

최 중
연구보고서

GOVP1200609071

딸기 품종 식별과 품질 향상을 위한 재배 및
수확 후 관리기술 개발

2005. 10

연구기관
충남대학교

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “딸기 품종 식별과 품질 향상을 위한 재배 및 수확 후 관리 기술 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2005년 10 월 일

주관연구기관명 : 충남대학교

총괄연구책임자 : 황 용 수

협동연구기관명 : 경상대학교

협동과제책임자 : 한 창 덕

협동연구기관명 : 논산딸기시험장

협동과제책임자 : 김 태 일

연 구 원 : 이 석 수

연 구 원 : 권 경 학

연 구 원 : 최 재 현

연 구 원 : 장 원 석

연 구 원 : 이 인 하

요 약 문

I. 제 목

딸기 품종 식별과 품질 향상을 위한 재배 및 수확 후 관리 기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

우리나라 딸기 생산은 최근까지 지속적으로 증가하여 왔고 가격 또한 높게 유지되어 농가 소득에 기여한 바 크다. 생산량 증가와 더불어 국내 소비도 증가하고 있지만 일본으로의 수출도 최근까지 지속적으로 유지되어 수출에 의한 국내 가격 지지의 효과도 있을 것으로 추정된다.

국내에서 재배되는 딸기 품종은 주로 일본에서 육성된 품종으로 ‘레드필’(육보)과 ‘아끼히메’(장희) 품종이 가장 많은 재배면적을 점유하고 있고 국내에서 육성된 품종은 지금까지 상업적 재배가 제한적이어서 국내 딸기산업의 안정적 발전에 저해요인이 되고 있다. 또한 우리나라도 UPOV에 가입함에 따라 주요 재배품종에 대한 종묘권 분쟁과 로얄티 문제가 발생하게 되었으며 일본 신선딸기의 수출도 거의 중단된 상태이다.

최근 논산딸기시험장에서 육성된 ‘매향’은 기존의 국내 육성종에 비하여 상업적 재배 가능성이 매우 높은 품종으로 기존 재배품종에 비하여 수량과 맛이 우수하여 주목받고 있다. 그러나 신품종의 적정 재배환경 및 구체적 재배관리에 대한 기술 정립이 제한적이다. 따라서 시험재배에서 드러난 문제점을 해결하기 위해 ‘매향’ 고유의 품종 특성을 밝히고 이를 기초로 적절한 재배기술을 개발하는 것이 중요하다. 딸기의 시장진출을 원활하게 하기 위해서는 재배뿐만 아니라 수확 후 관리에 대한 특성을 밝혀 경제적이고 효과적인 시장출하 체계를 구축하는 것 또한 중요하다.

국내에서 재배되는 딸기는 주로 일본에서 육성된 품종을 도입하여 묘를 생산하

고 묘생산에 대한 전문적인 지식없이 이루어지는 경우가 있어 타품종 혼입으로 인한 분쟁이 종종 발생하고 있으며 국내에서 육성된 품종의 정확한 식별을 위해서도 딸기 품종식별 기술을 체계화하는 것이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 첫째, 신품종 ‘매향’을 중심으로 생장과 발육에 관련된 생리·생태적 특성을 구명하여 품종 특성에 근거한 적정 재배관리기술을 체계화하고자 하였다. 둘째, 딸기에 대한 CO₂처리는 품종에 따라 부패억제 이외에 경도 증진 효과가 확인되었으므로 국내에서 널리 재배 중인 품종 중 CO₂처리에 따른 경도 증진 반응이 나타나지 않는 품종과 반응이 우수한 신품종 ‘매향’을 대상으로 CO₂처리에 따른 과실의 생리·생화학적 변화를 비교하여 경도 증진 기작을 구명하고자 하였다. 셋째, 딸기는 영양 번식하는 작물로 유전적 조성이 다양하여 형태적 차이에 의한 품종식별이 정확하지 않아 부적절한 종묘 공급에 따른 분쟁이 종종 발생하며 국내 육성 품종의 보호를 위해서도 이들을 객관적으로 식별할 수 있는 기술을 개발하고자 하였다. 따라서 본 연구에서는 국내에 도입된 딸기 품종 중 수집 가능한 10 품종을 대상으로 분자학적 품종 식별 기술을 체계화하고자 하였다.

