

적색 및 청색 LED광과 UVa광 처리가 착색단고추 과실의 착색에 미치는 영향

최인이¹ · 원재희² · 정현진¹ · 강호민^{1*}
¹강원대학교 원예학과, ²강원도 농업기술원

Effect of Red LED, Blue LED and UVa Light Sources on Coloration of Paprika Fruits

In-Lee Choi¹, Jae Hee Won², Hyun Jin Jung¹, and Ho-Min Kang^{1*}

¹Dept. of Horticulture, Kangwon Nat'l. Univ., Chuncheon 200-701, Korea

²Gangwon-do Agricultural Research & Extension Services, Chuncheon 200-150, Korea

Abstract. This study was conducted to compare the effect of various LED and UVa light to enhanced coloration of paprika fruits cultivars; 'Special', 'Helsinki'. Immatured paprika fruits were irradiated with red LED, blue LED and UVa lights which were high intensity (red: $50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, blue: $70 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, UVa: $3 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) and low intensity (red: $20 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, blue: $40 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, UVa: $0.25 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). The coloration of 'Special' cultivar was increased the fastest in high intensity UVa light for 2 days after treatment. There were no significantly difference among treatments except the low intensity UVa light. The coloration of 'Helsinki' was increased the fastest in blue LED light, and followed by red LED light and UVa light for 2 days after treatment. The a^*/b^* value of 'Special' and b^* value of 'Helsinki' that indicated the paprika fruit coloration were generally higher high intensity LED and UVa lights than low intensity LED and UVa lights. We couldn't find out any significantly different coloration effect among all treatments in final days of coloration. and rather than UVa treatment fruit shrunk the surface of paprika fruits.

Key words : a^*/b^* value, 'Helsinki', 'Special'

서 론

착색단고추는 고온성 작물이나 우리나라 여름철 기 후에는 고랭지가 생산에 적합하여 강원도 춘천, 평창 등지에서 여름철을 주 출하시기로 하여 재배하고 있다. 착색단고추는 6월부터 수확하기 시작하여 재배 종료 시기가 되는 10월, 11월까지 진행되는데, 과실의 착색은 안토시아닌과 카로티노이드 함량이 높아지고, 엽록소 함량이 낮을수록 균일하게 이뤄지는데(Westwood, 1978) 재배 종료 시기에는 착색단고추의 착색이 더디고 재배 종료 시점에 착색되지 않아 출하되지 못하는 과실이 상당량에 달하고 있다(Kang 등, 2008). 미성숙한 착색단고추 과실은 상온에서는 일정기간 후에 착색

이 이루어지긴 하지만, 같은 가지과 작물인 토마토나 고추보다 에테폰 등 인위적 착색이 어려운 작물로 알려져(Krajayklang 등, 1999), 미숙상태의 유통은 상품성을 떨어트릴 수 있다. 과실의 착색에 대한 연구는 사과에 UV-B를 처리한 연구(Hong 등, 1997)와 UV-C를 사용하여 토마토의 카로티노이드의 함량에 관한 연구(Liu 등, 2009)이 보고되어 있다. 에테폰을 이용한 에틸렌처리에 의한 과실 색의 발달을 증가시킨다는 보고(Biles 등, 1993; Lurie 등, 1986; Lim 등, 2005)와, 과실의 착색 증진 효과가 나타나지 않는다는 보고(Park과 Jeong, 2001; Lee 등, 2001; Yun 등, 2002)가 대립되어 그 효과가 불분명한 상태이다. 그 밖에 KCl과 K_2SO_4 를 사용하여 착색 불균일 과실의 비율을 감소한 보고도 있었다(An 등, 2006). LED 광원은 식물체의 성장, 형태 형성 뿐 아니라 과실의 색소 형성 등에 대해 조절인자로 작용하고 있다고 보고

*Corresponding author: hominkang@kangwon.ac.kr
Received October 12, 2009; Revised October 22, 2009;
Accepted October 31, 2009

되어지고 있다(Fujiwara 등, 1995). LED광원은 들깨의 성장 및 광합성에 미치는 영향, 브로콜리 새싹의 발아, 수박 접목묘의 활착 등의 실험 등 주로 식물체의 성장에 관여한 연구가 보고되어 있고(Cho 등, 2008; Choi 등, 2003; Kim과 Park, 2003), UV는 도장억제나 살균효과, 항산화 물질의 함량변화 등의 연구가 이뤄지고 있다.

이에 본 실험은 미성숙 즉 미착색과의 착색 증진을 위해 LED광원의 적색광, 청색광 그리고 UVa를 각각 두 가지 광도로 처리하여 처리에 따른 착색정도를 비교하였다.

