

과대봉지의 칼슘 코팅농도가 '거봉'포도의 과피구조와 열과에 미치는 영향

최효민[†] · 손인창[†] · 김대일^{*}

충북대학교 원예과학과

Effects of Calcium Concentrations of Coating Bag on Pericarp Structure and Berry Cracking in 'Kyoho' Grape (*Vitis* sp.)

Hyo-Min Choi[†], In-Chang Son[†], and Daeil Kim^{*}

Department of Horticultural Science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

Abstract. The effects of calcium concentrations of coating bag treatment to reduce berry cracking were investigated through the changes of pericarp structure and berry cracking rate in 'Kyoho' grape. The soluble solids and anthocyanin contents in harvested grapes were highest at 18.1 °Brix and 2.56 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ in non bagging group compared with those of calcium coating bag treatments. The firmness of pericarp was lowest in non bagging group (1.18 $\text{kg}\cdot 5\text{ mm}^{-1}\text{Ø}$) compared with bagging treatments (1.23, 1.24, 1.27, 1.35 $\text{kg}\cdot 5\text{ mm}^{-1}\text{Ø}$) which increased effectively in proportion to calcium concentration. As a result of histological observation of the fruit skin, the bagging with higher calcium concentration developed thicker epidermal and sub-epidermal layer of cell wall than that of non bagging. Moreover, the strengthened berry skin of calcium treatments effectively decreased berry cracking rate under critical turgor pressure. However, the 9% calcium coating bag treatment which was the most effective for cracking reduction seriously decreased marketability of harvested grape with white color staining on berry skin caused by eluted calcium from the coated paper bag. Based on our results, we recommend that 6% calcium coating bag be available for berry cracking reduction and higher quality production.

Additional key words: cell wall, epidermis, hardness, splitting, veraison

서 언

열과는 포도의 과피가 열개되는 현상으로 변색기부터 수확기까지 발생하기 때문에 포도 재배 농가에 피해를 주는 대표적인 생리장해이다(Fogle과 Faust, 1976; Yu와 Kim, 1989). 열과의 주원인은 토양 및 수체 내 수분의 과립 내 유입에 따른 팽압 증가로 알려져 있는데(Considine과 Kriedemann, 1972; Lang과 During, 1990; Yamamoto 등, 1990), 변색기 이후 과피에 존재하는 기공 및 주두흔의 미세균열과 표피, 아표피층의 두께 및 과피 세포의 세포벽 두께 감소 등 과피의 구조적 약화 역시 열과 발생의 주요한 원인으로 보고되고 있다(Hiratsuka 등, 1989; Son 등, 2007; Yamamura 등, 1986; Yu와 Kim, 1989). 최근에는 시설재배를 통해 하우스 등의 환경적인 요인을 조절함으로써 열과 피해를 어느 정도

줄이는 것이 가능해졌으나, 완벽한 열과 방지 대책은 제시되지 못하고 있는 실정이다. 따라서 열과의 방지를 위해서는 환경적 요인의 제어뿐만 아니라 과피를 구조적으로 강화시키는 노력이 필요하다고 생각된다.

과피를 강화시키기 위해서 칼슘제재를 이용하기도 하는데 실제로 사과와 같은 몇몇 과종에서는 칼슘제재의 침지나 염면살포를 통해 과피 및 과육의 세포벽 두께를 증가시키는 등 과실을 구조적으로 강화시켜 경도 및 저장력 증가를 꾀하는 연구가 활발히 진행되어 왔으며(Biggs, 1999; Brown, 1995; Chang, 1992; Park, 1994), 포도와 양앵두의 경우 과실 비대기에 칼슘을 처리하는 것이 과피 강화와 열과 경감에 효과적이었다고 보고되었다(Meheriuk 등 1991; Son, 2008). 포도의 경우 칼슘제재의 염면살포에 의해 과피조직의 세포벽이 두꺼워지는 등 구조적 강도가 증가하여 열과가

*Corresponding author: dkpomo@chungbuk.ac.kr

[†] These authors contributed equally to this work.

