

진공 동결에 의한 건조 화훼류의 품질특성 평가에 관한 연구 The Evaluation for Quality Characteristics of Drying Flowering Plant by Vacuum-Freeze

김재돌

J. D. Kim

(접수일 : 2011년 05월 13일, 수정일 : 2011년 06월 14일, 채택확정 : 2011년 06월 28일)

Key Words : Anthocyanin(안토시아닌), Brightness(명도), Flowering plant(화훼류), Natural dry(자연 건조), Vacuum freeze dry(진공 동결 건조)

Abstract : In case of using rapid vacuum-freeze drying for high quality dry flower of flowering plant, the morphological and physiological characteristics of dry rose showed as the following.

The dry ratio of about 82% presented after 1 day in case of using rapid vacuum-freeze drying and it was reached that the optimum storage water content of general dry products was 18%. The dry ratio of about 89% presented after 4 days. This result indicates very short dry time comparing with natural dry time of 12 days. Also, the morphological characteristics of flowering plant in case of vacuum-freeze drying showed similar shape with real flower. The contraction decreased about 9% comparing with real flower under dry time of 72 hours. But the contraction in case of natural dry decreased 36% and showed noticeable difference. The brightness which affects physiological characteristics of dry flowering plant showed lower values according to the dry process and chromaticity was thick. After 4 days, natural dry was thick with about 2 times comparing with vacuum-freeze drying.

In case of vacuum-freeze drying, the quantity of anthocyanin and chlorophyll which affect discoloration and bleaching of dry flowering plant showed the clear difference comparing with natural dry method due to the sublimation by vacuum after rapid freeze with short initial time.

1. 서 론

최근 생활수준의 향상으로 생활환경에 대한 관심이 증가하고, 국민 보건 향상과 정서 생활의 중요성이 부각되면서 화훼산업에 대한 인식 변화로 화훼류의 수요가 급속히 증대되고 있다. 이에 따라 최근 부가가치가 큰 화훼작물의 재배 양이 급격히 늘고 있으나 화훼는 그 특성상 장기 보관이 어려워 계절적 수요와 공급에 따라 많은 양의 절화류가 제값을 받지 못하고 있어 절화의 가공생산 기술 개발이 필요한 실정이다^{1~3)}.

최근 일본이나 유럽 등의 선진국에서는 급속 동결 건조 및 정착 코팅기술을 개발하여 절화류를 드라이 플라워화 하여 이를 장식용, 교육용, 의료 및 복지용 등에 다양하게 이용하고 있고, 그 시장도 매년 급속

히 확대되고 있다⁴⁾.

드라이 플라워는 자연건조, 열풍건조, 화학적건조, 진공 동결건조 등 다양한 방법⁵⁾으로 생산되고 있으나, 국내에서 생산되는 드라이 플라워의 경우에는 대부분 자연건조나 열풍건조에 의해 생산되고 있어 색상이나 모양의 변형으로 생산이 원활하게 이루어지지 않고 있으며, 품질이 우수한 제품은 대부분 수입에 의존하고 있다. 그러나 전 세계적으로 드라이 플라워 생산기술은 극비 사항으로 거의 알려져 있지 않아 국내에서 우수한 품질의 드라이 플라워를 생산하기 위한 기술 또한 초보적 단계에 있다.

따라서 본 논문에서는 진공 동결 건조과정과 자연 건조과정에서 건조된 화훼류의 건조 특성과 품질을 비교 평가하여 고품질의 드라이 플라워 생산용 진공 동결 건조기기 개발을 위한 설계 자료 확보와 화훼 생산 농가 및 화훼 취급 업소 등에 드라이 플라워 생산을 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

김재돌(교신저자) : 동명대학교 공과대학 냉동공조공학과
E-mail : kjd@tu.ac.kr, Tel : 051-629-1682

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

Figs. 1과 2는 본 실험에 사용된 급속 진공 동결 건조장치의 개략도 및 사진을 나타낸다.

본 연구에 사용된 실험장치는 크게 저온을 얻을 수 있는 냉동장치부, 진공을 유지하기 위한 진공챔버부, 건조물품으로부터 분리된 수분을 응축하는 콜드트랩부로 구성되어 있다.