재료 및 방법

실험에 사용한 착색단고추 품종은 적색 계통의 ‘Special’(Enza Zaden)과 황색 계통의 ‘Helsinki’(Rijk Zwaan)로 춘천 근교 농가에서 수경재배한 과실을 사

용하였다. 과실의 숙기정도는 각각 품종의 고유색이 30%이하를 띠는 녹색과을 사용하였다. 팽조사시 대기 온도는 25°C이며 습도는 약 60% 정도였으며, 암조건의 대조구와 LED(GF-320S, Good feeling, Korea)는 적색광과 청색광을 사용하였고, UVa(ENF-240C/FE, Spectroline, U.S.A)을 사용하였다. LED의 경우 Red_High는 $50\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 내외, Red_Low는 $20\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 내외, Blue_High는 $70\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 내외, Blue_Low는 $40\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 내외, UVa의 경우 고광도는 $3\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 저광도는 $0.25\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 처리하였다. 처리 전과 처리 후 각각 1, 2, 3, 6일째 되는 날 colorimeter(CP-400, Minolta, Japan)를 이용하여 Hunter L*, a*, b*값을 측정하였다. Hunter 값은 L*값은 명도, a* 값은 녹색에서 적색, b*값은 청색에서 황색의 값을 나타낸다. 적색 품종인 경우 a*/b* 값으로, 황색품종은 b*/a*로 보다 명확한 착색 정도를 나타냈다. 모든 실험은 5반복으로 진행하였으며 통계처리는

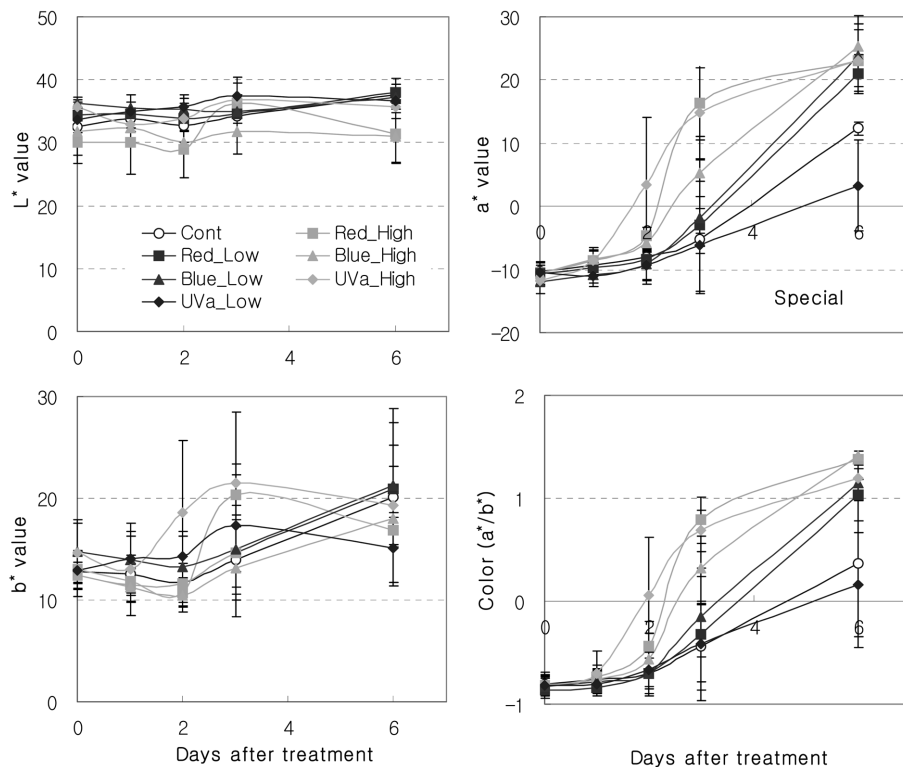


Fig. 1. Change of Hunter L*, a*, b* values of paprika fruit (‘Special’) treated Red LED, Blue LED and UVa radiation at, 25°C (Red, Blue_High: $8\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, UV_High: $6.5\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, Red, Blue_Low: $4\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, UV_Low: $1\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). The vertical bars represent standard deviation (n = 5).

Microsoft Excel 2002 program을 이용하여 표준편차로 나타내었다.