※ Received 12 February 2010; Accepted 3 May 2010. 이 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ006904)의 지원에 의해 이루어진 것임.

경감되었으나 과피에 칼슘제재의 흔적이 남는 등 상품성을 저하시키기 때문에 이를 해결할 수 있는 방안이 필요하다 (Son, 2008).

따라서 본 연구는 선행연구(Son과 Lee, 2008)에서 열과 경감에 효과적이었던 황색봉지를 이용해 수산화칼슘을 농도별로 코팅하여 쾌대함으로써 엽면살포를 통한 과피의 오염을 최소화하는 한편, 칼슘에 의한 과피의 구조적 강화 및 열과 경감에 미치는 영향을 구명함으로써 ‘거봉’ 포도의 효과적인 열과 경감 방안을 마련하고자 수행하였다.

재료 및 방법

충남 천안시 입장면의 비가림 시설 내 덕식 포도원의 5년 생 ‘거봉’ 품종을 공시하여 실험을 수행하였다. 수세가 비슷한 나무 8주를 선정하여 만개기와 만개 10일 후에 각각 GA₃ 25ppm을 처리한 후 한 주당 나무의 세력을 감안하여 28-30 과방으로 적방하였으며, 과립수는 한 과방당 50립(±2-3립)이 되도록 적립을 하였다. 시비와 같은 수체관리는 무핵 거봉 포도원의 표준관리법에 준하였다(RDA, 1997).

본 연구에서 사용한 쾌대용 봉지는 Son과 Lee(2008)의 연구에서 열과 경감에 효과적이었던 황색봉지(광투광도 약 22%)를 선정하였다. 봉지의 칼슘코팅 처리는 증류수와 에

탄올 1:1 혼합용액에 수산화칼슘을 0, 3, 6, 9%로 용해시켜 봉지 안쪽에 도포한 후 폴리에틸렌 재질의 봉지 속에서 5일간 밀봉, 보관하여 수산화칼슘을 봉지에 충분히 흡수시켰다. 봉지를 씌우지 않은 무대구와 수산화칼슘 0, 3, 6, 9%로 칼슘코팅한 황색봉지를 쾌대한 처리구 당 5과방씩 7반복으로 변색기 10일 전인 7월 10일부터 수확기까지 56일간 쾌대하였다. 봉지 내 광도와 온습도 변화 등의 미기상 조사는 변색기 중 청명한 날 정오에 LI-1600(Li-COR, Lincoln, Nebraska, USA)을 이용해 봉지 내외의 광도를 측정하였으며, 자동온습도기록계(TR-72, Ondotori, Japan)를 이용해 측정하였다 (Table 1, Fig. 1).

과실 품질 및 특성조사

변색기 이후부터 수확기까지 각 처리구의 열과율을 조사하였으며, 2009년 9월 3일에 일시 수확하여 과실 특성을 조사하였다. 과피의 경도는 처리구 당 50과립씩 임의로 채취하여 지름이 5mm인 probe가 부착된 과실경도계(FHM-5, Fujihara, Japan)로 과립 측면부의 경도를 조사하였으며, 가용성당함량은 과립을 파쇄·착즙한 후 과즙을 이용해 당도계(Refractometer, Atago, Japan)로 측정하였다. 산도는 과육을 착즙하여 여과한 후 5mL를 채취해 증류수 20mL를 가한 후 0.1 N NaOH로 적정해 변색점을 종말점으로 측정하였다. 안토시아닌 함량은 cork borer(1.1cmØ)를 이용하여 과피만을 채취하고 과피 disc 10개에 안토시아닌 추출액 20mL를 가한 다음, 4°C의 냉암소에서 24시간 동안 추출하여 spectrophotometer(UVIKON 903, Kontron Instruments Co., Zurich, Switzerland)를 이용하여 측정하였다. 위 결과의 계산식은 Fuleki와 Francis(1968)의 방법을 이용하여 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ 으로 나타냈으며, 산도 및 과피의 착색 정도 조사는 모두 3반복하였다.

