

산 · 학 · 연 논문

1-MCP: 주목받는 신선도 유지제(Ethylene Antagonist)

이용수¹ · 이희범² · 최원석^{1*}

¹충주대학교 식품공학과

²충북대학교 약학과

1-MCP: The Most Representative Ethylene Antagonist for Produce Quality Enhancer

Ung-Soo Lee¹, Hee-Pom Lee², and Won-Seok Choi^{1*}

¹Dept. of Food Science and Technology, Chungju National University, Chungbuk 380-702, Korea

²Dept. of Pharmacology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

서 론

1-methylcyclopropene(1-MCP)는 diaizocyclopentadiene(DACP)의 광분해 산물중 하나로 cyclic olefin 유사물질이며, 분자량은 54.09, 끓는점이 10°C(1기압)에 불과하여 상온에서는 기체로 존재한다. 1-MCP는 식물의 에틸렌 수용체에 결합하여 비가역적인 불활성 혼합체를 형성함으로써 에틸렌 작용을 차단하는 것으로 밝혀졌다(1-4).

에틸렌은 식물의 성숙과 노화의 촉진에 관여하는 호르몬으로, 에틸렌의 생합성중 식물체에 상처가 나거나 병원체에 의한 감염, 또는 침수나 스트레스에서 오는 자극 등이 에틸렌의 발생량을 증가시킨다고 보고되었다(3,5,6).

이러한 에틸렌 작용을 저해할 수 있는 여러 가지 방법들이 고안되었는데, 1) 다공성 물질을 통해 발생한 에틸렌을 직접 흡착하는 방법, 2) 산화성물질을 이용하여 에틸렌을 산화시키는 방법, 3) 에틸렌생합성 효소억제제를 사용하는 방법 및 4) 에틸렌 작용 억제제를 사용하는 방법 등이 사용되고 있다(6).

1-MCP라는 물질은 1994년 미국의 North Carolina State University 의 Sisler 교수 등에 의해 처음으로 개발되어(특허 US 5,518,988), 에틸렌 결합부위에 영구적으로

결합되고, ppb수준의 매우 낮은 농도에서도 효과적으로 에틸렌의 작용을 차단하는 것으로 보고되었으며, 현재까지 알려진 여러 에틸렌 작용 억제제와 비교하여 효능이 매우 탁월한 것으로 알려져 있다(2,7-10).

그러나 문제는 1-MCP gas의 저장안정성으로, 1-MCP gas는 화학적으로 대단히 불안정하여 쉽게 dimerization 또는 중합반응을 일으킬 뿐만 아니라, 대기에 존재하는 산소와도 쉽게 반응하기 때문에 일반적인 압축 gas 보관법으로는 장기보존이 불가능하여, 장기저장을 위해서는 초저온(-150°C 이하) 하에서 보관할 수밖에 없다는 것이 상용화의 가장 큰 걸림돌이 되어왔다.

이 문제를 해결하기 위해, Biotechnologies for Horticulture Inc.(US)에서 1-MCP의 개별 분자를 α-cyclodextrin의 공극 구조안에 격리 고정시킴으로써 자가 중합을 방지하는 보존 방법을 발명하였고(특허 US 6,017,849), 미국의 롬앤하스 사(Rohm and Haas Co.)가 이 기술을 사들여 2003년 최초로 상용화에 성공하여 현재 자회사인 AgroFresh 사를 통해 SmartFresh^{TR}(또는 화훼용으로 EthylBloc^{TR})라는 제품으로 미국, 캐나다, 남미, 유럽, 아시아 등 약 50여 개국에서 판매되고 있으며, 우리나라에서는 2005년 등록되어 사용되고 있다. SmartFresh는 분말형태로 물과 같은 용매에 녹으면 내부에 흡착되어 있던 1-MCP gas를 방출하므로 기체형태로 보관 시 발생하는 장기저장문제가 해결되었으며(7), 또한 안전성 및 독성부면에서도 2002년 미국 환경청(EPA)에서 인체, 동물 및 환경과 관련되어 무해한 것으로 등록되어(8) 최근 들어 화훼류 또는 과실 등의 원예산물에서 수확후 노화 또는 성숙을 지연시키는 용도로 세계적으로 널리 이용되고 있다(7). 최