결과 및 고찰

‘Special’ 품종인 경우 착색정도를 나타내는 Hunter 값 중 녹색에서 적색을 나타내는 a*값은 모든 처리구에서 처리후 2일째에 과실의 착색이 급격히 진행되었다. 처리구 중 고광도 UVa광이 2일째 제일 급격한 착색 변화를 나타내었고, 고광도 LED 적색광이 3일째 제일 급격한 착색 변화를 나타내며 짧은 기간 착색이 진행되어 효과를 나타냈으나 착색 종료 시점에서는 다른 처리구와 비슷한 값을 나타내며, 뚜렷한 착색 효과를 나타내지는 못하였으며 통계적 처리성은 없었다 (Fig. 1). 적색 품종인 ‘Special’의 경우 착색 정도를 보다 확실히 나타내는 a*/b*값을 보게 되면, a*값과 비슷한 양상을 나타낸다.

‘Helsinki’ 품종은 착색정도를 나타내는 Hunter 값 중 청색에서 황색을 나타내는 b*값은 모든 처리구에서 처리후 1일째에서 2일로 가며 착색이 급격히 진행되었다. 처리구중 고광도 LED 청색광 처리구가 다소 높은 착색 정도를 나타내었으나 크게 차이는 없었다. ‘Helsinki’의 경우 ‘Special’보다 다소 착색이 빠르게 진행 되어 처리후 3일째에 착색이 거의 종료되는 값을 나타내었다. 황색 계열인 ‘Helsinki’ 품종의 경우 적색 계열의 ‘Special’ 품종의 a*/b*값과는 다르게 b*/a*값으로 나타내었다. b*/a*값은 기존의 보고에서 황색 계열 품종의 b*의 값보다 색의 변화를 더욱 자세히 나타낸 것으로 보고되었는데(Choi 등, 2009), 본 실험 결과 b*/a*값은 처리가 차이를 크게 보였으며 특히 초기와 후기에 착색이 좋았던 고광도 LED 청색광과 저광도 LED 적색광에서 통계적 유의성이 있는 결과를 보였다 (Fig. 2). 이와 같은 결과는 Yun 등(2002)이 보고한 에틸렌 처리구가 대조구 보다 1~2일 빠르게 착색이

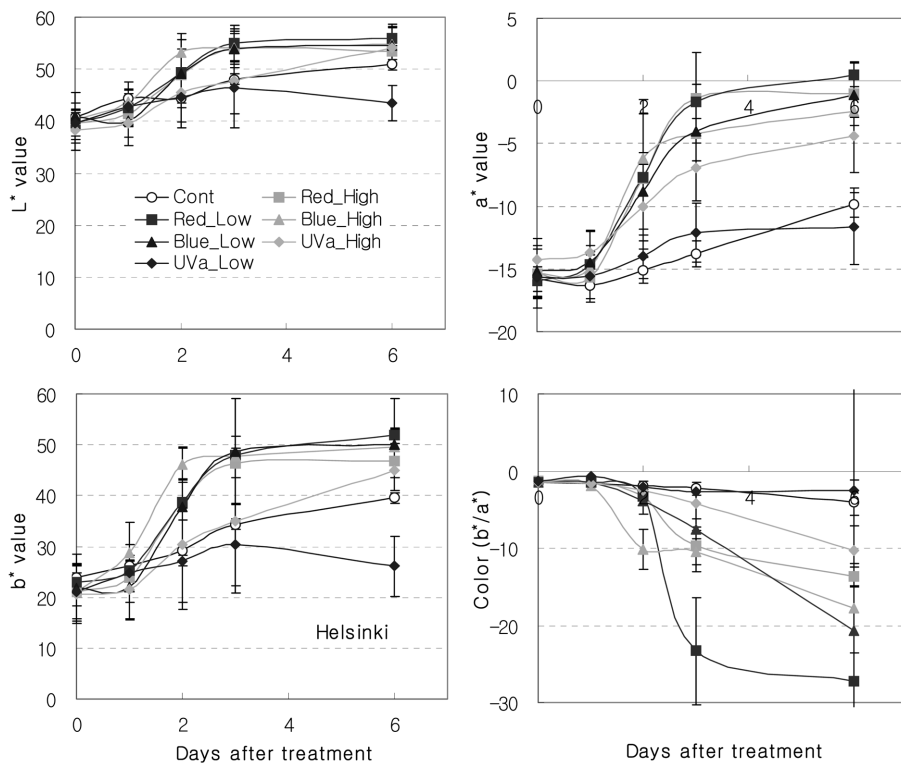


Fig. 2. Change of Hunter L*, a*, b* values of paprika fruit ('Helsinki') treated Red LED, Blue LED and UVa radiation at, 25°C (Red, Blue_High: $8 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, UV_High: $6.5 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, Red, Blue_Low: $4 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, UV_Low: $1 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). The vertical bars represent standard deviation (n = 5).