과립의 한계팽압을 이용한 열과율 조사는 수확 후 Considine과 Kriedemann(1972)이 제안한 회귀곡선을 응용하여 ‘거

Table 1. Influence of bagging treatments on light intensity and transmittance around clusters at veraison in ‘Kyoho’ grapes.

Treatment ^z (%)	Light intensity ($\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$)	Light transmittance (%)
Non-bagging	429.5	100.0
0	94.5	22.0
3	94.3	21.9
6	94.2	21.9
9	94.6	22.0

^z0, 3, 6 and 9% of calcium hydroxide coated on inside of paper bag.

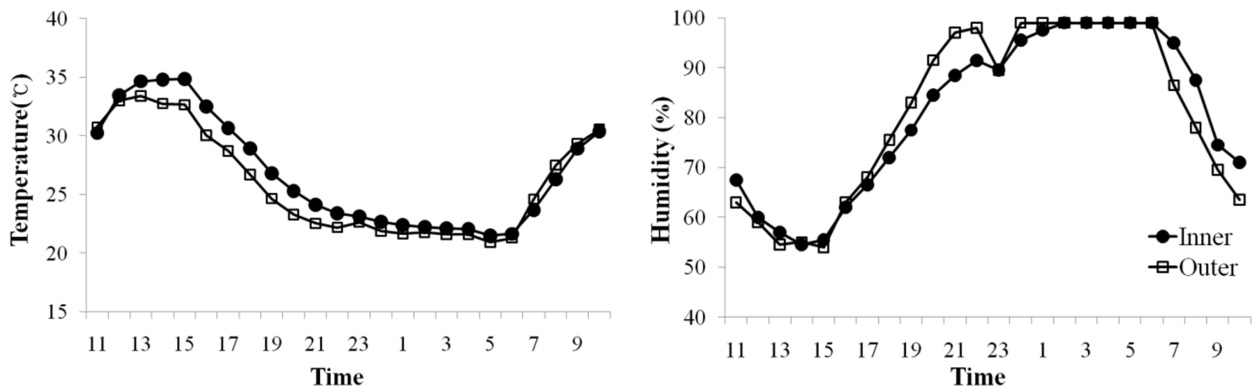


Fig. 1. Diurnal fluctuations of temperature and humidity of inner and outer of yellow bag at veraison in ‘Kyoho’ grapes.

봉' 과립에 한계팽압이 가해지는 9.5%의 자당 용액에 처리 구 당 20과립씩 5반복으로 침지하여 20°C 항온실에서 5일간 열과율을 조사하였다.

과피 단면 구조 관찰

과피의 단면 관찰은 3×5mm 크기로 과피를 채취하여 2.5% glutaraldehyde(0.05 M Phosphate buffer, pH6.8)와 1.6% paraformaldehyd를 혼합한 고정액을 이용하여 4°C에서 48시간 고정 후 에탄올 시리즈로 탈수하였다. 탈수된 조직은 Technoviz 7100(Haraeus Kluzer, Germany)으로 조직 내부에 침투시켜 embedding하였으며 microtome(RM-2165, Leica, Nussloch, Germany)을 이용하여 0.4µm 두께로 절단하여 슬라이드글라스에 증착시켰다(Son, 2008). 이후 염색은 절편조직을 Toluidine-Blue O(TBO)용액에 30초간 침지 후 흐르는 물에 세척하였으며, 염색 후 광학현미경(Motic BA-300, Germany)으로 관찰하고, 캡처프로그램(Motic Images Plus 2.0)을 이용해서 과피의 표피 및 아표피층의 세포벽 두께를 측정하였다.

결과 및 고찰

농도가 다른 수산화칼슘을 코팅한 패대처리가 포도 거봉의 과실 특성에 미치는 영향을 조사한 결과(Table 2), 과방충은 처리구 간 유의성이 없었으며, 포도원에서의 열과 발

생율은 무대구에서 13.7%로 가장 높은 열과가 발생한 반면, 패대처리구에서는 1.3-0.8%의 낮은 열과 발생율을 보였다. 이 같은 결과는 황색 봉지를 패대처리하였을 때 과피의 코르크화와 미세균열이 감소되고, 세포벽 두께가 증가하는 등 과피가 구조적으로 강화되기 때문에 열과가 경감된다는 Son과 Lee(2008)의 보고와 일치하였다.