냉동장치부는 증기압축식 2원 냉동시스템으로 구성되어 있으며, 저온측(①) 및 고온측 압축기(②)는 반밀폐형 왕복동 1HP으로 냉매는 R-23과 R-22를 각각 사용하였다.

Fig. 1에서 1차 열교환기는 고온측 냉동시스템의 증발기와 저온측 냉동시스템의 응축기가 열교환 하는 부분이고, 2, 3차 열교환기는 장치의 안정적 운전과 서로 다른 각부의 적정 온도조절을 위해 설치되어 있다. 이들 열교환기들은 하나의 알루미늄 판에 저온의 냉매와 고온의 냉매인 핫가스가 서로 다른 유로로 순환할 수 있는 구조로 제작되어 있으며, 꽃이 건조되는 과정에 수시로 전자밸브의 개폐에 따라

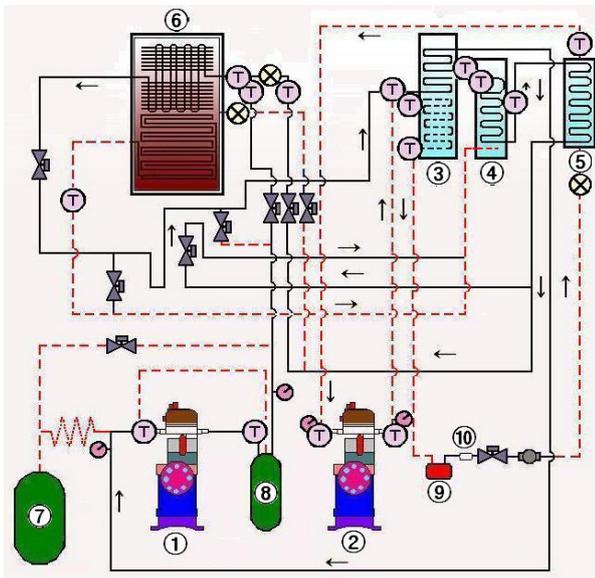


Fig. 2 Photograph of experimental apparatus.

저온의 냉매(—선)와 핫가스(---선)가 각각 순환하면서 최적의 건조조건을 유지할 수 있도록 구성되어 있다.

진공 챔버부(⑥)는 2HP의 진공펌프에 의해 최대 10^{-3} torr의 진공도가 유지되며, 꽃이 건조되는 부분으로서, 저온측 냉동시스템의 증발기가 내장되어 있고, 내부온도는 $-45 \sim -25^{\circ}\text{C}$ 범위까지 조절 가능하다. 그리고 전자밸브와 팽창탱크를 설치하여 챔버 내 적정 진공도를 조절하였다.

콜드트랩부(⑤)는 생화로부터 분리된 수분이 응축, 동결되는 부분으로서 내부 온도는 $-60 \sim -40^{\circ}\text{C}$ 범위까지 조절 가능하도록 구성되어 있다.



- | | |
|---------------------------|----------------------|
| ⊕ : Thermocouple | ⊗ : Expansion valve |
| ⊕ : Solenoid valve | ⊕ : Pressure gauge |
| — : Cooling mode | - - - : Hot gas mode |
| ① : Low stage compressor | ⑥ : Vacuum chamber |
| ② : High stage compressor | ⑦ : Expansion tank |
| ③ : First heat exchanger | ⑧ : Oil separator |
| ④ : Second heat exchanger | ⑨ : Receiver |
| ⑤ : Third heat exchanger | ⑩ : Filter dryer |

Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus.

