

[Research Note]

ブドウ‘マスカット・ベリーA’生育期間中における各種ストレス処理が
果粒中のレスベラトロール含有量に及ぼす影響小林弘憲¹・鈴木由美子¹・上野 昇²・勝野泰朗²・味村興成²・齋藤 浩²・金野知典¹¹メルシャン株式会社商品開発研究所 〒251-0057 藤沢市城南4-9-1²メルシャン株式会社勝沼ワイナリー 〒409-1313 甲州市勝沼町下岩崎1425-1**Influence of Stress Treatments on Resveratrol Content in Muscat Bailey A Berries
during Growth Period**Hironori KOBAYASHI¹, Yumiko SUZUKI¹, Noboru UENO², Yasuaki KATSUNO², Kousei AJIMURA²,
Hiroshi SAITO², and Tomonori KONNO¹¹Mercian Corporation, Jyonan, Fujisawa, Kanagawa 251-0057, Japan²Mercian Katsunuma Winery, Shimoiwasaki, Katsunuma, Koshu, Yamanashi 409-1313, Japan

Resveratrol acts as a phytoalexin for grape, protecting the grapevine from environmental factors. However, grape is damaged on exposure to such environmental factors as fungal infection (*Botrytis cinerea*). In this study, we investigated the influence of various stress treatments on *cis*- and *trans*-resveratrol contents in berries on grapevine. UV-C irradiation and β -cyclodextrin and γ -cyclodextrin sprays increased total resveratrol content by approximately 2.6-fold, 1.6-fold, and 1.6-fold, respectively, in post-harvest Muscat Bailey A grape berries. Notable was that *trans*-resveratrol content was increased by approximately 6.5-fold and 3.0-fold by UV-C irradiation and β -cyclodextrin spray, respectively, compared to that of untreated grape. UV-C irradiation, covering grape orchard floor with aluminum metallized reflective film (reflective film), spraying β -cyclodextrin, and spraying D-(+)glucosamine during the growth period of Muscat Bailey A increased total resveratrol content by 1.4-fold, 1.5-fold, 1.3-fold, and 1.4-fold, respectively, compared to that of untreated grape. At the same time, grape berry surface was not damaged by these external treatments. Furthermore, resveratrol content increased from $6.7 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ fresh weight (FW) to $63.9 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ FW as the grape matured. These results suggest the possibility of obtaining healthy grape having high resveratrol content.

Key words: Muscat Bailey A, resveratrol, stress treatment, UV-C**緒言**

ブドウの有するポリフェノールの1種であるレスベラトロール (3,5,4-trihydroxystilbene) は、人に対する抗動脈硬化作用 (6, 15) やアルツハイマー抑制作用 (20) ならびに酵母およびマウスでの寿命延命効果 (5, 18) など、薬理作用を中心として健康機能性とその効果が期待されている。レスベラトロールは多くの植物で合

成されるファイトアレキシンであり、ブドウにおいても生物学的および非生物学的ストレス因子に対し、ブドウ自身を防御する役割を担っているとされている。事実、灰色カビ病 (*Botrytis cinerea*) などに感染したブドウ (8, 13, 16, 21, 22) や収穫後に紫外線 (Ultraviolet ; UV) を照射したブドウ (2, 9, 10, 11, 12, 17, 24) からその存在が高濃度で確認されている。また近年では、ブドウ細胞を用いたモデル試験において修飾シクロデキストリン (CD) の heptakis (2,6-di-O-methyl)- β CD は

高いエリシター活性を有し、レスベラトロールの細胞外蓄積を誘導することが明らかとされている (7)。しかしながら、レスベラトロールを多く含むブドウを定常的に収穫することを目的とした場合、*Botrytis cinerea* の感染は、圃場の環境に左右される困難な要因である (1、14、19) と同時に、ブドウの品質を著しく低下させる。また、収穫後の UV 照射処理もレスベラトロールの合成に一定の誘導期間が必要となるため (8)、その期間内に品質が劣化し、香味に影響を及ぼす。そこで本実験では、健全なブドウ果粒にレスベラトロールを高濃度で安定的に蓄積させる処理方法を明らかにすることを目的に、‘マスカット・ベリーA’果房の収穫後および生育期間中における各種ストレス処理が果粒中のレスベラトロール含有量に及ぼす影響とブドウ生育期間中におけるレスベラトロール含有量の推移を調査した結果、いくつかの知見を得たので報告する。