농도별 칼슘코팅 패대처리가 수확 과실의 품질에 미치는 영향을 조사한 결과는 다음과 같다(Table 3). 가용성당함량은 무대구에서 18.1°Brix로 가장 높았으나, 패대구에서는 가용성당함량이 전반적으로 감소하여 상대적인 저광도 하에서 당 함량이 감소한 것으로 생각되었다(Hong과 Lee, 1997; Ochiai, 1980; Shimanaka, 1960). 안토시아닌 함량 역시 무대구가 패대구에 비해 높은 수치를 보였는데 이는 봉지 내 환경이 무대구에 비해 낮은 광도 및 고온상태였기 때문에 (Fig. 1, Table 1) 안토시아닌의 발현이 낮았기 때문이라고 생각된다(Buttrose, 1966; Kim 등, 1998; Park과 Kim, 1982). 칼슘 농도에 따른 패대처리간의 안토시아닌 함량은 일정한 경향이 확인되지 않았다. 따라서 과실 품질은 패대처리의 유무에 의한 광합성량의 차이에 의한 것이며, 칼슘 코팅 농도에 의한 영향은 미미한 것으로 판단되었다. 다만 처리구 중 칼슘농도가 가장 높았던 9%의 칼슘코팅 패대구의 경우 과피면에 칼슘입자가 떨어져 과피 오염에 의한 외관의 손상으로 상품성 저하가 예상되었다(자료 미제시). 이는 본 실험에서 단순도포에 의한 칼슘코팅 방법을 이용해 자체 제작한

Table 2. Effects of bagging treated with various concentrations of calcium on fruit growth and berry cracking in 'Kyoho' grapes.

Treatment ^z (%)	Cluster wt. (g)	No. berries /cluster	Berry wt. (g)	Berry cracking (%)
Non-bagging	468.9 a ^y	43.7 b	10.8 a	13.7 a
0	479.5 a	49.3 a	9.8 b	1.3 b
3	489.4 a	49.3 a	9.4 bc	1.4 b
6	453.6 a	49.0 a	9.2 bc	1.0 b
9	485.4 a	49.8 a	8.7 c	0.8 b

^z0, 3, 6 and 9% of calcium hydroxide coated on inside of paper bag.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

Table 3. Effects of bagging treated with various concentrations of calcium on fruit quality in 'Kyoho' grapes.

Treatment ^z (%)	Soluble solids (°Brix)	Titrateable acidity (%)	Anthocyanin (µg·cm ⁻²)
Non-bagging	18.1 a ^y	0.54 a	2.56 a
0	16.9 b	0.49 a	2.23 ab
3	17.7 a	0.52 a	1.87 c
6	16.9 b	0.53 a	1.99 abc
9	16.7 b	0.51 a	1.96 bc

^z0, 3, 6 and 9% of calcium hydroxide coated on inside of paper bag.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

봉지를 사용하였기 때문에 칼슘입자와 봉지간 흡착력이 약해 꽤대 기간 중 칼슘입자가 과피에 떨어져 과면을 오염시켰다고 생각된다. 따라서 봉지와 칼슘입자의 흡착력을 증대시켜주는 코팅방법을 적용한다면 과피의 미려도 감소를 해결할 수 있을 것이라 판단된다.

과피의 경도는 무대구가 $1.18\text{kg}\cdot 5\text{mm}^{-1}\text{Ø}$ 로 가장 낮았으며 칼슘봉지 패대구에서는 0, 3, 6, 9% 처리구에서 각각 1.23, 1.24, 1.27, $1.35\text{kg}\cdot 5\text{mm}^{-1}\text{Ø}$ 로 고농도의 수산화칼슘을 코팅한 패대구일수록 경도가 증가하는 경향을 보였다(Fig. 2). 이러한 결과는 칼슘을 염면살포하였을 때 포도(Son, 2008), 사과(Choi 등, 2000), 배(Moon 등, 1999), 단감(Moon 등, 2000)의 경도가 증가하였다는 보고와 일치하는데 패대처리의 경우 수분 및 호흡에 의해 봉지 내의 코팅된 칼슘이 용출되고 과실비대에 따라 과피와 봉지가 접촉에 의해 칼슘공급 효과를 보이기 때문이라고(Moon 등, 2003) 생각된다.