2.2 실험방법

실험은 먼저, 진공 밸브가 잠겨 있는지 확인한 후, 세 가지 변수인 챔버 온도, 콜드트랩 온도와 핫가스 분사 온도를 원하는 조건으로 설정한 후 장치를 가동하였다. 장치 가동 후, 챔버 온도가 설정온도에 도달하면, 콜드트랩 구동장치가 작동하여 트랩 내부 온도가 설정온도에 도달하게 되고, 다시 진공펌프가 가동되어 챔버 내가 진공이 되는 순서로 장치가 작동하게 된다. 그리고 진공 펌프가 일정 시간 가동되어 설정된 진공도에 도달하게 되면, 핫가스가 분사되어 진공 챔버 내 동결되어 있는 생화로부터 품질의 변화를 최소화 시키면서 수분이 쉽게 증발되어 건조가 이루어지도록 핫가스 분사를 위한 히트펌프 시스템이 가동되는 순서로 각 요소별 시스템이 연계되어 최적 온도 및 시간으로 운전되도록 하였다.

실험 결과는 챔버 온도, 콜드트랩 온도, 핫가스 분사 온도와 운전 시간에 따른 각 시스템들의 작동 상관관계를 확인하였다. 그리고 각 조건별 실험 후, 건조된 화훼류의 크기와 색상 등의 형태적, 생리적 변

화를 자연 건조시의 결과와 비교 분석하였다.

3. 실험결과

3.1 장치 운전특성

Fig. 3은 급속 진공 동결 건조장치에 있어서 고품질의 드라이 플라워 생산 적정온도인 챔버 온도 -35°C , 콜드트랩 온도 -50°C , 핫가스 분사온도 -15°C 를 기준 조건으로 설정하고, 무부하(꽃을 넣지 않은 상태) 및 부하(장미 생화 20송이를 넣은 상태) 운전시 챔버 내 온도변화, 콜드트랩 및 핫가스 분사 온도가 설정 온도에 도달하기까지의 시간 및 온도변화 추이를 나타낸 결과이다. 그림에서와 같이 챔버 내 온도는 설정 온도에까지 무부하 운전은 70분, 부하 운전시는 100분이 소요되어 부하운전시가 약 30분 정도 더 소요되었다. 그리고 콜드트랩 온도는 약 36분, 핫 가스 분사 온도는 약 38분정도가 더 소요되어 장치 운전 시간 증가에 따른 에너지 소모량이 증대되며, 이는 장치 설계시 고려해야할 사항으로 판단된다.

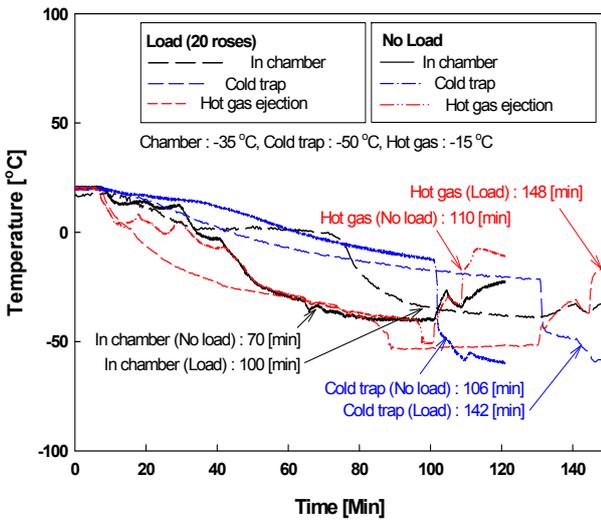


Fig. 3 The temperature variation in the each part of apparatus

Figs. 4와 5는 챔버 온도, 콜드트랩 온도 및 핫가스 분사 온도를 각각 일정한 온도상태로 유지한 상태에서 장치 각부 및 건조 중인 화훼류의 온도변화를 나타낸 결과이다.

화훼류의 고품질 드라이 플라워화를 위해서는 상기 세부부분의 온도가 일정하게 유지되어야 고품질의 드라이 플라워를 생산할 수 있으며, 이를 위해서는 장치가 안정적으로 운전되어야 한다. 그림에서와 같

이 장미의 종류에 관계없이 장치 각 부분의 온도와 건조 중인 화훼류 온도, 챔버 및 콜드트랩 온도는 일정하게 유지됨을 알 수 있다.

