

수확후 처리제로서 Benomyl과 Bitertanol이 처리된 사과의 저장조건에 따른 잔류량

이은주* · 김장억*

Residues of Benomyl and Bitertanol in Apples Treated as Postharvest Fungicides under Different Storage Conditions

Eun-Joo Lee* and Jang-Eok Kim*

Abstract

This study was conducted to clarify the degradation pattern, safety evaluation and penetration ratio of benomyl and bitertanol to apple used as postharvest fungicides during CA(controlled atmosphere) and cold storage.

In CA storage, the degradation of benomyl and bitertanol in stored apple was slow at the early stage, while that in cold storage was, on the contrary, faster at the early stage. The initial concentrations of benomyl and bitertanol in apples applied at the standard application concentrations were 2.24 and 1.54mg/kg, respectively, and their residual amounts were below the maximum residue limits, 1mg/kg at 135 and 96 days in CA storage, 115 and 70 days in cold storage, respectively. The half-lives of benomyl and bitertanol in stored apples were 124 and 130 days in CA storage, 101 and 111 days in the cold storage, respectively, indicating that the degradation was faster in cold storage than in CA storage. The residual amount of benomyl and bitertanol in stored apples was retained more in peels than in pulps of apples.

*대구광역시 북구 산격동 1370 경북대학교 농과대학 농화학과

Depatment of Agricultural Chemistry, College of Agriculture, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

서 론

최근 우리 나라에서도 국민의 소득수준이 향상됨에 따라 점차적으로 식생활이 선진화됨으로서 안전하고 품질이 우수한 농산물에 대한 선호도가 증가하고 있다. 따라서 이에 부응하기 위하여 농작물의 재배기술이 향상됨은 물론이고, 수확 후의 효율적인 관리에까지 그 관심이 증가되고 있다. 특히, 사과는 우리 나라 농가 소득중 30%를 차지하는 주 소득원이며 생산량과 소비량도 계속적으로 증가하고 있는 추세이다. 그러나 사과는 재배 특성상 특정 계절에 다량으로 출하되기 때문에 연중 고품질의 사과를 요구하는 소비자들의 욕구를 충족하고, 생산자의 물량과다로 인한 경제적인 손실을 방지하기 위해 저장을 하게 되는데 이때 다른 작물에 비하여 저장 중에 손실이 많은 것으로 알려져 있다.^{1~5)}

사과를 저장하는데 있어서 나타나는 문제점은 주로 수분증발에 의한 위조현상과 균류에 의한 피해이다. 수확한 과실을 저장할 때 발생하는 위조현상을 방지하기 위한 저장방법으로는 저온저장, polyethylene film에 의한 저장, CA(controlled atmosphere storage)저장 및 방사선조사후의 저장 등이 알려져 있다. 이러한 여러 형태의 저장방법 중 저장창고 내의 대기 조성비를 조절하여 O₂의 농도를 낮추고 CO₂와 N₂ 농도를 조절하여 수확 후 저장 중인 과실의 자체내 호흡을 억제시키고 climacteric에 이르는 시간을 연장시켜 성숙을 지연시키는 CA저장이 다른 방법에 비해 효능이 우수한 것으로 알려지고 있다.^{6,7)} 이와 병행하여 수확 후 수송 및 저장 중에 발생하는 과실의 균류에 의한 손실을 줄이기 위하여 postharvest 약제가 처리되고 있다. 이미 농산물을 대량으로 수출하고 있는 캐나다, 미국, 오스트레일리아 및 유럽 등에서는 농산물의 수송 중의 피해를 줄이기 위해 postharvest 약제를 살균제, 살충제 및 훈증제 등으로 처리하고 있으며^{8,9)}, 현재 주로 사용되고 있는 postharvest약제는 benzimidazole계 농약에 해당되는 methyl-thiophanate, thiabendazole, benomyl, carbendazim과 imazalil, captan, daminozide, tolyfluanide, dichlorvos, chlorpropham,

iprodione, vinclozolin 및 procymidone 등이 알려져 있다. 이러한 약제들 중에서 특히 사과와 배의 저온저장 중 발생하는 균류인 *Penicillium expansum*, *Gloeosporium* sp., *Alternaria* sp., *Venyturia nashicola* 및 *Botrytis cinerea* 등의 방제를 위해서는 benzimidazole계 살균제인 methyl-thiophanate, thiabendazole, benomyl, carbendazim 등이 많이 사용되고 있다^{10~15)}. 그러나 이러한 약제들이 효능이 있음에도 불구하고 benzimidazole계 살균제에 저항성을 가지게 된 균류인 *Alternaria* sp., *Venyturia nashicola* 등이 나타나 새로운 침투성 약제인 imazalil 및 ergosterol 생합성저해제인 triflumizol, bitertanol 등도 함께 사용되고 있다.^{16,17)}