Considine과 Kriedemann(1972)이 제안한 한계팽압 실험을 응용하여 환경적인 요인이 동일한 상태에서 과피의 구조

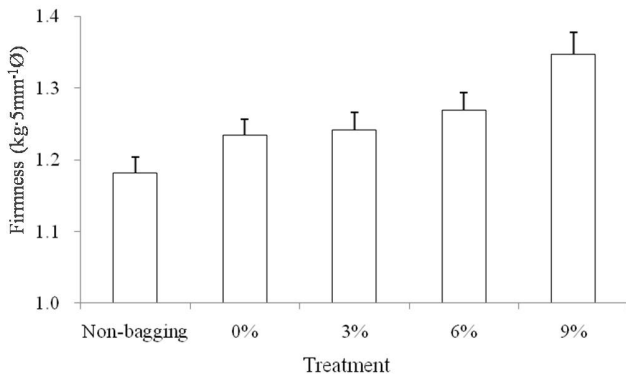


Fig. 2. Effect of calcium coating bag treatments on berry firmness in 'Kyoho' grapes. 0, 3, 6, and 9% of calcium hydroxide coated on inside of paper bag. Bars represent the standard error of means from 50 replications.

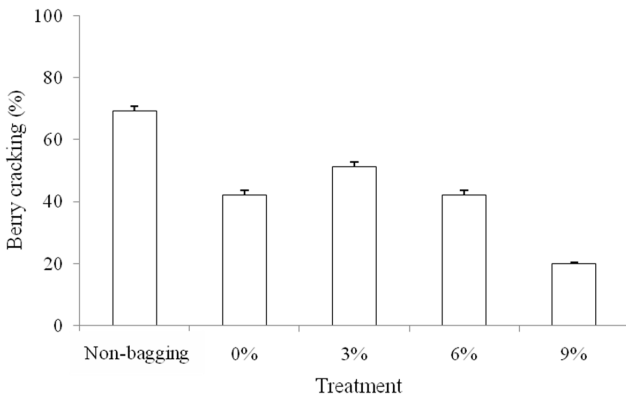


Fig. 3. Effect of calcium coating bag treatments on berry cracking in 'Kyoho' grapes under critical turgor pressure. 0, 3, 6 and 9% of calcium hydroxide coated on inside of paper bag. Bars represent the standard error of means from 5 replications.

적인 특징에 의한 열과 발생률을 조사한 결과, 무대구가 69.3%로 가장 높은 열과율을 보였으며, 고농도의 칼슘을 코팅한 패대구일수록 열과율이 감소하여 변색기 중 포장에서 발생한 열과율과 유사한 경향을 보였다(Fig. 3). 다만 칼슘을 코팅하지 않은 0% 패대처리구의 경우 비교적 낮은 열과율을 보였는데 이는 포장 내 열과 발생률과 경도를 감안할 때 시료 선택 과정에서의 오차에 의한 것으로 추정된다. 고농도의 칼슘 코팅 패대처리는 포도 과립의 열과 경감에 효과적이었다고 생각되며 앞서 언급한 칼슘 입자에 의한 과피 오염 문제만 개선된다면 상대적으로 고농도의 수산화칼슘 패대구일수록 열과 경감에 효과적이라 생각되었다.