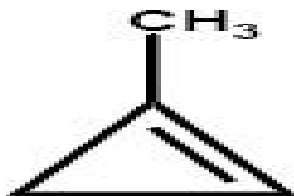


그림 1. 1-methylcyclopropene(1-MCP)의 구조식

*Corresponding author. E-mail: choiws@cjnu.ac.kr
Phone: 043-820-5249, Fax: 043-820-5240

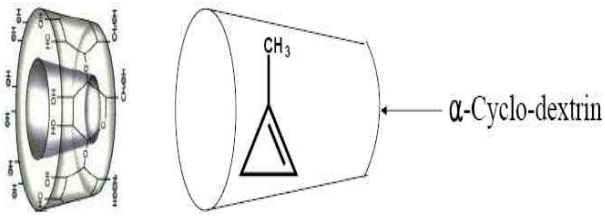


그림 2. α -cyclodextrin에 포집된 1-MCP 형태

근 들어 국내 이룸바이오테크놀로지 사가 롬앤하스 사 이후 세계에서 두 번째로 1-MCP 기술을 상용화하는데 성공하여 국내 시장 점유율을 40% 이상으로 확대해가고 있다(11).

1-MCP의 활용; 과채류

과실류를 구분함에 있어, 성숙과정 중 호흡량과 에틸렌 발생량이 급격히 증가하였다가 감소하는 호흡급등형(climacteric)과 급등하지 않는 비급등형(non-climacteric)으로 구분하는 경우도 있다(12). 1-MCP 처리에 의한 에틸렌 작용 저해 및 호흡량 억제효과는 작물의 종류, 품종, 처리할 때의 과실성숙단계, 저장방법 및 저장시기 등의 내·외적 요인에 따라 차이가 있으나, 전반적으로는 호흡급등형 과실류에서 효과적인 것으로 알려져 있다. 즉, 호흡급등형 과실인 사과, 감, 자두, 토마토, 멜론, 그리고 바나나 등에서 호흡증가 및 에틸렌의 작용을 억제하여 과실의 숙도 및 연화를 지연시키는 것으로 보고되었다(9,12). 사과의 경우 'Fuji', 'Gala', 'Ginger Gold', 'Jonagold' 및 'Delicious' 등의 품종에서 에틸렌 생성 및 호흡속도를 저하시키고 과실의 연화 및 산함량 감소 등을 억제시킬 수 있으며(12), 특히 'Fuji'사과의 경우 처리시기에 의한 1-MCP 처리효과를 조사한 결과, 수확 1개월 후에 처리한 경우에도 효과적이었다고 보고하였다(13).

사과품종별 1-MCP 처리효과는 숙성과와 재배지역 등에 따라 영향을 받을 수 있으나 일반적으로 McIntosh, Golden Delicious, Honeycrisp, Law Rome, Mutsu 등의 경우 상대적으로 낮고, 반면에 Cortland, Delicious, Empire, Fuji, IdaRed, Jonagold, Spartan 등에는 높으며, Gala, Gingergold, Jonathan, Northern Spy, Sunrise 등은 중간정도의 효과를 보이는 것으로 알려져 있다(14).

부유단감에 1-MCP를 처리할 경우 호흡증가억제 및 상온유통 중 발생하는 연화속도를 늦추는 것으로 보고되었으며(4,7), 대석조생 자두의 경우 상온유통 및 저온저장 상온유통시 모두 에틸렌생성과 호흡량을 감소시켰으며, 자두의 연화와 색도변화도 억제하였다고 보고하였다(13)

한편, 사과와 복숭아는 모두 호흡급등형 성숙유형을 나타내는 과실이지만 1-MCP 처리에 의한 결과는 차이가 있어, 사과에서는 1-MCP 처리가 뚜렷하지만 복숭아의 경

우 처리효과가 제한적인 것으로 보고되고 있다. 이는 작물의 종류 혹은 성숙단계에 따라 1-MCP 활성화에 차이가 있어, 복숭아의 경우 호흡속도가 빨라 처리용기내부의 높은 CO₂ 농도에 의해 에틸렌 수용체 합성이 방해받았거나, 또는 용기내부에 축적된 에틸렌에 의한 영향인 것으로 추정하였다(15).