Postharvest 약제가 아무리 저장 중인 사과의 균류방제에 유용하더라도 농약은 어느 정도의 독성과 잔류성이 있게 마련이므로 최종적으로 여러 조건하에서 저장된 농산물은 출하시점에서 농약잔류량의 안전성 규명이 필요하게 된다. 아직 국내에서는 농산물에 처리할 수 있는 postharvest 약제가 공식적으로 등록이 되어 있지 않으나 상당량의 농산물이 여러 형태로 저장 및 수출을 하고 있으므로 이때 발생할 수 있는 병해에 의한 손실을 줄이기 위해서 외국에서 이미 사용되고 있는 postharvest 농약들에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 본인 등은 이미 postharvest 약제가 처리된 사과가 저온 및 CA저장구에서 사과의 품질을 좀더 지속적으로 유지시킬 수 있다는 것을 보고¹⁸⁾한 바 있다.

본 연구에서는 현재 우리 나라 과실 중 가장 많은 비율을 차지하는¹⁹⁾ 사과의 후지 품종에 postharvest 약제로서 benomyl과 bitertanol을 표준권장살포량과의 5배 농도를 처리한 후 저장조건에 따른 약제의 분해양상 및 잔류량 변화, 약제의 안전성평가 및 사과 내로의 침투율을 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 공시약제

Benzimidazole계 살균제인 benomyl 과 triazole계

살균제인 bitertanol의 제품인 Benlate수화제와 Baycor수화제를 사용하였으며 이들 약제의 이화화적인 특성은 전보¹⁸⁾와 같다.

2. 저장조건

CA 및 저온저장을 할 사과시료는 후지사과를 이용하여 전보¹⁸⁾와 같은 조건으로 저장하였다. 저장실의 온도는 2°C 이었으며 가스조성은 CA저장일 경우 O₂ 3%, CO₂ 1%이었으며 저온저장일 경우 O₂ 21%, CO₂ 0.03%이었다. 사과에 대한 약제처리는 Table 1과 같이 침지농도와 침지시간에 따라 사과를 침지시켜 건조시킨 후 plastic 상자에 담아 CA저장구와 저온저장구로 분리하여 저장하였다.

Table 1. The program and classification of postharvest fungicide treated to apples before storage.

Fungicide	Formulation	Immersion conc.(mg/l)	Immersion time(min)	Class
Benomyl	Benlate(WP)	325	1	A
Benomyl	Benlate(WP)	1,625	1	B
Bitertanol	Baycor(WP)	225	1	C
Bitertanol	Baycor(WP)	1,125	1	D

3. 분석방법

사과에서 benomyl의 잔류량 분석은 세절한 과육 50g, 과피 25g에 ethylacetate-acetone(3 : 1, v/v)을 가한 후 1시간 진탕 추출하였다. 추출물은 Celite 545를 이용하여 감압 여과시켰다. Ethylacetate로 용기 및 잔사를 세척하여 앞서의 여과액과 합하여 ethylacetate로 추출한 후 분리된 ethylacetate층을 받아서 40°C 수욕상에서 감압 농축하여 0.1N HCl로 3회 세척한 후 HCl층을 ethylacetate로 다시 추출하였다. 이 추출액을 pH 6.2~6.4로 조절한 후 dichloromethane 50ml를 가하여 3회 추출하여 dichloromethane층을 다시 40°C 수욕상에서 농축 건조시켜 최종적으로 acetonitrile로 재용해하여 일정량

을 HPLC(Young In HPLC 9500)로 분석하였다. 분석에 사용된 column은 μ BondapakTM C₁₈ (i.d. 3.9 × length 300mm)이었으며 mobile phase로 acetonitrile / water (45/55, v/v) 이었고 UV(280 nm) 검출기를 사용하였다.