농도별 칼슘코팅 패대처리가 과피의 형태적 변화에 미치는 영향을 조사한 결과, 표피층의 세포벽 두께는 무대구에서 $3.96\mu\text{m}$ 로 가장 낮은 수치를 보였고 패대구 중에서는 0%와 3% 칼슘코팅 패대구에서 각각 4.15, $4.29\mu\text{m}$ 로 큰 차이를 보이지 않았으나 6%와 9% 칼슘코팅 패대구에서는 4.58, $5.45\mu\text{m}$ 로 표피세포벽의 두께가 유의하게 증가하였다(Table 4). 또한 아표피층의 세포벽은 칼슘을 코팅하지 않은 0% 패대구가 $4.28\mu\text{m}$ 로 무대구의 $4.06\mu\text{m}$ 와 큰 차이를 보이지 않은 반면, 3%, 6%, 9% 칼슘코팅 패대구에서 각각 4.87, 5.37 및 $5.48\mu\text{m}$ 로 칼슘코팅 농도가 증가할수록 세포벽 두께가 증가하였다(Fig. 4). Moon 등(1998)은 과실 내부에 칼슘함량이 증가되면 세포벽을 연결하는 중층의 펙틴분자와 결합함으로써 세포벽을 더욱 치밀하게 형성하는 한편(Glenn 등, 1988), 과실 내로 축적된 칼슘에 의해 세포벽 분해효소의 활성이 억제되어 세포벽이 두껍게 유지된다고 설명하였다. 이와 같이 칼슘코팅 패대처리는 '거봉' 과립의 표피 및 아표피층의 세포벽 두께를 증가시키는 등 과피를 구조적으로 강화시켰기 때문에 열과 경감에 효과적이라 생각되었다. 따라서 칼슘코팅 패대처리에 의해 '거봉' 과피의 표피 및 아표피층의 세포벽 두께가 증가하여 과피를 구조적으로 강화시켰기 때문에 열과 경감에 효과적이었다고 생각된다.

Table 4. Effect of calcium coating bag treatment on the cell wall thickness of pericarp in 'Kyoho' grapes.

Treatment ² (%)	Thickness of cell wall	
	Epidermis (μm)	Sub-epidermis (μm)
Non-bagging	3.96 ± 0.13^y	4.06 ± 0.24
0	4.15 ± 0.17	4.28 ± 0.19
3	4.29 ± 0.17	4.87 ± 0.20
6	4.58 ± 0.19	5.37 ± 0.22
9	5.45 ± 0.19	5.48 ± 0.15

²0, 3, 6 and 9% of calcium hydroxide coated on inside of paper bag.

^yMean \pm S.E. (n=30)

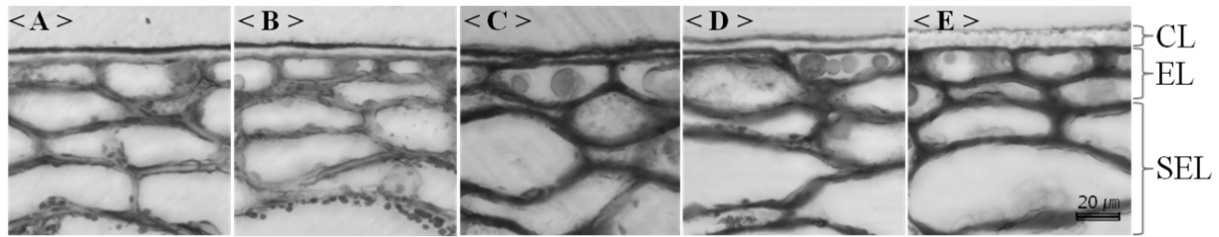


Fig. 4. Transverse section of pericarp in 'Kyoho' grape at harvest time. A, non-bagging; B, 0%; C, 3%; D, 6%; E, 9% calcium coated bagging treatment. CL, cuticle layer; EL, epidermal layer; SEL, sub-epidermal layer.