材料と方法

1. 供試ブドウ

2005 年および 2006 年山梨県山梨市の標高約 400m にあるブドウ生産者園の中央部分に位置する平棚仕立ての‘マスカット・ベリーA’ [‘ベリー’ (*Vitis labrusca* L. × *Vitis lincecumii* Buckley × *Vitis vinifera* L.) に ‘マスカット・ハンブルグ’ (*Vitis vinifera* L.) を交配した欧米雑種] 樹 (約 30 年生) を使用した。また、栽培管理は原則的に慣行法に従って行った。

2. ブドウ収穫後における各種ストレス処理の影響

2005 年、収穫後の‘マスカット・ベリーA’果粒中のレスベラトロール蓄積に対する各種ストレス処理の影響を調査するため、開花後 95 日経過した成熟期のブドウを各試験区に対し 2 果房ずつ計 18 果房供試した。処理区として UV-C 照射、3 種類の 10 mM CD [環状を構成するグルコースが 6 個結合した α 型 CD、7 個結合した β 型 CD および 8 個結合した γ 型 CD (それぞれ RINGDEX-A、RINGDEX-B、RINGDEX-C、共にメルシャン社製)]、10 mM キチン (Sigma 社製)、10 mM D-(+)グルコサミン塩酸塩 (和光純薬工業社製、以下グルコサミン)、70%エタノール溶液 (以下 Et-OH)、イオン交換水 (以下 DIW) 噴霧および無処理区を設けた。UV-C 照射区は、クリーンベンチ (Dalton 社製) 内において、殺菌灯 (波長 ; 253.7 nm、15 W、東芝ライテック社製) から約 30 cm 離れた位置に果房を配置し、5

分間照射した。その後 20°C で 2 日間 (48 時間) 静置した後の果粒をレスベラトロール含有量の測定に用いた。また、3 種類の CD、キチン、グルコサミン、Et-OH、DIW 区は、スプレー (ϕ 95 × 203 mm、アズワン社製) を用いて果房全体に噴霧処理した。これらストレスは、2 日おきに計 2 回与え、4 日後、レスベラトロールの定量を行った。

3. ブドウ果粒中からのレスベラトロールの抽出および定量

各処理区より得られたブドウは、1 果房につき穂梗側を上部として上、中、下部に 3 等分し、それぞれ 3 果粒ずつ計 9 粒を量り、99.5%Et-OH を測定重量の 4 倍量加え、果肉、果皮、種子すべての部位をホモジナイズした後、60°C、30 分間湯浴にて静置した (3)。その後、シリンジフィルター (Anotop 10、0.2 μ m、Whatman 社製) でろ過したろ液を高速液体クロマトグラフィー (HPLC) 分析に供した。以上の操作を 1 つの処理区につき 2 果房を用いて 3 回行った。HPLC 分析は、LC-10Avp HPLC システム (島津製作所製) を用い、分析条件は、カラム ; CAPCELLPAC C₁₈ UG 120 Å (4.6 mm i.d. × 250 mm、5 μ m、資生堂製)、溶離液 ; A 液 [0.4% (v/v) リン酸] および B 液 [80% (v/v) アセトニトリル + 20% A 液] による直線グラジエント (0 分 ; A 液 90% + B 液 10%、0 ~ 10 分 ; A 液 80% + B 液 20%、10 ~ 45 分 ; A 液 70% + B 液 30%、45 ~ 65 分 ; A 液 10% + B 液 90%、65 ~ 65.1 分 ; B 液 100%、65.1 ~ 70 分 ; B 液 100%、70 ~ 75 分 ; A 液 90% + B 液 10%、90 分)、流速 ; 1.0 mL / 分、カラム温度 ; 40°C、検出 ; UV 303 nm、試料注入量 ; 10 μ L とした。レスベラトロールの定量は、あらかじめトランス (*trans*) -レスベラトロールの標準品 (シグマ社製) を用いて検量線を作成し、果粒中に存在する遊離型のシス (*cis*)、および *trans*-レスベラトロール (以下、*cis* および *trans*-レスベラトロール) 並びに配糖体型の *cis* および *trans*-レスベラトロール (パイシード、以下、配糖体型 *cis* および *trans*-レスベラトロール) の計 4 種類について行った (23)。