사과에서 bitertanol의 잔류량 분석은 세절된 과육 50g, 과피 25g에 acetone을 가한 후 1시간 진탕 추출하였다. 추출물을 감압여과하고 acetone으로 잔사 및 용기를 세척한 후 세척액과 여과액을 합하여 40°C 수욕상에서 농축하여 분액여두로 옮긴 후 포화 식염수, 증류수 및 ethylacetate를 첨가하여 추출하였다. 그 후 완전히 분리된 ethylacetate층을 40°C 수욕상에서 농축 건조시킨 후 acetone : chloroform (2 : 8, v/v) 용액으로 재용해하여 silicagel column에서 acetone : chloroform(2 : 8, v/v)의 용출로 정제하였다. 다시 용출액을 농축 건조시킨 후 acetone으로 재용해하여 일정량을 GLC(HP-5890)에 주입하여 정량하였다. 분석에 사용된 column은 chromosorb W, HP(80~100mesh)에 3% OV-1을 충전시킨 내경 4mm, 길이 2.4m인 glass column이었으며, 온도는 column 230°C, injector 250°C 및 detector 270°C로 검출기는 NPD를 사용하였다.

결과 및 고찰

사과에 처리된 benomyl 및 bitertanol의 잔류량을 분석하기 위하여 확립시킨 분석법에 의한 회수율은 benomyl 및 bitertanol의 0.1 및 1.0ppm 처리수준에서 benomyl은 92.4%~94.4%, bitertanol은 97.4%~97.6%의 회수율을 각각 보였으며, 검출한계는 두 약제 동일하게 0.01ppm 이었다. Benomyl의 HPLC 분석조건 및 bitertanol의 GLC 분석조건에서 retention time은 각각 6.9분과 3.3분이었다. 저장실험에 사용할 사과들은 사과시료에 이미 잔류되어 있을 것으로 예상되는 공식약제들의 잔류량 분석을 위하여 저장전에 20개의 사과를 임의로 선택하여 benomyl과 bitertanol이 분석되었다. 분석시료에서 두 약제의 잔류량은 두 약제 모두 검출한계인 0.01ppm

미만으로 나타났다.

Postharvest 약제로서 benomyl과 bitertanol을 사과에 권장살포농도와 권장살포농도의 5배로 처리하여 사과의 과육, 과피 및 과육과 과피를 제거하지 않은 사과전체로 나누어 사과에서의 잔류량을 조사한 결과, CA저장과 저온저장에서 두 약제의 분해양상은 Fig. 1부터 6과 같았다.

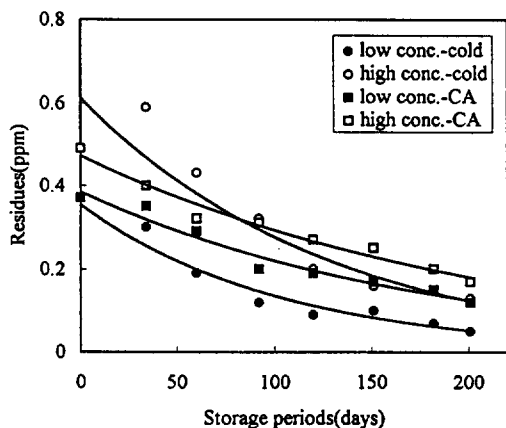


Fig. 1. Degradation of benomyl in apple pulp treated at two different concentrations over the storage periods.

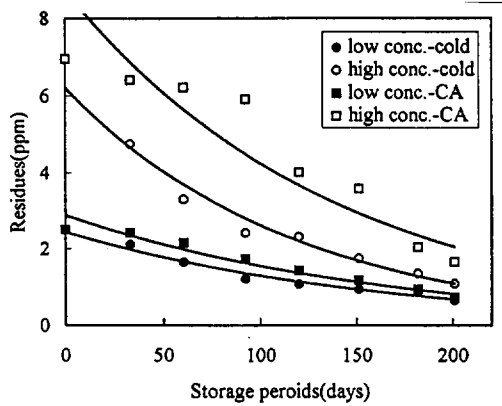


Fig. 2. Degradation of benomyl in apple peels treated at two different concentrations over the storage periods.