이상의 결과를 종합하면 과실의 착색과 당함량 같은 과실 품질은 칼슘코팅 농도보다 패대처리에 의한 광도 감소에 영향을 받았음을 확인할 수 있었다. 다만 열과에 관련된 과피의 경도 및 세포벽 두께 등은 고농도의 칼슘코팅 패대구일수록 증가하여 열과를 현저히 경감시켰다. 하지만 열과 경감에 가장 효과적이었던 9% 칼슘코팅 패대구는 수확 포도의 과면에 칼슘 입자가 묻기 때문에 과실의 상품성이 저하하는 문제가 발생하였다. 따라서 과피 미려도를 고려해 볼 때 열과 경감 효과가 인정되는 6% 칼슘코팅 패대처리가 이상적이라고 판단되며, 아울러 고농도의 칼슘코팅 시 과피 미려도를 유지할 수 있는 칼슘코팅 방법의 개선이 필요하다고 생각된다.

초 록

칼슘 코팅 봉지의 패대처리가 포도 '거봉'의 과피 강화 및 열과 경감에 미치는 영향을 구명하고 효과적인 열과 방지용 패대봉지 개발에 필요한 기초자료를 얻기 위해 실험을 수행하였다. 무대구의 가용성당함량과 안토시아닌 함량은 각각 18.1°Brix, 2.56 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ 로 칼슘코팅 패대구에 비해 높았다. 과피의 경도는 무대구에서 1.18 $\text{kg}\cdot 5\text{mm}^{-1}\text{Ø}$ 로 패대처리구의 12.3, 1.24, 1.27, 1.35 $\text{kg}\cdot 5\text{mm}^{-1}\text{Ø}$ 보다 낮았으며 고농도의 칼슘코팅 봉지를 사용할수록 경도가 증가하는 경향을 확인할 수 있었다. 과피의 형태적 관찰을 수행한 결과, 고농도의 칼슘코팅 패대구일수록 표피 및 아표피층의 세포벽 두께가 증가하여 과피가 구조적으로 강화되었으며, 한계 팽압 하에서의 열과 발생률은 고농도의 칼슘코팅한 봉지를 처리할수록 열과 발생이 감소하여 열과 경감에 효과적임을 알 수 있었다. 하지만 처리구 중 열과 경감에 가장 효과적이었던 9% 칼슘 코팅 패대구에서는 칼슘에 의한 과피 미려도 저하가 문제되었다. 따라서 열과 경감효과와 과실의 상품성을 고려했을 때 '거봉' 포도의 경우에는 6%의 칼슘코팅 봉지 처리가 바람직한 것으로 나타났다.

주요 추가어 : 세포벽, 표피, 경도, 과피열개현상, 변색기

인용문헌

- Biggs, A.R. 1999. Effects of calcium salts on apple bitter rot caused by two *Colletotrichum* spp. *Plant Disease* 83:1001-1005.
- Brown, G.S. 1995. Effects of copper-calcium sprays on fruit cracking in sweet cherry (*Prunus avium*). *HortScience* 62:75-80.
- Buttrose, M.S. 1966. The effect of reducing leaf area on the growth of roots, stems and berries of Gordo grape vines. *Vitis* 5: 455-464.
- Chang, K.H. 1992. Changes in the cell wall components and enzyme activities during the softening and effects of postharvest calcium infiltration on storage potential of apple (*Malus domestica* Borkh) fruits. Ph.D Diss., Youngnam Univ., Gyeongsan, Korea.
- Choi, J.S., K.U. Lee, J.M. Choi, J.Y. Ahn, and J.H. Seo. 2000. Tree-spray of liquid calcium compound extracted from egg-shell in apple tree. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41:503-506.
- Considine, J.A. and P.E. Kriedemann. 1972. Fruit splitting in grapes: Determination of the critical turgor pressure. *Austral. J. Agr. Res.* 23:17-24.
- Fogle, H. and M. Faust. 1976. Fruit growth and cracking in nectarines. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101:434-439.
- Fuleki, T. and F.J. Fancis. 1968. Quantitative methods for anthocyanin. 1. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. *J. Food. Sci.* 33:72-77.
- Glenn, G.M., A.S.N. Reddy, and B.W. Poovaiah. 1988. Effect of calcium on cell wall structure, protein phosphorylation, and protein profile on senescencing apples. *Plant Cell Physiol.* 29:565-572.
- Hiratsuka, S., J. Matsushima., T. Kasai., R. Wada, and N. Suzaki. 1989. Histological study on skins of grape cultivar 'Olympia' with respect to berry splitting. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 58: 545-550.
- Hong, J.H. and S.K. Lee. 1997. Postharvest changes in quality of 'Naitaka' pear fruit produced with or without bagging. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38:396-398.
- Kim, S.K., Y.S. Nam, J.H. Oh, D.Y. Choi, and J.C. Park. 1998. Seasonal changes in concentrations of sugar, organic acid, and anthocyanin in grapes (*Vitis* spp.). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 39:412-416.
- Lang, A. and H. During. 1990. Grape berry splitting and some mechanical properties of the skin. *Vitis* 29:61-70.