4. ブドウ生育期間におけるレスベラトロール蓄積量の挙動

2006 年、‘マスカット・ベリーA’ 生育期間における果粒中のレスベラトロール蓄積量の挙動を調査するため、樹上の 3 果房を用いてブドウ開花 58 日後 (8 月 10 日) ~ 111 日後 (10 月 2 日) まで 7 ~ 14 日ごとに同一

の果房から 3. の方法に準じて果粒を採取し、レスベラトロール含有量を測定した。

5. ブドウ生育期間における各種ストレス処理の設定

2006 年、前述と同一の‘マスカット・ベリーA’樹に着生した樹上の果房を用い、開花後 60 日経過（8 月の中旬）したベレーズン期から各種ストレス処理の影響を調査した。処理区として UV-C 照射、アルミ蒸着反射フィルム敷設（以下フィルム敷設）、 β -CD、グルコサミン噴霧および無処理区を設けた。UV-C の照射は、ハンディータイプの UV ランプ装置（Fig. 1）に 2. で用いた同一の殺菌灯を取り付け、果房から約 30 cm 離れた場所で開花後 60 日後、70 日後の計 2 回、8 果房それぞれに 3 分間ずつ照射した。UV-C 照射区から 10 m 以上離れた同一樹の結果枝が配置された位置において、開花 50 日後から棚下部の地表面にフィルム敷設（幅 1.5 m、長さ 10 m、丸和バイオケミカル株式会社製）した（Fig. 2）。また、棚上部の照度が無処理区と比較して 10 倍量以上になるよう除葉作業を施した。 β -CD およびグルコサミン噴霧区は、UV-C 照射区およびフィルム敷設区からそれぞれ 10 m 以上離れた同一樹に着生したそれぞれ 8 果房ずつを対象に、10 mM の β -CD およびグルコサミンを 2. で用いた同一のスプレーを用い、開花 60 日後から約 4~7 日に 1 度の頻度で開花 106 日後（9 月 27 日）まで繰り返し噴霧処理した。無処理およびフィルム敷設区では、開花 50 日後から 106 日後まで約 3 日間隔で午前 10 時頃に棚下の果房周辺の照度および紫外線強度をそれぞれデジタル照度計（CUSTOM 社製）、デジタル紫外線強度計（測定波長 290~390 nm、CUSTOM 社製）を用い、センサー部を真上に向けた状態で測定した。また、その他すべての処理区では、棚下の果房周辺の照度が無処理区と同程度の値になるように棚上部の除葉を行い調整した。すべての処理区は、開花 80 日後（9 月 1 日、成熟期前期）、97 日後（9 月 18 日、成熟期中期）および 106 日後（9 月 27 日、成熟期後期）にそれぞれ 2 果房ずつ採取した後 3. に準じて果粒中のレスベラトロール含有量を測定した。また、果汁糖度は果房の上、中、下部それぞれ 1 果粒から手持屈折計（ATAGO 社製）を用いて測定し、その平均値を算出した。なお、採取時における UV-C の照射回数はいずれも 2 回、誘導期間 10 日間、27 日間および 36 日間であり、RINGDEX-B およびグルコサミンの噴霧回数は 4 回、6 回および 8 回であっ

た。



Fig. 1 Simplified device for UV-C irradiation of grape cluster on vine.



Fig. 2 Covering grape orchard floor with aluminum metallized reflective film (reflective film).

結果と考察

1. ブドウ収穫後における各種ストレス処理の影響

収穫後の‘マスカット・ベリーA’果粒における各 J. ASEV Jpn., Vol. 19, No. 1 (2008) ミした。4 種類の懸・鈴木由美子・レスベラトロールを合計した総レスベラトロール含有量

