度の高めの温度で醸し発酵を行い、色素やタンニンを適度に抽出後、比重1.020～1.000付近で速やかにプレスすることで、Color Intensityが向上し、渋味(収斂味)、厚み(ボディ感)が通常醸しと比べて良いと評価される場合もあった。ただし、プレスのタイミングを判断する難しさ、発酵スケールが大きくなるほど醸し発酵開始時に28～30℃の温度にしつつ30℃を超えないようにする温度コントロールの難しさもあり、ワイン醸造で実施するには更なる条件設定の見直しが必要と思われた。

謝辞

本研究は生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業(うち地域戦略プロジェクト)」の支援を受けて行いました。また、ワイン製造又はブドウのご提供にご協力頂くとともに適宜アドバイスを頂きましたワイナリー各社様(有限会社朝日町ワイン、池田町ブドウ・ブドウ酒研究所、勝沼醸造株式会社、三和酒類株式会社 安心院葡萄酒工房、株式会社ショーブル ドメヌ ヒデ、株式会社広島三次ワイナリー、株式会社宝水ワイナリー、北海道ワイン株式会社、メルシャン株式会社 シャトーメルシャン(五十音順)、官能評価分析にご協力頂いた山梨県ワイン酒造組合の方々及び酒類総合研究所役職員の方に厚く御礼申し上げます。

文献

- Álvarez I, Aleixandre J, García M and Lizama V. 2006. Impact of prefermentative maceration on the phenolic and volatile compounds in Monastrell red wines. *Analytica Chimica Acta* **563**: 109–115.
- Boulton R. 2001. The copigmentation of anthocyanins and its role in the color of red wine: A critical review. *Am J Enol Vitic* **52**: 67–87.
- Busse-Valverde N, Gómez-Plaza E, López-Roca JM, Gil-Muñoz R and Bautista-Ortín AB. 2011. The extraction of anthocyanins and proanthocyanidins from grapes to wine during fermentative maceration is affected by the enological technique. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **59**: 5450–5455.
- González-Neves G, Gil G, Favre G, Baldi C, Hernández N and Traverso S. 2013. Influence of winemaking procedure and grape variety in the colour and composition of young red wines. *South African Journal of Enology and Viticulture* **34**: 138–146.
- Goto-Yamamoto N, Mori K, Numata M, Koyama K and Kitayama M. 2009. Effects of temperature and water regimes on flavonoid contents and composition in the skin of red-wine grapes. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* **43**: 75–80.
- 後藤奈美. 2012. 赤ワインの渋味:ブドウ栽培と醸造の影響. *日本醸造協会誌* **107**: 210–218.
- 後藤(山本)奈美, 平野晶子, 川田真悠子, 沼田美子代, 小山和哉. 2020. 醸し発酵の温度及び期間が赤ワインのアントシアニン及びプロアントシアニジンに及ぼす影響. *J ASEV Jpn* **31**: 125–132.
- Harbertson JF, Keneddy JA and Adams DO. 2002. Tannin in skins and seeds of Cabernet Sauvignon, Syrah, and Pinot noir berries during ripening. *Am J Enol Vitic* **53**: 54–59.
- He F, Liang N-N, Mu L, Pan Q, Wang J, Reeves MJ and Duan C-Q. 2012. Anthocyanins and their variation in red wines II. Anthocyanin derived pigments and their color evolution. *Molecules* **17**: 1483–1519.
- Ichikawa M, Ono K, Hisamoto M, Matsudo T and Okuda T. 2011. Concentrations of BSA-binding proanthocyanidins in red wines produced in Japan. *Food Sci Technol Res* **17**: 335–339.
- 市川茉莉枝, 富田大輔, 古家聖慈, 久本雅嗣, 松土俊