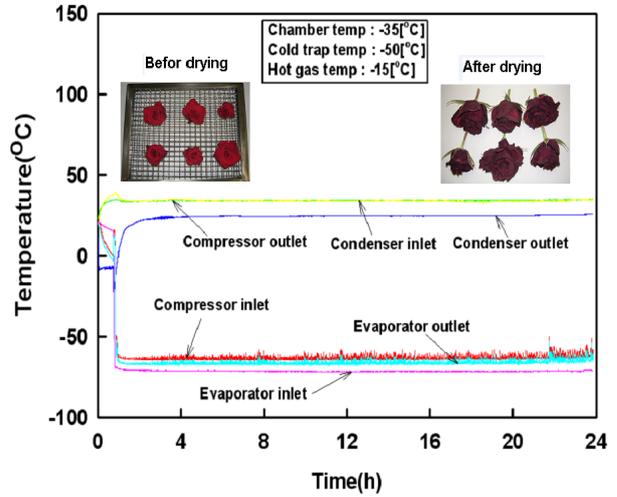


Fig. 4 The temperature variation in the each part of apparatus

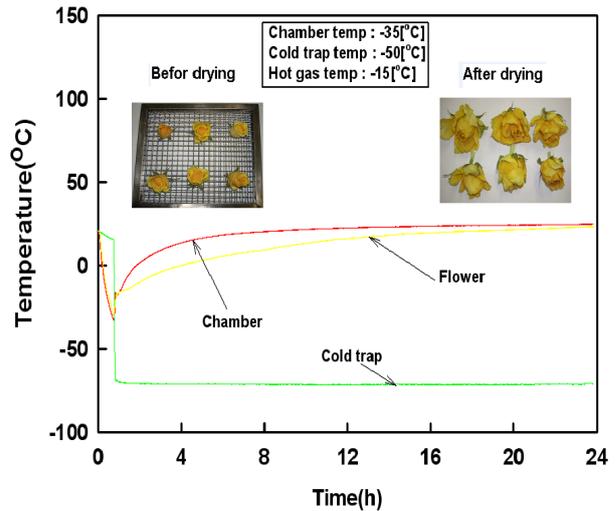


Fig. 5 The temperature variation in the dry flower, chamber and cold trap

3.2 드라이 플라워의 품질특성

Fig. 6은 진공 챔버 내 온도 -35°C , 진공도 10^{-3}torr 와 콜드트랩 내 온도 -50°C , 핫가스 분사온도 -15°C 의 조건에서 장미를 급속 진공 동결 건조한 경우, 건조 1일, 2일, 4일 후, 수분의 평균 감소율을 나타낸 결과이다.

그림에서와 같이 진공 동결 건조의 경우, 1일 경과 시 생화 대비 약 평균 82%의 수분 감소가 발생되었으며, 2일 후에는 평균 84.4%, 4일 후에는 85.9%의

감소율을 나타내었다.

이와 같은 결과는 동일한 종류의 생화를 통풍이 잘되는 실험실에서 거꾸로 매달아 자연 상태에서 건조한 경우, 수분 감소율이 85%에 도달하기까지는 평균 12일이 소요되는 것에 비해, 진공 동결 건조에서는 2일로 매우 짧아 건조 시간을 단축할 수 있었다.