Table 1 Effect of post-harvest stress treatments on resveratrol content in

Treatment	<i>trans</i> -Resveratrol <i>cis</i> -Resveratrol glucoside glucoside				Total resveratrol
	<i>trans</i> -Resveratrol	<i>cis</i> -Resveratrol	glucoside	glucoside	
Control	2.18 ± 0.2 ^z	N. D. ^y	3.09 ± 0.3	4.09 ± 0.2	9.36 ± 0.3
UV-C	14.50 ± 1.1	N. D.	4.91 ± 0.3	4.86 ± 0.9	24.30 ± 1.3
10 mM α -CD ^x	4.18 ± 0.1	N. D.	2.27 ± 0.2	4.33 ± 0.1	10.78 ± 0.3
10 mM β -CD	6.81 ± 0.5	N. D.	4.02 ± 0.3	4.31 ± 0.2	15.14 ± 0.2
10 mM γ -CD	4.91 ± 1.2	N. D.	4.91 ± 0.3	5.34 ± 1.2	15.16 ± 2.1
10 mM Chitin	2.72 ± 0.3	N. D.	1.63 ± 0.2	4.83 ± 0.4	9.18 ± 0.1
10 mM Glucosamine ^w	5.29 ± 0.6	N. D.	1.91 ± 0.2	3.06 ± 0.3	10.26 ± 1.2
70% Et-OH	1.97 ± 0.4	N. D.	2.82 ± 0.4	2.52 ± 0.4	7.31 ± 1.3
Deionized water	2.69 ± 0.6	N. D.	2.42 ± 0.1	2.72 ± 0.3	7.83 ± 0.8

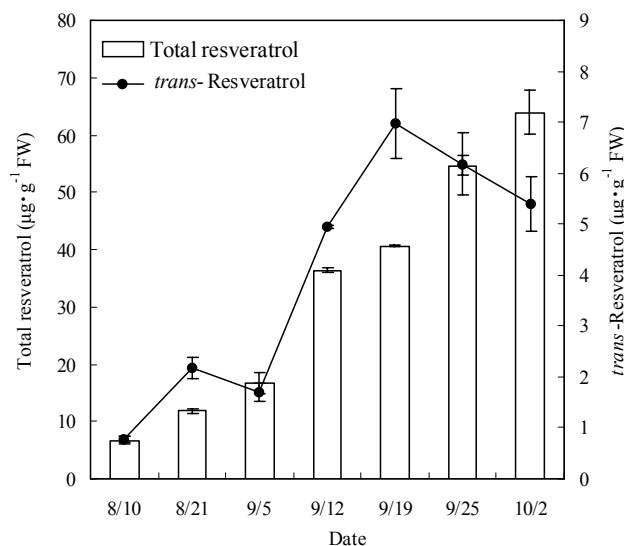
^zMean ± SD. (n=3). ^yNot detected. ^xCyclodextrin. ^wD-(+)-Glucosamine.

は、UV-C 照射、3 種類の CD およびグルコサミン噴霧区で無処理区と比較して有意に増加し、特に UV-C 照射区、 β -CD および γ -CD 噴霧区は、無処理区のそれぞれ約 2.6 倍、1.6 倍、1.6 倍になった。また、これら処理区において個々のレスベラトロール含有量をみると、*trans*-レスベラトロールの増加量が多く、UV-C 照射および β -CD 噴霧区で無処理区の約 6.5 倍、3.0 倍になった。このことは、UV-C 照射が、収穫後の果粒において *trans*-レスベラトロールの増加に効果的に作用することを既報 (2、9、10、11、12、17、24) 同様に示したものであり、また UV-C 照射には劣るものの CD 噴霧も種類によっては収穫後の果粒の *trans*-レスベラトロール量増加に効果的であることを示し、ブドウ細胞レベルで示されたような CD 類のレスベラトロール蓄積促進効果 (7) が、生体である果粒でも認められた。しかしながら、UV-C 照射で 2 日、CD 類の噴霧で 4 日間の誘導期間を要するため、果粒そのものは脱水作用による果粒のしぼみや脱粒を起こすことが確認された。また、4 種類のレスベラトロールのうち、*cis*-レスベラトロールはいずれの試験区でも検出されなかった。

2. ブドウ生育期間におけるレスベラトロール蓄積量の挙動

2006 年における ‘マスカット・ベリー A’ 樹上果房における果粒中の *trans*-および総レスベラトロール含有量の経時変化を Fig. 3 に示した。総レスベラトロール含有量は、調査を開始した 8 月 10 日には $6.7 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$

(FW)であったが、成熟が進むにつれ増加し 10 月 20 日には $63.9 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ FW となった。*trans*-レスベラトロール含有量は、8 月 10 日、8 月 21 日、9 月 12 日、9 月 19 日は前回測定量より増加していたが、9 月 5 日、9 月 25 日、10 月 2 日は前回測定量より減少していた。これらのことから、生育期間中の樹上果粒は収穫に至るまでの間、外界から太陽光をはじめとする種々のストレス因子の影響を常に受け、また気象状況などによりそれらストレス因子の強度も変動することが考えられ、それらに応答してレスベラトロールを合成しているものと推察された。