- 秀, 奥田徹. 2011. マスカット・ベリー A ワイン醸造中のプロアントシアニジン濃度減少の原因解明. *J ASEV Jpn* **22** : 94–95.
- Inoue E, Kobayashi H, Hoshino R, Hisamoto M, Watanabe-Saito F, Okuda T. 2019. Adsorption properties of grape phenolics to grape insoluble cell wall materials. *Food Science and Technology Research* **25**: 863–869
- 井上絵梨, 久本雅嗣, 渡辺(斉藤)史恵, 奥田 徹. 2020. 赤ワイン醸造時のマスト液体および果皮中のフェノール化合物濃度の変化. *J ASEV Jpn* **31** : 21–29.
- Kobayashi A, Fukushima T, Nii N and Harada K. 1967. Studies on the thermal conditions of grapes. VI. Effects of day and night temperature on yield and quality of Delaware grapes. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* **36**: 373–379.
- Koyama K, Goto-Yamamoto N and Hashizume K. 2007. Influence of maceration temperature in red wine vinification on extraction of phenolics from berry skins and seeds of grape (*Vitis vinifera*). *Biosci Biotechnol Biochem* **71**: 958–965.
- Lukić I, Budić-Leto I, Bubola M, Damijanić K and Staver M. 2017. Pre-fermentative cold maceration, saignée, and various thermal treatments as options for modulating volatile aroma and phenol profiles of red wine. *Food Chemistry* **224**: 251–261.
- Mori K, Goto-Yamamoto N, Kitayama M and Hashizume K. 2007. Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature. *Journal of Experimental Botany* **58**: 1935–1945.
- Nakamura S, Tsuji S and Tonogai Y. 2003. Analysis of proanthocyanidins in grape seed extracts, health foods and grape seed oils. *Journal of Health Science* **49**: 45–54.
- Okuda T, Furuya S. Inoue E, Chikada Y, Ichikawa M, Saito F and Hisamoto M. 2014. Extraction of proanthocyanidins during fermentation of Muscat Bailey A and Cabernet Sauvignon wines. *J ASEV Jpn* **25**: 90–96.
- 小野景子, 市川茉莉枝, 久本雅嗣, 松土俊秀, 奥田徹. 2009. 赤ワイン醸造中のプロアントシアニジン濃度の変化. *J ASEV Jpn* **20** : 84–85.
- OIV. 2009. Chromatic characteristics. *In* Compendium of International Methods of Analysis of Wines and Musts. OIV-MA-AS2-07B.
- Ortega-Heras M, Pérez-Magariño S and González-Sanjosé M. 2012. Comparative study of the use of maceration enzymes and cold prefermentative maceration on phenolic and anthocyanic composition and colour of a Mencía red wine. *LWT - Food Science and Technology* **48**: 1–8.
- Padayachee A, Netzel G, Netzel M, Day L, Zabarás D, Mikkelsen D and Gidleya MJ. 2012. Binding of polyphenols to plant cell wall analogues–Part 1: Anthocyanins. *Food Chemistry* **134**: 155–161.
- Peyrot des Gachons C and Kennedy JA. 2003. Direct method for determining seed and skin proanthocyanidin extraction into red wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**: 5877–5881.
- Ribéreau-Gayon P, Dubourdieu D, Donèche B and Lonvaud A. 2006. Red winemaking. *In* Handbook of Enology, vol 1, 2nd ed. pp. 327–395. Wiley, England.
- Ribéreau-Gayon P, Sudraud P, Milhe JC, and Canbas A. 1970. Recherches technologiques sur composés phénoliques des vins rouges II- Les facteurs de dissolution des composés phénoliques. *Journal international des sciences de la vigne et du vin* **4**: 133–144.
- Sacchi K, Bisson L and Adams D. 2005. A review of the effect of winemaking techniques on phenolic extraction in red wines. *Am J Enol Vitic* **56**: 197–206.
- 清水秀明, 河野美乃里, 小山和哉, 岩下和裕, 後藤奈美. 2020. 赤ワインの初期低温醸しの効果. *J ASEV Jpn* **31** : 115–124.
- Somers TC and Evans ME. 1977. Spectral evaluation of young red wines: Anthocyanin equilibria, total phenolics, free and molecular SO₂, “chemical age”. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **28**: 279–287.
- Sugiura, T., M. Shiraishi, S. Konno, and A. Sato. 2018. Prediction of Skin Coloration of Grape Berries from Air Temperature. *The Horticulture Journal*. **87**: 18–25.
- 山梨県ワイン酒造組合. 2016. 赤ワインの醸造概論. *In* 山梨県ワイン製造マニュアル. pp. 45–49. 今村出版.
- van Leeuwen C, Friant P, Choné X, Tregoat O, Koundouras S and Dubourdieu D. 2004. Influence of climate, soil, and cultivar on terroir. *Am J Enol Vitic* **55**: 207–217.