이와 같이 일관된 연구를 통하여 국내에서 육성한 딸기의 재배에서 수확 후 관리를 체계화하여 앞으로 육성될 국내 육성 신품종의 상업화 모델을 제시하고 품종 식별 기술을 체계화하여 앞으로 예상되는 종묘권 분쟁에 대비하고자 하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 국내 육성 딸기 신품종 ‘매향’의 재배 기술 확립

1) ‘매향’ 품종의 생리·생태적 특성 구명

(1) 화아분화 특성

논산지역을 기준으로 할 때 자연 상태에서 딸기의 화아분화는 9월 20일 전후이며 품종 간 차이는 1-2일에 불과하였지만 화아의 발육 순서는 ‘아끼히메’ > ‘매향’ > ‘레드필’ > ‘사치노까’ 순이었다. 축성재배 작형에서 2화방 분화기는 보온개시, 멀칭 및 추비 등을 시행하는 시기인데 ‘매향’은 2화방 분화시기가 10월 11일경으로 이 시기가 보온을 시작하는 시점에 해당된다.

(2) ‘매향’의 육묘기 자묘 발생 특성

‘매향’은 다른 품종에 비하여 발근속도가 늦기 때문에 자묘를 일찍 확보하는 것이 건전한 묘를 생산하는데 유리하다. 뿌리 발생량이 많아 육묘기간을 충분히 갖는다면 정식기까지 뿌리가 충분한 우량 묘를 생산할 수 있다. 런너 발생량은 ‘레드펠’보다 적으나 ‘아끼히메’와 유사한 수준이었다.

(3) ‘매향’의 휴면 특성

‘매향’의 경우 저온처리를 하지 않아도 꾸준히 생장을 하는 점으로 보아 저온요구도가 매우 낮은 것으로 판단되지만 축성용 품종 ‘아끼히메’보다 다소 깊은 100~150시간의 범위이었으며 200시간 이내에서 전반적으로 휴면이 원활하게 타파되었다.

(4) 병해충 저항성

‘매향’은 탄저병에 약하며 특히 육묘기에 발생한 탄저병은 건전한 묘생산을 어렵게 하므로 이를 방지하기 위한 노력이 필요하다. 흰가루병에는 어느 정도 저항성을 보였으며 충해으로는 진딧물과 응애 발생이 많은 편이었다.

(5) 온도 적응성

‘매향’은 기형과 발생율이 다른 품종에 비해 적지만 야간 최저 온도가 0℃ 부근으로 떨어지면 기형과 발생이 급격히 증가하므로 축성재배에서 혹한기에 출퇴하는 2화방에서 기형과 발생이 많다. 따라서 혹한기에 지나친 저온에 노출되지 않도록 관리하는 것이 필요하다.

2) ‘매향’의 재배기술 정립

(1) 작형에 따른 수량 비교

‘매향’의 작형별 수량은 초축성 재배에서 단위면적당 수량이 가장 높았고 반축성 재배에서 가장 적었다. 월별 수량은 초축성 및 축성재배는 3월에, 반축성은 4월에 수량이 높았으며 반축성 재배는 4월에 수량이 높아 경제성이 낮았다. 초축성 재배에서 최대 수량을 보이지만 인위적인 화아분화 작업이 요구되는 단점이 있다.

(2) 재배방법에 따른 수량 비교

자묘의 관부 굵기가 5~6mm인 것이 조기수량에서 유리하였으며 재식간격은 15cm가 20cm보다 유리하였다.

‘매향’의 전반적인 수량은 ‘아끼히메’보다 다소 낮았으나 ‘레드펠’보다는 높았다.