진행되지만 종료시점엔 같은 수치를 나타내었다는 보고와 일치하였다. 또한 일반적으로 climacteric 과실인 토마토, 바나나, 파인애플 등에 에틸렌을 처리 하였을 경우 착색의 진행이 빨라진다고 보고되어 있지만, 고추 속의 다양성 때문에 일반적으로 과실의 호흡 형태를 판단하는 것이 어렵다고 설명하고 있다(Kays and Paull, 2004).

두 품종 ‘Special’ 품종의 a*/b* 값과 ‘Helsinki’ 품종의 b값이 3일째에 모든 처리구에서 저광도 보다 고광도에서 높은 착색정도의 값을 나타내었고, ‘Special’의 경우 고광도 LED 적색광과 고광도 UVa광이 제일 높은 값을, 다음으로 고광도 LED 청색광의 순으로 착색 변화를 나타내었으며, ‘Helsinki’의 경우 고광도 LED 청색광, 고광도 LED 적색광, 고광도 UVa광의 순으로 착색 변화를 나타내었다. Liu 등(2009)에 따르면 UV-C는 라이코펜 합성에 관여하여 착색 증진 효과를 나타내었다고 보고한 연구 결과와 비슷한 결과를 나타내었다(Liu 등, 2009). 두 품종 모두 착색 종료시점인 6일째 무 처리구와 저광도 UVa광을 제외한 모든 처리구에서 비슷한 값을 나타내었으나 통계적 유의성은 없었다(Fig. 3). UVa 처리구의 과실은 표면이 주글거리는 피해를 발생하였다. 기존의 보고 Kwan 등

(2003)에 따르면 UV-B를 처리한 오이의 종단면을 광학 현미경으로 관찰한 결과, 대체로 세포의 크기가 작아지고 세포벽이 얇아졌다는 보고와 같은 맥락으로 해석할 수 있다.

적 요

본 실험은 미성숙 즉 미착색과의 착색 증진을 위해 LED광원의 적색광, 청색광 그리고 UVa를 각각 두 가지 광도로 처리하여 처리에 따른 착색정도를 비교하였다. 실험에 사용한 착색단고추 품종은 적색 계통의 ‘Special’과 황색 계통의 ‘Helsinki’으로 춘천 근교 농가에서 수경재배 하였다. LED의 경우 Red_High는 $50\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 내외, Red_Low는 $20\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 내외, Blue_High는 $70\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 내외, Blue_Low는 $40\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 내외, UVa의 경우 고광도는 $3\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 저광도는 $0.25\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 처리하였다. 품종에 상관없이 처리 2일 후에 과실의 착색이 급격히 진행되었고 3일째에 처리별로 큰 차이를 보였다. ‘Special’의 경우 2일째 고광도 UVa광이 제일 급격한 착색 변화를 나타내었고, 저광도 UVa를 제외한 나머지 처리구에서는 비슷한 착색의 변화를 나타내었다. 처리 3일째에는 고광도 LED 적색광이 급격한



Fig. 3. Surface color of paprika fruits in 7days after treatment (Red LED, Blue LED and UVa radiation) at 25°C (Red_High: $50\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, Red_Low: $20\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, Blue_High: $70\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, Blue_Low: $40\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, UVa_High: $3\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, UVa_Low: $0.25\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

착색변화를 나타내며 고휘도 UVa광보다 높은 착색 값을 나타내었다. ‘Helsinki’ 경우에는 2일째에 청색광, 적색광, UVa의 순으로 착색 변화가 빠르게 진행되었다. 두 품종 모두 3일째에는 ‘Special’의 a*/b* 값과 황색품종 ‘Helsinki’의 착색 정도를 나타내는 b* 값이 모두 저광도보다 고휘도에서 높은 값을 나타내며 착색 증진 효과를 나타내었다. 착색종료일인 처리후 6일째 두품종 모두 무처리구와 저광도 UVa광을 제외한 나머지 모든 처리구에서는 비슷한 값을 나타내었다. UVa 처리구 과실의 표면이 주글거리는 피해를 발생하였다. 이상의 결과로 저광도보다는 고휘도의 LED 광원을 사용하는 것이 착색이 빠르게 진행될 수 있도록 도우며, UVa 파장은 과실의 외관에 피해를 입히기 때문에 적합하지 않게 생각된다.

주제어 : a*/b*값, ‘Helsinki’, ‘Special’

사 사

본 연구는 2009년 농촌진흥청 특화작목연구개발과제에 의해 수행되었음.