저장중인 사과에서 농약의 잔류량은 주로 처리된 약제의 종류, 과실의 품종, 저장조건 뿐만 아니라

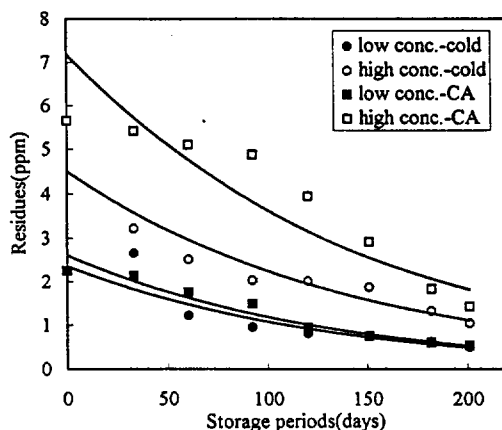


Fig. 3. Degradation of benomyl in whole apple treated at two different concentrations over the storage periods.

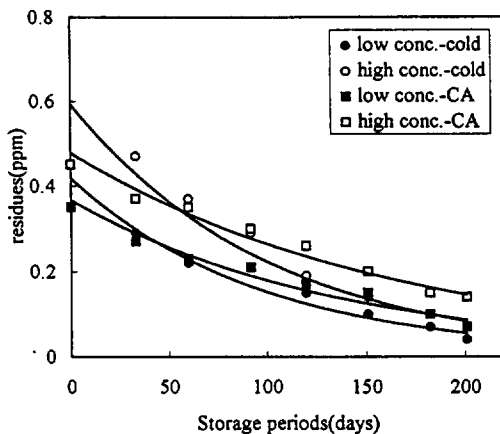


Fig. 4. Degradation of bitertanol in apple pulp treated at two different concentrations over the storage periods.

사과에 부착 또는 흡수된 약제의 분해에 관여하는 가수분해, 광분해, 산화, 환원 및 휘산 등에 의해서도 각각 다르게 나타난다.²⁰⁾

CA저장된 사과(whole apple)에서 약제의 분해양상은 Fig. 3 및 6에서와 같이 두 약제 동일하게 저장 92일경까지는 대체적으로 약간 빠른 속도로 분해되다가 저장중반기인 120일경부터 분해속도가 느리게 나타났다. 이러한 경향은 토양 환경 중에 살포된 농약의 분해양상은 휘산, 용탈 등의 물리적인

인자가 주로 관여하여 초기에 빨리 분해된다는 일반적인 농약의 분해양상과는 반대현상을 나타내었다. 즉 benomyl과 bitertanol이 처리된 사과와 CA 저장조건에서는 약제의 초기분해에 관여하는 휘산 등이 크게 작용하지 않았음을 알 수 있다. 따라서 CA저장에서는 약제의 상당량이 저장초기 보다는 저장중반기에 분해되며, 이러한 경향은 benomyl과 bitertanol의 표준살포권장량으로 처리된 구보다는 5배 고농도로 처리된 사과와 과피에서 그 경향이 더욱 뚜렷이 나타났다.

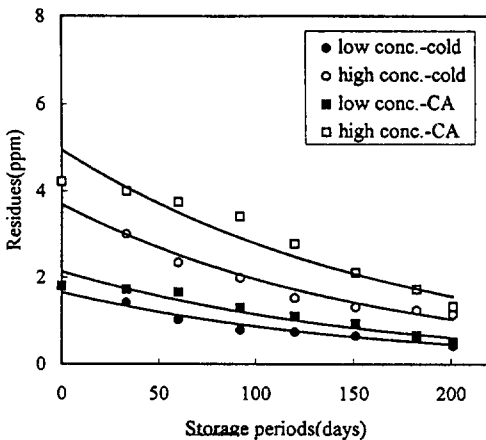


Fig. 5. Degradation of bitertanol in apple peel treated at two different concentrations over the storage periods.

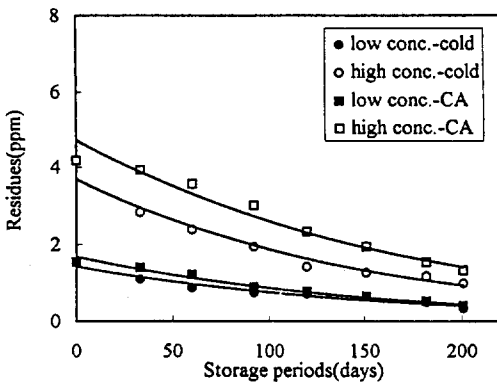


Fig. 6. Degradation of bitertanol in whole apple treated at two different concentrations over the storage periods.