비급등형 과실인 일부 참외 품종들에 대한 1-MCP 처리의 경우, 참외골의 색도변화, 부패 발생, 당도 및 경도감소에 효과적이었으나 품종에 따라 그 최적농도가 다소 차이가 있었으며, 2000 ppb 이상 처리할 경우 부작용을 나타내었다고 보고하였다(6).

저온장해 또는 취급과정에서의 부주의, 그리고 곰팡이 발생 등으로 에틸렌이 급증하여 품질이 떨어지는 애호박에 1-MCP를 처리할 경우 낮은 호흡률을 유지하였고, 더불어 경도와 중량감소 억제 및 신선한 색을 유지하는데 탁월한 효과가 있는 것으로 나타났으며(8), 브로콜리의 경우 1-MCP 처리농도 및 처리후 저장온도에 따라 최대 2.5배 수명이 증가하였다고 보고되었다(16).

1-MCP의 활용; 화훼류

절화(cut flowers)류는 수확 후 흡수능력이 급격히 떨어져 수분 potential 균형이 깨지기 쉬우며, 꽃에서 생성되는 노화호르몬인 에틸렌에 의해 수명이 급격히 짧아진다. 에틸렌 외에 수명에 관여하는 요인으로는 수분과 양분의 결핍, 도관폐쇄 및 미생물의 증식, 각종 호르몬의 생성 및 감소 그리고 수확전 재배조건 등이 알려져 있다(17,18).

에틸렌에 의한 절화수명의 단축은 특히 잎보다 꽃에 큰 피해를 주며, 카네이션, 백합, 알스트로메리아, 프리지아, 구근 아이리스, 금어초, 난, 칼랑코에 등이 에틸렌에 아주 민감한 화훼류에 속한다고 보고되어 있다(10).

최근 과채류의 저장성 연장을 목적으로 사용되고 있는 1-MCP를 환경오염우려가 있는 silver thiosulfate(STS)를 대체하여 절화류와 소형장미, 베고니아, 칼랑코에와 같은 분화류에 개화지연, 상품성향상 및 수명연장의 효과를 제공하는 물질로 사용하고 있다(10).

붉은색 계통의 절화장미에 1-MCP를 처리한 결과, 무처리구의 경우 어두운색을 띠는 반면에 처리구는 밝은 색을 띄고 있었고, 처리농도가 높을수록 붉은색을 지속적으로 유지하는 것으로 보고하였으며(18), 1-MCP 처리가 국내 육성 절화장미의 수명과 품질에 미치는 영향을 살펴본 결과 무처리구보다 수명이 다소 연장되었으며, 품종에 따라서는 약 2배까지 연장되었고, 개화정도나 상품성도 우수하였다고 보고된 바 있다(19). 반면에 절화장미 '롯데로즈'와 '슈프렉스'의 수명에 1-MCP가 미치는 영향을 조사해

본 결과에서는 절화장미의 수명연장에는 별다른 효과를 보이지 않았으나, 화기열립이나 화판처짐과 같이 에틸렌이 관여되는 생리적 현상에는 영향을 미쳐 이를 다소 지연시키거나 억제시킨다는 보고도 있었다(20). 이와 유사한 결과가 절화아이리스에서도 나타나, 무처리구에 비해 1-MCP 처리구에서 개화소요일수는 1일 빨라진 반면, 절화수명은 무처리구와 처리구간에 큰 차이를 나타내지는 않았다. 전반적으로는 1-MCP 처리로 아이리스의 미개화를 억제함으로써 절화품질을 향상시킬 수 있다고 보고하였다(10).

한편, 에틸렌에 민감한 ‘칼랑코에’에 두 종류의 에틸렌억제제(STS, 1-MCP)를 운반(모의수송)전에 처리한 결과, 1-MCP 처리가 STS만큼 효과적이지는 못했지만 무처리구에 비해 1-MCP 처리구에서 확연한 개화율 향상이 나타났다고 보고하였다(21).

절화류 중 알스트로메리아, 다알리아, 텔피니움, 백합, 해바라기, 튜립 등에 1-MCP를 처리할 경우 30~50%의 수명을 연장하며, 팍스글로브, 글라디올러스, 스카비오사 등은 50~100%, 그리고 거베라, Jolly Jumper Asters, 스냅드래곤, 왁스플라워, 야로우 등은 100% 이상 수명을 연장하는 것으로 알려졌다(22).