고온기로 갈수록 다른 품종과 마찬가지로 당함량이 떨어지지만 다른 품종에 비해 생산시기에 관계없이 당도가 비교적 일정하였고 적절한 산미를 유지하여 품종의 독특한 맛이 지속되었다. 고온기로 갈수록 경도가 낮아지는데 ‘매향’이 다른 품종에 비하여 경도저하 폭이 적었다. 따라서 ‘매향’은 겨울철 저온기부터 늦은 봄철까지 장기간 수확에 적당하고 수량이 꾸준히 유지되므로 장기재배가 가능한 품종으로 평가된다.

(3) 재배관리에 의한 과실 품질관리

‘매향’의 경우 70~90% 착색상태에서는 당도에 큰 차이가 없었으며 완숙한 과실의 경도는 급격히 떨어지는 경향이 있으므로 고온기에는 수확간격을 좁혀 저온기보다 착색이 덜된 상태에서 수확하는 유리하였다.

과실 당도를 높이기 위한 스테비아, 소금 등의 처리는 효과가 없었고 반면에 북살, 규산칼륨 또는 키토산의 경우에도 품질 향상 효과가 명확하지 않았다. 그러므로 이러한 약제의 처리보다는 정상적인 재배관리가 품질향상에 더욱 중요할 것으로 판단된다.

‘매향’은 고온기에 과피색이 짙게 착색되는데 차광처리로 이를 완화할 수 있다. 그러나 차광은 과실 품질을 저하시키므로 4월까지의 차광하지 않고 4월 20일까지는 35%, 5월 5일 이후에는 55% 차광하는 것이 유리하였다.

2. 딸기의 CO₂ 처리에 따른 경도 증가 반응 해석 및 수확 후 처리 방안

1) 딸기 품종과 숙도에 따른 과실 품질 및 CO₂ 처리 반응

(1) 품종과 숙도에 따른 딸기 과실의 품질 비교

딸기 과실 경도는 착색이 진행될수록 낮아지는데 재배지역을 달리하여 조사하였을 때 유사한 숙도의 과실에서 상이한 경도를 보여 재배관리에 따른 차이가 있었다. 본 연구에서 검토한 품종 모두 100% 착색된 과실은 경도가 낮아 수송성이 크게 저하되었다.

당도는 숙기가 진행될수록 증가하였으며 산함량은 감소되어 당산비가 높아졌다. 같은 숙도의 과실에서 ‘매향’의 가용성고형물 수준이 높았고 산함량은 ‘아끼히메’에서 가장 낮았다.

(2) 주요 재배 딸기 품종의 수확 시기에 따른 과실의 품질과 CO₂ 처리 반응

가용성 고형물 함량은 검토한 모든 품종에서 1월에 가장 높았고 수확시기가 늦

어질수록 점차 감소하였다. 즉, ‘매향’은 1월 수확한 과실의 가용성 고형물 함량이 12.1%이었는데 4월 수확한 과실은 8.9%로 감소하였고 ‘아끼히메’는 11.1%에서 7.5%로, ‘레드필’은 10.7%에서 9.17%로, ‘토치오도메’는 10.9%에서 9.9%로 각각 감소하였다. 수확시기에 따른 가용성 고형물 감소는 ‘아끼히메’에서 가장 많았고 다음이 ‘매향’, ‘레드필’, ‘토치오도메’ 순이었다.

이산화탄소 처리 따른 과실 경도는 수확시기에 관계없이 ‘아끼히메’를 제외한 3 품종 모두 증가하였으나 증가폭은 품종간 또는 수확시기에 따라 많은 편차를 보였다. 대체적으로 ‘매향’은 CO₂ 처리에 의한 경도증진 효과가 탁월하였으며 ‘아끼히메’ 품종은 경도 증진 효과가 거의 나타나지 않았다. ‘레드필’과 ‘토치오도메’ 품종은 ‘매향’보다 우수하지는 않았지만 ‘아끼히메’보다는 우수한 반응을 보였다.