저온저장된 사과에서 약제의 분해양상은 저장초기에 느린 분해를 보이는 CA저장과 비교해 볼 때, 저장초기에 다소 빠른 분해를 보이며 저장후반기로 갈수록 느리게 분해되는 것으로 나타났다. 이것은 저온저장의 단순한 온도조절만으로는 미생물의 활동을 억제할 뿐 저장된 사과와 대사과정에는 영향을 줄 수 없어 CA저장된 사과보다는 저온저장된 사과에서 보다 빨리 성숙하게 된다는 Smith 등의 결과⁶⁾와 관련이 있을 것으로 추측된다. 즉, 따라서 저온저장구에서 저장초기의 빠른 분해는 과실자체 내 성숙으로 인한 대사과정 촉진에 의해 약제의 분해가 영향을 받는 것으로 사료된다. 또한, 침지시킨 농도에 비례해서 과피에서 과육으로의 침투력이 증가되는데 Fig. 1 및 4에서와 같이 두 약제 모두 표준권장량으로 처리된 구보다는 5배 고농도로 처리된 구에서 침투력이 증가되며 33일경에 과육에서 잔류량은 초기잔류량 보다 benomyl은 120%, bitertanol은 104%로 그 양이 증가되었다. 그러나 그 이후부터는 사과와 수분감소, 조직의 연화가 느리게 진전되므로²¹⁾ 이에 비례해서 약제도 상당히 느리게 분해되는 것으로 추측된다.

Fig. 1부터 6과 같이 두 약제 동일하게 저온저장에 비해 CA저장에서 잔류량이 보다 높게 측정되었다. 이것은 단순한 약제성분에 따른 차이가 아니라 CA저장 특성에 기인한 것으로 생각된다. CA저장은 사과와 호흡을 억제시키기 위해 호흡의 주된 원인인 O_2 함량을 21%에서 3%로 감소시키고 사과와 수분 증발을 방지하기 위해 저장창고내를 90~95%의 높은 상대습도로 유지하여 사과와 저장성을 증진시키는데 목적을 두므로²²⁾ 이러한 저장조건 때문에 약제의 분해요인으로 작용되는 산화작용이 억제되어²⁰⁾ CA저장된 사과에서의 잔류량이 저온저장에서 보다 높게 측정된 것으로 추측된다. Fig. 1부터 6에서 제시된 CA저장과 저온 저장된 사과 중 약제의 분해양상을 $Y = ax^{kt}$ 식에 대입한 후 각 약제 및 농도별로 초기농도와 분해반감기를 조사하고 각 구의 유의성을 상호 비교 분석한 결과는 Table 2와 같았다.

CA저장에서 benomyl이 표준권장량으로 처리된

Table 2. Exponential regression equation for degradation of benomyl and bitertanol in CA and cold storage.

Class***	Zone	Initial conc. (ppm)	CA storage			cold storage		
			k	r	t _{1/2} (days)	k	r	t _{1/2} (days)
A	pulp	0.37	-0.0056	-0.968**	137	-0.0101	-0.992**	91
	peel	2.50	-0.0062	-0.875**	141	-0.0057	-0.960**	118
	whole	2.24	-0.0079	-0.900**	124	-0.0069	-0.983**	101
B	pulp	0.49	-0.0047	-0.970**	142	-0.0122	-0.936**	93
	peel	6.95	-0.0072	-0.940**	144	-0.0087	-0.942**	88
	whole	5.65	-0.0096	-0.961**	143	-0.0072	-0.881**	88
C	pulp	0.35	-0.0071	-0.980**	119	-0.0054	-0.930**	110
	peel	1.80	-0.0121	-0.908**	149	-0.0100	-0.892**	107
	whole	1.54	-0.0065	-0.990**	130	-0.0063	-0.932**	111
D	pulp	0.45	-0.0059	-0.900**	139	-0.0092	-0.987**	120
	peel	4.21	-0.0057	-0.898**	156	-0.0063	-0.941**	104
	whole	4.17	-0.0060	-0.900**	145	-0.0068	-0.832*	100