- Meheriuk, M., G.H. Neilsen, and D.L. Mckenzie. 1991. Incidence of rain splitting in sweet cherries treated with calcium or coating materials. *Can. J. Plant Sci.* 71:231-234.
- Moon, B.W. 1998. Effect of calcium compound extracted from oyster shells on fruit quality and physiological change during storage in apples. Ph.D. Diss., Paichai Univ., Daejeon, Korea.
- Moon, B.W., J.S. Choi, and M.S. Kang. 2003. Effects of vine-spray of liquid calcium fertilizer on calcium contents and quality in stored grape fruits. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 44:345-348.
- Moon, B.W., J.S. Choi, and M.Y. Park. 1998. Effects of calcium compounds extracted from oyster shell on the calcium content in apple Fruits. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 39:454-459.
- Moon, B.W., S.T. Lim, and C.S. Choi. 1999. Effects of foliar sprays of liquid calcium fertilizer manufactured from oyster shell on calcium concentrations and quality of 'Nuitaka' oriental pear fruits. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:571-573.
- Moon, B.W., S.K. Sung, and K.H. Chang. 2000. Effects of foliar sprays of liquid calcium fertilizer on mineral nutrients, quality, and physiological disorder of non-astringent persimmon fruits. *J. Natl. Sci., Jungbu Univ.* 9:39-45.
- Ochiai, K. 1980. Production marketing of 'Nijisseiki' without bagging. *Fruit Japan.* 35:59-65.
- Park, S.H. 1994. Inhibition of apple ring rot by calcium and biochemical and immune histological studies of polygalacturonase produced by *Botryosphaeria dothidea*. PhD Diss., Yeungnam Univ., Gyeongsan, Korea.
- Park, H.S. and W.S. Kim. 1982. Effects of number of leaves per cane and foliar application of sucrose and 6-benzyladenine on grape berries in 'Campbell Early' (*Vitis labruscana* B.). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 23:43-49.
- Rural Development Administration. 1997. Viticulture: Standard farming handbook-12. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Shimanaka, H. 1960. Control culture of Japanese cultivar of 'Chojuro'. *Agr. and Hort.* 35:1769-1772.
- Son, I.C. 2008. Histological observation of pericarp and development of berry cracking reduction countermeasure in grape (*Vitis* spp.). Ph.D. Diss., Chungbuk Univ., Cheongju, Korea.
- Son, I.C. S.K. Kim, H.H. Kim, and G.H. Kim. 2007. Physiological and histological characteristics of berry cracking in grapes (*Vitis* spp.). *Hort. Environ. Biotechnol.* 48:1-7.
- Son, I.C. and C.H. Lee. 2008. The effects of bags with different light transmittance on the berry cracking of grape 'Kyoho'. *Hort. Environ. Biotechnol.* 49:98-103.
- Yamamoto, T., M. Kudo, and S. Watanabe. 1990. Fruit cracking and characteristics of fruit thickening in 'Satonishiki' cherry. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 59:325-332.
- Yamamura, H., R. Naito, and H. Tamura. 1986. Effects of light intensity and humidity around clusters on the formation of surface wax and the resistance to berry splitting in 'Delaware' grapes. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 55:138-144.
- Yu, Y.S. and J.B. Kim. 1989. Study on the resistance to berry splitting and development of the dermal system in grapes. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 30:38-44.