(3) CO₂처리 반응이 상이한 ‘아끼히메’와 ‘매향’의 수확 후 처리에 따른 품질 변화

‘매향’의 경우 녹말은 수확시기가 늦을 때 현저히 증가하지만 구연산 함량은 큰 차이를 보이지 않아 산의 증가 원인은 주로 녹말 때문이었다. ‘아끼히메’의 경우, 녹말은 ‘매향’과 마찬가지로 증가하였으나 구연산은 오히려 감소하여 품종 간 차이를 보였다. 그러나 CO₂ 처리에 따른 차이는 현저하지 않았다.

대체적으로 총당 또는 유리당의 조성 및 함량은 수확시기에 관계없이 CO₂처리에 의해 뚜렷한 변화를 보이지 않았다. ‘매향’의 주요한 유리당 변화에서 생산시기가 늦어질수록 과당과 포도당이 점진적으로 감소하였으나 자당은 일정하였다. 두 품종 모두 CO₂처리에 따른 유리당 변화는 수확시기에 따라 일정하지 않았으며 변화폭도 적어 품질에 영향을 미칠 정도는 아니었다. 이외에 ascorbic acid, 페놀함량에서도 특이한 변화를 찾을 수 없었다.

2) CO₂ 처리와 딸기 과실의 해부학적 변화

두 품종을 대상으로 CO₂ 처리에 의한 경도 증진 기작을 밝히기 위하여 해부학적 변화를 살폈다. CO₂ 처리는 표피 세포를 수축시키는 것으로 추정되었는데 그 변화 폭은 ‘매향’에서 컸다. 과실을 손으로 찢어 그 단면을 관찰하였을 때 ‘매향’은 찢겨진 부위의 세포가 덜 파괴된 반면 ‘아끼히메’는 파괴된 정도가 심하였다.

3) CO₂ 처리가 딸기 과실의 세포벽 구성과 세포벽 가수분해에 미치는 영향

‘매향’의 알콜불용성성분(AIS)함량이 ‘아끼히메’보다 높았으며 총펙틴 함량 또한 ‘아끼히메’보다 8%정도 많았다. 특히 ‘아끼히메’는 ‘매향’에 비하여 수용성 펙틴 함량이 높았고 반면에 CDTA 용해성 펙틴은 ‘아끼히메’가 ‘매향’보다 9.3% 낮았고 Na₂CO₃ 용해성 펙틴 또한 낮은 경향이였다. 그러나 강알카리 용해성 펙틴은 두 품종 모두 양도 적었고 품종간 차이가 크지 않았다.

CO₂ 처리에 따른 수용성 펙틴은 ‘매향’에서 처리 전에 비하여 5.3% 증가하였으나 CO₂ 처리에서는 12.7% 감소하였고 ‘아끼히메’는 대조구에서는 변화가 거의 없었으나 CO₂ 처리구에서 7.3% 감소하였다. 반면에 CDTA 용해성 펙틴은 ‘매향’에서는 대조구에서 감소하였으나 CO₂ 처리구에서는 증가하였고 ‘아끼히메’에서는 처리에 관계없이 모두 증가하였다. Na₂CO₃ 용해성 펙틴은 수확당시에 비하여 두 품종 모두 증가하였는데 CO₂ 처리구에서 증가폭이 낮았다. 따라서 CO₂처리에 의한 정도 증가는 이들 펙틴성분의 조성변화와 부분적으로 관련이 있을 것으로 추정되었다. 특히 β-galactosidase 활성은 CO₂처리로 모두 감소하여 고농도 CO₂처리하는 세포벽 가수분해 효소활성을 억제하므로 조직의 연화를 억제시킬 것으로 판단된다.

4) CO₂ 처리 전후의 경도증진과 미세세포 환경 변화

(1) CO₂ 처리에 따른 과실 조직의 미세환경 변화

CO₂ 처리한 과실의 내부 공기 조성에서 처리한 과실의 CO₂ 농도는 명확히 증가한 반면 O₂농도의 변화는 현저하지 않았다. 또한 에틸렌은 두 처리 모두 검출되지 않았다.

과실 숙기가 진행될수록 세포간극 pH는 증가하였는데 CO₂ 처리에 의한 유의차는 인정되지 않았지만 대체적으로 pH를 더욱 증가시키는 경향이였다.