Formula : $y = a.e^{kx}$, y : residue level(ppm), a : initial level(ppm), k : slope, x : storage period(days), r : coefficient, t_{1/2} : half-life(days)

* : P<0.05

** : P<0.01

*** : See table 1

사과의 초기 잔류량은 과육 0.37mg/kg, 과피 2.50 mg/kg, 사과전체 2.24mg/kg 이었으며, 잔류허용기준치인 1mg/kg에 이르는 시기는 전체사과에서 135일로 나타나 이 시기 이후에는 표준권장량으로 약제가 처리된 사과도 안전하게 섭취할 수 있는 것으로 나타났다. 그리고 고농도로 처리된 구에서 초기 잔류량은 과육 0.49mg/kg, 과피 6.95mg/kg, 전체사과 5.65mg/kg 로 침지농도에 비례해서 초기잔류량이 표준권장량으로 침지시킨 구보다 높게 나타났다. Bitertanol이 표준권장량으로 처리된 사과의 초기 잔류량은 과육 0.35mg/kg, 과피 1.80mg/kg, 사과전체 1.54mg/kg 이었으며 잔류허용기준치인 1mg/kg에 이르는 시기는 사과전체에서는 96일로 나타나

저장 후 96일째 이후부터는 출하 할 수 있는 것으로 나타났다.

CA저장중인 사과에서 지수함수식을 이용한 약제의 이론적 분해반감기는 benomyl은 124~144일, bitertanol은 119~156일이었으며, 저온저장에서는 benomyl은 88~101일, bitertanol은 104~120일로 나타났다. 이것은 저온저장에서 약제의 분해반감기가 CA저장보다 30여일 정도 분해가 빠르며, 초기농도가 높을수록 반감기가 길게 나타남을 보여주었다. 이러한 원인은 앞에서도 언급하였듯이 CA저장의 특성과 저온저장에서 과실의 보다 빠른 성숙에 의해 약제의 분해속도가 저장구별로 각각 다르게 나타났기 때문으로 사료된다.

또한, 저온저장에서 benomyl과 bitertanol의 표준 권장량에 침지시킨 사과전체의 초기농도는 CA저장과 동일한 2.24 및 1.54mg/kg으로서, 잔류허용기준치인 MRL(maximum residue limit) 1mg/kg에는 각각 115일 및 75일째에 이르러 CA저장 보다 빠르게 분해됨을 보여 주었다.

부위별 잔류량은 침투성약제인 benomyl 과 bitertanol의 두 약제 모두 과피에 잔류량의 85%정도가 잔류했으며, 가식부위인 과육부위로 갈수록 그 양이 감소했다. 이러한 결과는 이들 농약이 거의 비수용성이어서 사과조직속으로는 많은 양이 침투하지 못하여 사과의 과피인 wax층에 주로 잔류되어 있기 때문으로 생각된다.

이상과 같은 결과를 종합하면 postharvest 약제가 처리된 사과에서 약제의 분해양상은 저장조건에 상당히 영향을 받으며 특히 저온저장에서는 CA저장보다 약제분해를 촉진하는 인자들이 많이 존재하여 단순히 약제의 산화, 환원 및 가수분해 등에 의한 분해과정 뿐만 아니라 과실 내에서 일어나는 다양한 대사과정과도 관련이 있을 것으로 추측된다. 따라서 postharvest 농약으로 benomyl과 bitertanol을 사용하여 CA저장을 할 경우 일반적인 저장조건인 저온저장보다는 잔류량이 많음을 감안하여 약제의 처리 농도와 저장 후의 출하시기를 결정하여야 할 것으로 사료된다.

요 약

저장중인 사과에 발생하는 병해를 방지하기 위하여 postharvest 약제로서 benomyl과 bitertanol을 사과에 처리한 후 CA 및 저온저장시켜 저장중 약제의 분해양상, 잔류량의 변화 및 약제의 안전성 평가 그리고 약제의 사과 내로의 침투율을 조사하였다.