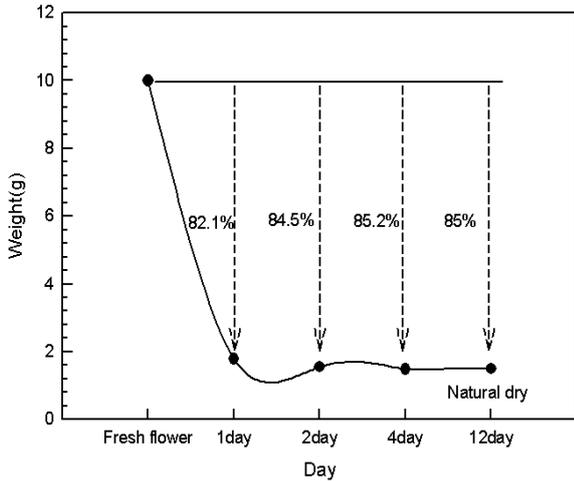


Fig. 6 Comparison of drying rate at the time of operation

Fig. 7은 건조시 화훼류의 형태학적 특성을 파악하기 위해 진공 동결 건조시와 자연 건조시 꽃의 형태를 나타낸 결과이다. 그림에서와 같이 진공 동결 건조를 한 장미는 건조과정에서 꽃이 벌어지면서 증대되고, 꽃잎의 끝부분이 뒤집어지면서 매우 아름다운 형상으로 건조가 이루어졌으며, 꽃잎 뿐 아니라 줄기의 수축도 자연건조와 비교하여 수축현상이 매우 적게 일어났다⁶⁾. 그러나 자연 건조의 경우에는 그림에서와 같이 건조가 진행됨에 따라 꽃잎이 말려들어가 작아지고, 형태도 제 각각이며, 색상도 어두워지는 것으로 나타났다.



(a) Natural dry (b) Freeze dry

Fig. 7 Variation of style after 4 days

Fig. 8은 생화를 대상으로 72시간 진공 동결 건조 및 자연 건조를 시킨 경우, 건조된 꽃의 직경을 나타낸 결과이다. 그림에서와 같이 동결 건조를 한 경우에는 생화에 비해 꽃의 크기가 약 9% 감소하였으나 자연 건조는 36% 감소하여 현저한 차이를 나타내었다. 이와 같은 이유는 진공 동결 건조의 경우에는 초기 급속 동결된 후, 챔버 내의 진공으로 승화에 의한 수분의 유출로 꽃의 수축이 방지되는 것으로 해석된다⁷⁾.

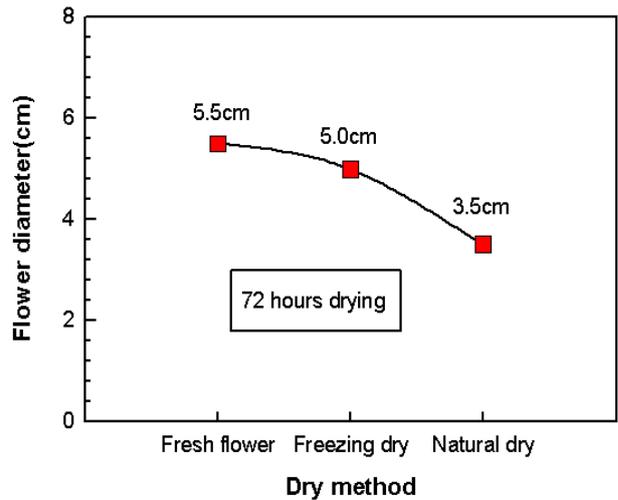


Fig. 8 Comparison of dried rose petals diameter

Fig. 9는 장미를 동결 건조시킨 후, 생리학적 특성을 검토하기 위해 급속 진공 동결 건조 1일, 2일, 4일과 4일 자연 건조한 경우, 꽃잎의 명도 변화를 나타낸 결과이다. 명도 변화는 색차계를 이용하여 건조 전의 생화와 동결 건조(1, 2, 4일) 및 자연 건조(4일) 후 측정하였으며, 건조된 꽃의 색도는 색차계(CR-200)와 비색계(DMS-200, Varian Co. Australia)를 이용하여 시료의 명도 L값(Lightness, Black=0, White=100), 적색도 a값(Red-Green, Red=+100, Green= -80), 황색도 b값(Yellow-Blue, Yellow= +70, Blue = -80)으로 나타내었다. 그림에서와 같이 자연 건조의 경우, 4일 건조 후, 생화 대비 명도가 약 16% 정도로 낮아졌으며, 진공 동결 건조의 경우에는 1일(7.0%), 2일(7.8%), 4일(8.6%) 정도로 낮아졌다. 즉, 자연 건조나 동결 건조나 건조가 진행됨에 따라 꽃의 명도가 낮아져 색도가 짙어지며, 동일한 4일 건조 후, 자연 건조가 진공 동결건조에 비해 약 2배 가까이 더 짙어지는 결과를 나타내었다^{8~9)}.