참고문헌

- Serek M, Sisler EC, Reid MS. 1995. Effect of 1-MCP on the vase life and ethylene response of cut flowers. *Plant Growth Reg* 16: 93-97.
- Serek M, Sisler EC, Reid MS. 1994. Novel gaseous ethylene binding inhibitor prevents ethylene effect in potted flowering plants. *J Amer Soc Hort Sci* 119: 1230-1233.
- 노기안, 하영래, 손기철, 박한영. 2000. 꽃호박의 상처조직에서 발생하는 에틸렌의 생합성에 미치는 1-MCP의 효과. *한국원예학회지* 41: 565-568.
- 최성진. 2010. Aminoethoxyvinylglycine 및 1-methylcyclopropene 처리에 따른 저장 부유단감의 에틸렌 생성, 호흡 및 과육경도의 변화. *원예과학기술지* 28: 242-247.
- Kende H. 1993. Ethylene biosynthesis. *Annu Rev Plant Physiol* 44: 283-307.
- 김정수, 최홍열, 정대성, 이운석. 2010. 국내 참외의 수확 후 관리 및 포장기술 연구. *원예과학기술지* 28: 902-911.
- 안광환, 최성진. 2010. 부유단감의 연화방지를 위한 1-methylcyclopropene의 실용적 처리방법. *원예과학기술지* 28: 254-258.
- 이혜은, 최선태, 이재욱, 도경란. 2006. 1-Methylcyclopropene 처리가 애호박의 선도에 미치는 영향. *원예과학기술지* 24: 471-475.
- 김지영, 이혜옥, 윤두현, 김병삼. 2009. 1-Methylcyclopropene 처리에 따른 머스크멜론의 선도 연장. *한국식품과학회지* 41: 536-540.
- 남진수, 박인숙, 심성임, 류정아, 임기병. 2010. 아이리스 개화율 및 절화수명에 미치는 1-methylcyclopropene과 benzyladenine의 영향. *화훼연구* 18: 87-92.
- [녹색기술대상] 국무총리상/이룸바이오테크놀러지. 2010. 12.5. mk뉴스.
- 임병선, 박운문, 황용수, 도경란, 김기홍. 2009. 수확 후 에틸렌 및 1-MCP 처리가 사과 ‘홍로’ 과실의 품질에 미치는 영향. *원예과학기술지* 27: 607-611.
- 오소영, 임병선, 이재욱, 도경란. 2007. 1-Methylcyclopropene을 이용한 ‘대석조생’ 자두의 유통기간 연장. *원예과학기술지* 25: 369-374.
- Beaudry R, Watkins, C. 2001. Use of 1-MCP on apple. *Perishables Handling Quarterly* 108: 12-16.
- 천종필, 서정석, 김명선, 임병선, 안영직, 황용수. 2010. 1-MCP 및 수확 수 처리가 복숭아 ‘장호원황도’ 저장유통 중 품질에 미치는 영향. *원예과학기술지* 28: 585-592.
- Ku VVV, Wills RBH. 1999. Effect of 1-methylcyclopropene on the storage life of broccoli. *Postharvest Biol Technol* 17: 127-132.
- 임영희, 오욱. 2011. 화병의 재질과 절화보존제 처리가 장미의 절화수명 및 미생물 증식에 미치는 영향. *한국인간식물환경학회지* 14: 23-27.
- 김경숙, 이승우, 이정명. 2005. 한국색채디자인학회 제 1회 학술대회, 서울, 한국. p 36-37.
- 이종석, 이풍옥, 최목필, 이상섭, 박수연, 이희수. 2009. 1-MCP 처리가 국내육성 장미의 절화수명과 품질에 미치는 영향. *원예과학기술지* 27(별호2): 136.
- 손기철, 장명갑, 인병천, 김형선. 1999. 에틸렌 작용억제제 1-MCP가 절화장미의 노화에 미치는 효과. *원예과학기술지* 17: 688.
- 박신애, 손기철, 오명민, 권윤정. 2009. 모의 수송후 에틸렌억제제가 온실재배된 칼랑코에의 개화와 수명에 미치는 영향. *원예과학기술지* 27: 414-419.
- Care & Handling of fresh Cut Flowers. Floralife Inc. p 14. <http://www.floralife.com>.