J. ASEV Jpn., Vol. 19, No. 1 (2008) Muscat Bailey A berries on grapevine during ripening period in 2006.

3. ブドウ生育期間中における各種ストレス処理の影響

響

2006年の‘マスカット・ベリーA’生育期間中の果房周辺における照度および紫外線強度について、無処理およびフィルム敷設区で測定した結果を Fig. 4 に示した。照度および紫外線強度とも無処理では生育期間中の変動は小さかったが、フィルム敷設区では8月10日、16日および31日のように晴天日には無処理区の10倍以上の値を示したものの、8月28日および9月8日のように曇天日には、無処理区との差異がほとんどみられなかった。このことから、アルミ蒸着反射フィルム敷設によるUV-A、UV-Bを含む太陽光の反射光利用の影響は天候に左右されやすいことが示唆された。

‘マスカット・ベリーA’生育期間中における各種ストレス処理が果粒中のレスベラトロール含有量ならびに果汁糖度に及ぼす影響をTable 2 に示した。無処理区の総レスベラトロール含有量は、9月1日に約12 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ FWであり、ブドウの成熟が進むにつれ増加し、9月27日には4.5倍の約52 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ FWとなった。9月1日において、UV-C照射、フィルム敷設およびグルコサミン噴霧区では無処理区より有意に増加し、それぞ

Fig. 4 Illuminance and UV irradiance (290-390 nm) of grape clusters on vine grown on orchard floor not covered (control) and covered with reflective film during growth period in 2006.

Illuminance: ○ (control), ● (reflective film). UV irradiance: △ (control), ▲ (reflective film).

れ無処理区の1.3倍、1.2倍、1.3倍になった。また、9月18日および27日では、すべてのストレス処理区に

Table 2 Effect of stress treatments on resveratrol content and total soluble solids (TSS) in Muscat Bailey A berries on grapevine in 2006.

Sampling date	Treatment	<i>trans</i> -	<i>cis</i> -	<i>trans</i> -	<i>cis</i> -	Total resveratrol	TSS (°Brix)
		Resveratrol	Resveratrol	Resveratrol glucoside	Resveratrol glucoside		
Sep. 1	Control	1.3 ± 0.5 ^z	N. D. ^y	10.5 ± 0.3	N. D.	11.8 ± 0.2	14.7 ± 0.3
	UV-C	2.7 ± 0.3	N. D.	12.4 ± 0.5	N. D.	15.1 ± 0.2	13.9 ± 0.2
	Reflected film	1.3 ± 0.2	N. D.	12.5 ± 1.1	N. D.	13.8 ± 0.8	14.9 ± 0.3
	10 mM β-CD ^x	1.5 ± 0.2	N. D.	11.0 ± 2.4	N. D.	12.5 ± 1.5	13.7 ± 0.5
	10 mM Glucosamine ^w	1.8 ± 0.2	N. D.	13.7 ± 3.1	N. D.	15.5 ± 2.2	14.7 ± 0.3
Sep. 18	Control	5.3 ± 1.3	N. D.	27.6 ± 4.5	2.0 ± 0.2	34.9 ± 2.2	16.8 ± 0.4
	UV-C	6.2 ± 1.8	N. D.	33.7 ± 0.5	15.0 ± 1.3	54.9 ± 1.0	16.6 ± 0.4
	Reflected film	6.0 ± 1.8	N. D.	27.6 ± 2.3	7.5 ± 0.2	41.0 ± 0.3	17.5 ± 0.2
	10 mM β-CD	8.4 ± 0.2	N. D.	26.3 ± 3.5	6.2 ± 0.2	40.9 ± 2.3	16.1 ± 0.4
	10 mM Glucosamine	6.2 ± 0.5	N. D.	30.1 ± 0.6	11.0 ± 1.8	47.3 ± 0.2	17.0 ± 0.5
Sep. 27	Control	2.9 ± 0.5	N. D.	40.6 ± 1.8	7.9 ± 2.7	51.4 ± 0.7	18.0 ± 0.4
	UV-C	5.2 ± 0.2	N. D.	51.3 ± 1.5	17.0 ± 2.2	73.5 ± 1.2	17.7 ± 0.4
	Reflected film	8.9 ± 0.2	N. D.	51.4 ± 4.2	18.0 ± 1.0	78.3 ± 2.2	19.1 ± 0.5
	10 mM β-CD	5.3 ± 0.7	N. D.	42.4 ± 0.2	19.8 ± 3.0	67.5 ± 1.5	17.5 ± 0.1
	10 mM Glucosamine	11.9 ± 3.5	N. D.	42.9 ± 0.2	16.3 ± 3.2	71.1 ± 1.8	17.2 ± 0.4

^z Mean ± SD. (n=3). ^y Not detected. ^x Cyclodextrin. ^w D-(+)-Glucosamine.