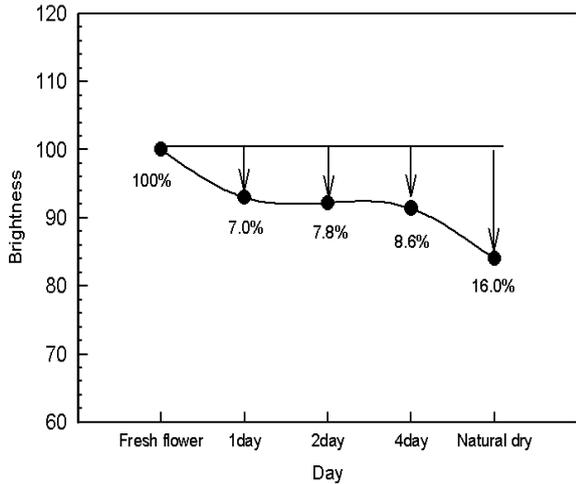


Fig. 9 Comparison of brightness

Fig. 10은 자연 건조시와 진공 동결 건조시, 절화의 품질에 영향을 미치는 안토시아닌의 변화를 나타낸 결과이다.

안토시아닌은 꽃의 색깔 발현에 중요한 수용성 색소로서 청색, 자색, 적색 등의 여러가지 색깔을 나타내며 저장, 가공 및 건조시 변색 및 탈색되어 절화의 품질을 저하시킨다¹⁰⁾. 그러므로 절화를 건조할 때에는 색소 잔존율을 높일 수 있는 방법을 강구해야만 좋은 색상의 드라이 플라워를 얻을 수 있다.

그림에서와 같이 장미를 자연 건조시와 진공 동결 건조한 경우, 꽃잎 내 안토시아닌의 함량은 시간이 경과함에 따라 진공 동결 건조는 자연건조에 비해 색소함량이 높게 나타나 변색 정도가 낮게 나타났다. 이와 같은 결과는 짧은 시간의 동결 건조 처리가 변색 및 탈색을 방지하는데 효과적으로 작용한 것으로 판단된다.

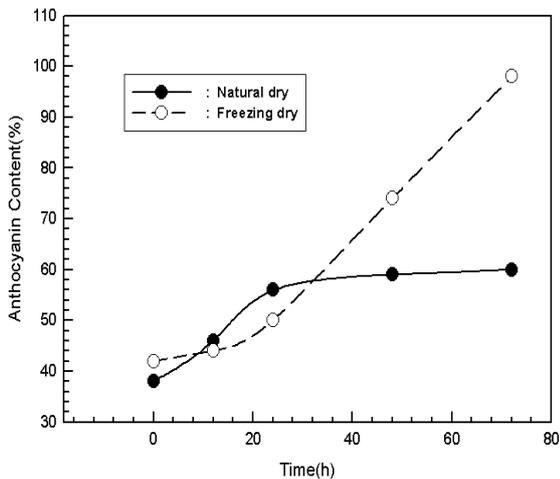


Fig. 10 Comparison of anthocyanin content

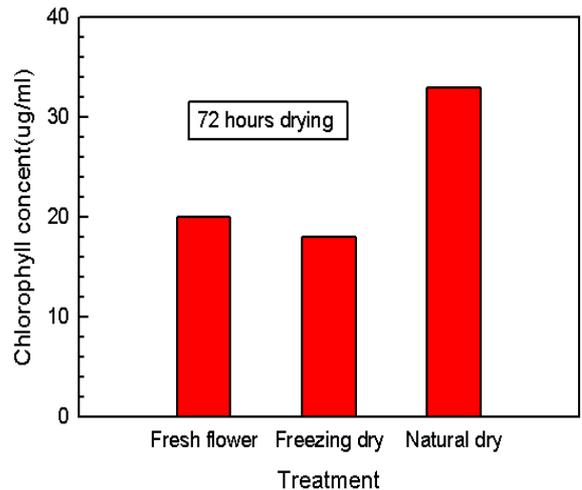


Fig. 11 Comparison of chlorophyll content

Fig. 11은 72시간 자연 건조와 진공 동결 건조를 한 경우, 건조 장미의 엽록소 함량 변화를 나타낸 결과이다.