CA저장에서 약제의 분해양상은 사과의 저장 초기에는 느린 속도로 분해되나 저장 후반기로 갈수록 빠르게 분해되며, 저온저장에서는 이와는 반대로 저장 후기보다 초기에 빠른 분해양상이 나타났다. Be-

nomyl과 bitertanol이 표준살포농도로 처리된 사과에서의 초기농도는 2.24 및 1.54mg/kg으로 나타났으며, CA저장에서는 저장후 135 및 96일, 저온저장에서는 115 및 70일에 MRL인 1mg/kg에 이르렀다. Benomyl과 bitertanol의 분해반감기는 CA저장에서 124 및 130일이고, 저온저장에서는 101 및 111일로 나타나서 CA저장보다는 저온저장에서 보다 더 빠른 분해가 이루어졌다. Benomyl과 bitertanol이 처리된 사과에서의 침투율을 조사한 결과 두 약제 모두 과육부보다는 과피에 주로 잔류되어 있었다.

참고문헌

1. 이만정. (1992). 식품가공저장학. 동명사 : p. 9~30.
2. Eugene M. (1991). European Apple Warehouse Practice, *Washington State University Tree Fruit Postharvest Journal.*, **2**(3) : 3~15.
3. Lan O. L. , Yastremiski R. and M. Meheriuk. (1987). Influence of maturity, storage, procedure, temperature and oxygen concentration on quality and disorders of McIntosh apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **116**(6) : 93~99.
4. Adel A.K., Robert F.K., and F.G. Mitchell. (1985). Postharvest Technology of Horticultural Crops. *Division of Agriculture and Natural Resources.*, **2** : 3~43.
5. 박무현. (1994). 과실채소류의 저장유통 현황. *농산물저장유통학회지*. **1**(1) : 67~77.
6. Smith S., and J. Stow. (1987). Production of modified atmosphere in delicious fruits by the use of films and coatings. *Hortscience*. **22** (5) : 772~776.
7. Liu F. W., and D. Samelson. (1986). Rates of changes in firmness, acidity, and ethylene reduction of McIntosh apples in simulated low-ethylene CA storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **111**(3) : 404~408.

8. 金擇純. (1992). 農藥의 環境科學. 合同出版 : p. 86~96.
9. Pilor Cano, Jose L., De la Plaza, and Luis Munoz-Delgado.(1987). Determination and persistence of several fungicides in postharvest-treated apples during their cold storage, *J. Agric. Food. Chem.*, **35** : 144~147.
10. Finney E. E. (1973). Measurment techniques for quality control of agricultural product. *Trans. of the ASAE* : p. 25~39.
11. Ulo Kiigemagi and Roderick D. (1991). Residues of benomyl (determined as carbendazim) and captan in postharvest-treated pears in cold storage. *J. Agric. Food. Chem.*, **39** : 400~403.
12. Ruth B. A. (1975). Benzimidazol penetration, distribution, and persistence in postharvest-treated pears. *Phytopathology* **65** : 1185~1189.
13. Carlo B. Flavio B., and Cantamessa L. (1989). Simultaneous determination of benzimidazole fungicide by HPLC on apples, pears and their pulps. *Pestic. Sci.*, **25** : 355~360.
14. Rosenberger D. A., and Wicklow D. T. (1991). Pathogenicity and benzimidazole resistance in *penicilium* species recovered from flotation tanks in apple packing house. *Plant Disease*, **75** (7) : 712~715.
15. Prusky, D. (1985). Effect of imazalil on pathogenicity of *penicilium* spp. causing storage rots of pome fruits. *Plant Disease* **69**(3) : 416~418.
16. Mario P., Cano., Jose L. De la Plaza., and Luis Munozo Delgado. (1987). Determination and persistence of imazalil in postharvest-treated apples during cold storage. *Pestic. Sci.*, **19** : 283~287.
17. Hideo Ishill and Hiromi Takeda. (1990). Sensitivity of the pear scab fungus (*Venturia nashicola*) to three ergosterol biosynthesis-inhibiting fungicide. *Pestic. Sci.*, **30** : 405~413.
18. 이은주, 김장익, 최종욱 (1995). Postharvest 약제가 처리된 사과와 저장조건에 따른 품질변화, 농산물저장유통학회지, **2**(2) : 233~242
19. 농림수산부 (1993). 92년산 작물통계 : p. 14~15
20. Hans Egli. (1982). Storage stability of pesticide residues. *J. Agric. Food Chem.*, **30** : 861~866.
21. Adel A. K. (1986). Biochemical and physiological basis for effect of controlled and modified atmosphere on fruits and vegetables. *Food Tech.*, **1** : 99~104