인 용 문 헌

- Biles, C.L., M.M. Wall, and K. Blackstone. 1993. Morphological and physiological changes during maturation of New Mexican type peppers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118:476-480
- Cho, J.Y., D.M. Son, J.M. Kim, B.S. Seo, S.Y. Yang, J.H. Bae, and B.K. Heo. 2008. Effect of LED as light quality on the germination, growth and physiological activities of broccoli sprouts. Journal of Bio-Environment Control 17:116-123 (In Korean).
- Choi, Y.W., C.K. Ahn, J.S. Kang, B.G. Son, I.S. Choi, Y.C. Kim, Y.G. Lee, K.K. Kim, Y.G. Kim, and K.W. Son. 2003. Growth, photomorphogenesis, and photosynthesis of Kim erilla grown under red and blue emitting diodes and LED intensities. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 44:281-286 (In Korean).
- Choi, I.L., W.S. Kang, and H.M. Kang. 2009. Change of qualities of paprika powder according to storage methods during room temperature storage. J. Agr. Sci. 21:xx-xx (in press). Inst. Agr. Sci., Kangwon Nat'l Univ. (In Korean).
- Fujiwara, K. and T. Kizai. 1995. Physical microenvironment and its effects, pp. 342-350. In: J. Akitken-Christi, T. Kozai, and M.A.L. Smith (eds.). Automation and environmental control in plant tissue culture. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, The Netherlands.
- Hong, S.S., Y.P. Hong, D.S. Chung, S.J. Park, and Y.B. Kim. 1997. Effects of UV B irradiation to stimulation of skin color in ‘tsugaru’ apples. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 10:288-289 (In Korean).
- Kang, H.M., Y.N. Cho, I.L. Choi, and I.S. Kim. 2008. Effect of Ethephon treatment on Coloration of Paprika Fruits at Pre- & Post-harvest. J. Agr. Sci. 19:1-6. Inst. Agr. Sci., Kangwon Nat'l Univ. (In Korean).
- Kays, J.S. and E.R. Paul. 2004. Postharvest Biology. Exon Press, Athens, GA. USA.
- Krajayklang, M., A. Klieber, R.B.H. Wills, and P.R. Dry. 1999. Effects of ethephon on fruit yield, colour and pungency of cayenne and paprika peppers. Australian Journal of Experimental Agriculture 39:81-86.
- Kwan, J.K., J.C. Park, J.H. Lee, D.K. Park, Y.H. Choi, and M.A. Cho. 2003. Physiological Changes and antioxidant enzyme activities of fruit vegetable plug transplants irradiated with different UV-B intensities. J. Kor. Hort. Sci. 44:464-469 (In Korean).
- Lee, K.S., Y.Y. Piao, Y.S. Hwang, J.C. Lee, and S.H. Park. 2001. The Influence of Ethephon and S-ABA on the Anthocyanin Development and Fruit Quality in Kyoho Grapes. Proceeding of Kor. J. Hort. Sci. Technol. 19:69 (In Korean).
- Lim, C.S., J.M. Lim, B.S. Kim, J.L. Cho, S.M. Kang, H.J. Hwang, and C.G. An. 2005. Ethephon and temperature treatment improve the coloration of irregularly colored paprika (*Capsicum annuum*. cv). Proceeding of Kor. J. Hort. Sci. Technol. 23:70.
- Liu, L.H., D. Zabaras, L.E. Bennett, P. Aguas, and B.W. Woonton. 2009. Effects of UV-C, red light and sun light on the carotenoid content and physical qualities of tomatoes during post-harvest storage. Food Chemistry 115:495-500.
- Park, S.M. and C.S. Jeong. 2001. Coloring and quality changes in hot pepper and sweet pepper fruits treated with ethylene. Proceeding of Kor. J. Hort. Sci. Technol. 19:74 (In Korean).
- Westwood, M.N. 1978. Temperate zone pomology, pp. 237-243. Freeman and Company, W.H.
- Yun, H.K., K.Y. Kim, Y.C. Kim, J.W. Lee, I.S. Kim, K.C. Yoo, and H. Higashio. 2002. Effect of ethylene treatment on the coloration and respiration pattern of pepper and pimento fruits during maturation. Horticulture Environment and Biotechnology 43:155-158 (In Korean).
- Yun, H.K., K.Y. Kim, Y.C. Kim, T.C. Seo, I.S. Kim, K.C. Yoo, and H. Higashio. 2002. changes of color and fruit component by temperature treatment after harvest of unripened fruit in hot pepper. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 43:289-292 (In Korean).