그림에서와 같이 자연 건조를 한 경우에는 건조가 진행됨에 따라 엽록소 함량이 높게 나타났다. 그러나 진공 동결 건조의 경우에는 건조 전의 생화와 거의 비슷한 엽록소 함량을 나타내었다.

엽록소 함량의 증대는 건조 과정에서 높은 색소의 축적을 의미하며, 이는 건조시 세포내 색소에 변화를 주어 짙은 꽃잎 색과 낮은 명도를 야기시키는 것으로 판단된다.

4. 결 론

고 품질의 드라이 플라워화를 위해 급속 진공 동결 건조와 자연 건조를 한 경우, 건조 장미의 형태학적 및 생리학적 특성을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 급속 진공 동결 건조의 경우에는 1일 건조 후 약 82%의 건조가 발생되어 일반 건조 물품의 최적 보관 함수율 18%에 도달되었으며, 4일 후에는 약 85.9%로 자연 건조 평균 12일에 비해 매우 짧은 건조 시간을 나타내었다.

2. 건조시 화훼류의 형태학적 특성을 파악한 결과 진공 동결 건조의 경우에는 건조과정에서 꽃이 벌어지면서 꽃잎이 증대되고, 끝부분이 뒤집어지면서 생화에 가까운 형태를 나타내었으며, 수축도 건조 72시간을 기준으로 생화 대비 약 9% 감소하였으나 자연 건조는 36%정도 감소하여 현저한 차이를 나타내었다.

3. 건조 화훼류의 생리학적 특성에 영향을 미치는 명도는 건조가 진행됨에 따라 낮아져 색도가 짙어지며, 건조 4일을 기준으로 자연 건조는 진공 동결 건조에 비해 약 2배 가까이 짙어지는 결과를 나타내었다.

4. 진공 동결 건조의 경우, 건조 화훼류의 변색 및 탈색에 영향을 미치는 안토시아닌, 엽록소의 함량도 자연 건조시와는 뚜렷한 차이를 나타내었으며, 이는 초기 짧은 시간에 걸쳐 급속 동결된 후, 진공에 의한 수분의 승화에 기인하는 것으로 판단되었다.

10. Gould, K. S., K. R. Markham, R. H. Smith and J. J. Goris, 2000, "Functional role of anthocyanins in the leaves of *Quintinia serrata* A", *Cunn., J. Exp. Bot.*, Vol. 51, pp. 1107-1115.

참고 문헌

1. 농촌진흥청, 1998, "시설원예", pp. 11-33.
2. 최영하, 2000, "시설원예작물 환경관리기술과 자재 개발 심포지움", pp. 13-35.
3. 이영만, 1998, "시설원예 농업의 경제성과 전망", KSCS & KBS 심포지움, pp. 41-67.
4. 강정일, 오세익, 1993, "시설원예농업의 실태와 시설원예 육성사업의 추진방향", 농촌경제, Vol. 16, No. 3, pp. 31-42.
5. Lee, W. Y., M. J. Yoon, C. H. Park and B. H. Kwack, 2003, "Effects of various drying methods for wild flower", *Korea Journal of Horticultural Science and Technology*, Vol. 21, pp. 50-56.
6. Sho, C. S., Y. J. Park, I. B. Lee and B. G. Heo, 2001, "Color and morphological characteristic of freeze-dried rose", *Journal of Korea Flower Research*, Vol. 9, pp. 87-90.
7. Sohn, K. H., 1994, "Studies on the best temperatures in drying flowers with silica gel", *Korea Journal of Horticultural Science and Technology*, Vol. 3, pp. 45-52.
8. Im, M. H., Y. K. Yoo and Y. S. Park, 2003. "Effects of drying conditions on changes of flower color and diameter in *Gerbera hybrida*", *Korea Journal of Horticultural Science and Technology*, Vol. 44, pp. 102-106.
9. Sohn, K. H., H. J. Kwon and E. Y. Kim, 2003, "Effects of drying methods on shape and color of *Rosa hybrida*", *Korea Journal of Horticultural Science and Technology*, Vol. 21, pp. 136-140.