において無処理区より有意に増加し、UV-C照射、フィ

フィルム敷設、 β -CD およびグルコサミン噴霧区でそれぞれ無処理区に対して 18 日には約 1.6 倍、1.2 倍、1.2 倍、1.4 倍の値を示し、27 日には約 1.4 倍、1.5 倍、1.3 倍、1.4 倍の値を示した。個々のレスベラトロールをみると、処理区のいずれにおいて *cis*-レスベラトロールは検出されず、配糖体型 *cis*-レスベラトロールも 9 月 1 日には検出されなかったが、9 月 18 日では UV-C 照射、フィルム敷設、 β -CD およびグルコサミン噴霧区でそれぞれ無処理区の約 7.5 倍、3.8 倍、3.1 倍、5.5 倍となり、27 日には約 2.2 倍、2.3 倍、2.5 倍、2.1 倍の値を示した。また、*trans*-レスベラトロールは、9 月 27 日に UV-C 照射、フィルム敷設、 β -CD およびグルコサミン噴霧区でそれぞれ無処理区の約 1.8 倍、3.1 倍、1.8 倍、4.1 倍となり、いずれも無処理区に比べて有意に増加した。さらに、成熟後期である 9 月 27 日では、いずれの処理区でも配糖体型 *trans*-レスベラトロール、配糖体型 *cis*-レスベラトロール、*trans*-レスベラトロールの順に多く含有されていた。これらのことから、本実験で設定した‘マスカット・ベリーA’樹上果房に対するすべてのストレス処理は、成熟中期～後期における果粒中の総レスベラトロール蓄積促進に効果的に作用し、個々のレスベラトロールの比較から特に成熟後期における配糖体型 *cis*-および *trans*-レスベラトロールの蓄積が顕著に促進されることが明らかとなった。このことは、UV-C 照射や CD 類散布によるストレス処理が収穫後の果粒のみならず成熟中の果粒においても総レスベラトロール蓄積促進に効果的であることを示していると思われた。

他方、果汁糖度をみると無処理区では 9 月 1 日に約 15 °Brix であったが、成熟が進むにつれて上昇し、27 日には 18 °Brix に達した。各ストレス処理をみるとフィルム敷設区が無処理区に比べ 9 月 18 日および 27 日に約 1 °Brix 有意に高かったが、その他のストレス処理区ではいずれの時期でも無処理区との差異は確認されなかった。また、すべてのストレス処理区および無処理区では、いずれの調査日においても外観的な差異はみられず、傷害も確認されなかった。これらのことから、本実験で設定したストレス処理は、いずれも果粒の品質を劣化させることはないと推測され、アルミ蒸着反射フィルム敷設処理は、成熟促進効果を有する可能性が示唆された。

要 約

健全な状態のブドウ果粒にレスベラトロールを高濃度で蓄積させる方法を明らかにするため、棚仕立てで栽培されている‘マスカット・ベリーA’の収穫後の果房および生育期間中における樹上果房に対する各種ストレス処理が果粒中の遊離型および配糖体型の *cis*-、*trans*-レスベラトロール含有量に及ぼす影響を調査した。その結果、収穫後の果粒に対する UV-C 照射、10 mM β -CD および γ -CD 噴霧のストレス処理は、無処理区と比較してそれぞれ約 2.6 倍、1.6 倍、1.6 倍の総レスベラトロール蓄積促進効果を示した。特に *trans*-レスベラトロールの増加量が多く、UV-C 照射および β -CD 噴霧処理で無処理区の約 6.5 倍、3.0 倍になった。また、ブドウ生育期間中の樹上果粒に対するストレス処理による 9 月下旬の収穫時期の総レスベラトロールおよび *trans*-レスベラトロール含有量は、それぞれ無処理区と比べてベレーゾン期における 2 回の UV-C 照射処理で約 1.4 倍および約 1.8 倍に、ベレーゾン期前からの棚下地表面におけるアルミ蒸着反射フィルムの敷設処理で約 1.5 倍および約 3.1 倍に、ベレーゾン期からの 8 回繰り返し 10 mM β -CD 噴霧処理で約 1.3 倍および約 1.8 倍に、D-(+)グルコサミン噴霧処理で約 1.4 倍および約 4.1 倍と有意に増加した。これらストレス処理果粒に外的傷害や成熟抑制はみられなかった。さらに、ブドウ生育期間における果粒中の総レスベラトロール蓄積量の挙動を調査した結果、8 月 10 日には $6.7 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ FW であったが、10 月 20 日には $63.9 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ FW となり、成熟が進むにつれ果粒中に含まれる総レスベラトロール含有量も増加することが示唆された。以上のことから、収穫後の果房に対する UV-C 照射、一部の CD 類噴霧処理は、果粒中の総および *trans*-レスベラトロール蓄積を促進するとともに、生育期間中の樹上果房に対する UV-C 照射、CD 類およびグルコサミンの噴霧、アルミ蒸着反射フィルムの敷設処理は、健全な状態のブドウ果粒中の総および *trans*-レスベラトロール蓄積を促進することが明らかとなった。

文 献

1. 赤井美裕・柚木恵太・内藤彰彦・川口政憲・大西正男. 赤ワイン中のリスベラトロール含量に及ぼす J. ASEV Jpn., Vol. 19, No. 1 (2008) 日本食品科学工学会誌 49 (4) : 220-227 (2002).
2. Alexandra, B., Laurence, M., Jerome, F., Fabienne, B.,

- Emile, B., and M. C. Mauro. Response of grapevine defenses to UV-C exposure. *Am. J. Enol. Vitic.* 55 : 51-59 (2004).
3. Ana, I., Romero-P, Rosa, M., Lamuela-R., Cristina A-L., and M.C. de la Torre-Boronat. Method for quantitative extraction of resveratrol and piceid isomers in grape berry skins. Effect of powdery mildew on the stilbene content. *J. Agric. Food Chem.* 49 : 210-215 (2001).
 4. Bais, A. J., P. J. Murphy and I. B. Dry. The molecular regulation of stilbene phytoalexin biosynthesis in *Vitis vinifera* during grape berry development. *Aust. J. Plant Physiol.*, 27 : 425-433 (2000).
 5. Baur, J. A., K. J. Pearson, N. L. Price, H. A. Jamieson, C. Lerin, A. Kalra, V. V. Prabhu, J. S. Allard, G. L. Lopez, K. Lewis, P. J. Pistell, S. Poosala, K. G. Becker, O. Boss, D. Gwinn, M. Wang, S. Ramaswamy, K. W. Fishbein, R. G. Spencer, E. G. Lakatta, D. Le Couteur, R. J. Shaw, P. Navas, P. Puigserver, D. K. Ingram, R. de Cabo, and D. A. Sinclair. Resveratrol improves health and survival of mice on a high-calorie diet. *Nature* 444 : 280-281 (2006).
 6. Bertelli, A. A., L. Giovannini, D. Giannessi, M. Migliori, W. Bernini, M. Fregoni, and A. Bertelli. Antiplatelet activity of synthetic and natural resveratrol in red wine. *Int. J. Tissue. React.* 17 : 1-3 (1995).
 7. Bru, R., S. Selles, J. C. Vela, S. B. Navarro, and M.A. Pedreno. Modified cyclodextrins are chemically defined glucan inducers of defense responses in grapevine cell culture. *J. Agric. Food Chem.* 54 : 65-71 (2006).
 8. Bruno, B., P. Jeandet, A. Parize, R. Bessis, and M. Adrian. Resveratrol and stilbene synthase mRNA production in grapevine leaves treated with biotic and abiotic phytoalexin elicitors. *Am. J. Enol. Vitic.* 55 : 60-64 (2004).
 9. Cantos, E., C. Garcia-Viguera, S. de Pascual-Teresa, and F. A. Tomas-Barberan. Effect of postharvest ultraviolet irradiation on resveratrol and other phenolics of cv. Napoleon table grapes. *J. Agric. Food Chem.* 48 : 4606-4612 (2000).
 10. Cantos, E., J. C. Espin, and F. A. Tomas-Barberan. Postharvest induction modeling method using UV irradiation pulses for obtaining resveratrol-enriched table grapes : a new “ functional” fruits ? *J. Agric. Food Chem.* 49 : 5052-5058 (2001).
 11. Cantos, E., J. C. Espin, and F. A. Tomas-Barberan. Postharvest stilbene-enrichment of red and white table grape varieties using UV-C irradiation pulses. *J. Agric. Food Chem.* 50 : 6322-6329 (2002).
 12. Cantos, E., J. C. Espin, M. J. Fernandez, J. Oliva, and F. A. Tomas-Barberan. Postharvest UV-C-irradiated grapes as a potential source for producing stilbene-enriched red wines. *J. Agric. Food Chem.* 51 : 1208-1214 (2003).
 13. Coutos-Thevenot, P., Poinssot, B., Bonomelli, A., Yean, H., Breda, C., Buffard, D., Esnault, R., Hain, R., and M. Boulay. *In vitro* tolerance to *Botrytis cinerea* of grapevine 41B rootstock in transgenic plants expressing the stilbene synthase *Vst1* gene under the control of a pathogen-inducible PR10 promoter. *J. Exp. Botany* 52 : 901-910 (2001).
 14. David, M. G, J. Yan, E. NG, E. P. Diamandis, A. Karumanchiri, G. Soleas, and A. L. Waterhouse. A global survey of *trans*-resveratrol concentrations in commercial wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 46 : 159-165 (1995).
 15. Frankel, E. N., J. Kanner, J. B. German, E. Parks, and J. E. Kinsella. Inhibition of oxidation of human low-density lipoprotein by phenolic substances in red wine. *Lancet.* 341 : 454-456 (1993).
 16. Gonzalez, U. A., J. M. Orea, C. Montero, J. B. Jimenez, J. L. Gonzalez, A. Sanchez, and M. Dorado. Improving postharvest resistance in fruits by external application of *trans*-resveratrol. *J. Agric. Food Chem.* 51 : 82-89 (2003).
 17. Gonzalez, B. R., D. Beltran, E. Cantos, M. I. Gil, J. C. Espin, and F. A. Tomas-Barberan. Comparison of ozone and UV-C treatments on the postharvest stilbenoid monomer, dimer, and trimer induction in var. ‘Superior’ white table grapes. *J. Agric. Food Chem.* 54 : 4222-4228 (2006).
 18. Howitz, K. T., K. J. Bitterman, H.Y. Cohen, D. W. Lamming, S. Lavu, J. G. Wood, R. E. Zipkin, P. Chung, A. Kisielewski, L. L. Zhang, B. Scherer, and D. A.

- Sinclair. Small molecule activators of sirtuins extend *Saccharomyces cerevisiae* lifespan. *Nature* 425 : 191-196 (2003).
19. Jeandet, P., R. Bessis, M. Sbaghi, P. Meunier, and P. Trollat. Resveratrol content of wines of different ages : relationship with fungal disease pressure in the vineyard. *Am. J. Enol. Vitic.* 46 : 1-4 (1995).
 20. Marambaud, P., H. Zhao, and P. Davies. Resveratrol promotes clearance of Alzheimer's disease amyloid- β peptides. *J. Biol. Chem.* 280 : 37377-37382 (2005).
 21. Marcello, I., M. Rossoni, M. Borgo, and F. Faoro. Benzothiazole enhances resveratrol and anthocyanin biosynthesis in grapevine, meanwhile improving resistance to *Botrytis cinerea*. *J. Agric. Food Chem.* 52 : 4406-4413 (2004).
 22. Roldan, A., V. Palacios, I. Caro, and L. Perez. Resveratrol content of Palomino fino grapes : influence of vintage and fungal infection. *J. Agric. Food Chem.* 51 : 1464-1468 (2003).
 23. Sato, M., Y. Suzuki, T. Okuda, and K. Yokotsuka. Contents of resveratrol, piceid, and their isomers in commercially available wines made from grapes cultivated in Japan. *Biosci. Biotech. Biochem.* 61 (1) : 1800-1805 (1997).
 24. Threlfall, R. T., J. R. Morris, and A. Mauromoustakos. Effect of variety, ultraviolet light exposure, and enological methods on the *trans*-resveratrol level of wine. *Am. J. Enol. Vitic.* 50 : 57-64 (1999).