생체조직의 총 칼슘은 CO₂처리에 따른 차이가 없었으나 AIS와 결합한 Ca은 CO₂처리로 다소 증가하였다.

(2) CO₂처리에 따른 ‘매향’과 ‘아끼히메’의 세포벽 성분의 비교

CO₂처리에 따른 ‘매향’과 ‘아끼히메’ 품종의 용해성 펙틴의 구조적 변화를 비교하였을 때 사용한 gel의 종류에 따라 차이를 나타냈는데 Ultra-gel 22(분획범위: 100,000-1,200,000)에서는 품종간 또는 처리간 뚜렷한 차이를 찾을 수 없었다. 반면

에 sepharose 6B(분획범위 10,000-1,000,000)를 이용하였을 때 품종간 차이를 확인할 수 있었으며 처리 간에도 다소의 분자량 변화를 확인할 수 있었다. 그러나 기대한 바와 달리 CO₂처리 의하여 고분자 펙틴이 강화되거나 펙틴분자의 가수분해가 명확하게 확인되지 않았다. 이러한 경향은 고농도 알카리성분에 대한 분획에서도 유사하였다. 따라서 CO₂처리에 의한 경도 증진은 단순히 세포벽의 구조적 변화보다는 다른 원인에 의하여 발생하는 것으로 추정된다.

3. 실용적 CO₂ 처리 방안

국내 딸기 선별장과 생산 농가의 실정을 고려할 때 수확한 딸기의 냉각과 CO₂처리는 다음 같은 단계로 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

첫째, 공동선별 작업장과 처리장이 있을 경우 수확한 딸기를 즉시 선별장으로 수송한 다음 저온실에 두어 냉각시키고 처리실 부피의 80% 정도 과실이 입고되었을 때 과실 품종을 확인하여 CO₂를 처리한다. 처리한 과실은 다음날 선별하여 포장하고 출하하거나 저온실에 보관한다. 이 경우 모든 작업을 선별장에서 실시하므로 규격화가 쉽지만 우수 노동력 확보가 어려운 점이 있다.

둘째, 공동작업장과 선별장이 없을 경우 수확한 과실은 생산농가에서 선별작업 요령에 따라 선별과 포장을 완료한 다음 집하장으로 수송하여 냉각시킨다. 이 경우 엄격한 규격화를 실현하기 어렵기 때문에 수출작업으로는 부적절하다.

CO₂ 처리는 처리실의 부피를 계산하여 가스투입시간을 결정한다. 최대 농도는 30%가 넘지 않도록 하며 처리실내에서 15%이상으로 CO₂가 유지되는 시간을 고려하여 선별작업을 실시한다. CO₂ 처리는 경도증진 뿐아니라 과색의 변화를 억제하므로 '매향'의 색도변화를 지연시키는 효과를 기대할 수 있다.

4. '매향'을 포함한 딸기 품종의 분자학적 선별기술 개발

1) Genomic DNA 추출 및 정제 기술 확립

딸기에서 일반적인 방법으로 추출한 DNA는 순도가 낮아 RAPD PCR 결과 명확하지 않고 끌리는 현상이 나타나지만 CTAB 추출법을 이용할 경우 보다 정제된 DNA를 얻을 수 있었다. 즉, 액체질소를 이용하여 약 0.5 그램의 잎 조직을 분쇄한

후 약 10ml CTAB 용액을 첨가한 후 65°C에서 60분간 배양한다. 열처리된 용액은 phenol/chloroform과 chloroform 추출 과정을 거친다. DNA는 isopropanol로 침전시킨 후 TE를 이용하여 용해시킨다. 용해된 DNA에 다시 CTAB를 첨가하여 65°C에서의 열처리, phenol/chloroform, chloroform, 그리고 ethanol 침전을 2번 반복한다. 따라서 총 3번의 CTAB 추출 방법을 통한 후 DNA 양을 정량하여 이를 PCR에 이용하였다. CTAB 용액은 1.4M NaCl, 200mM EDTA, 3% CTAB, 1% BME로 조제하였다.

2) 재연성있는 PCR 조건 확립 및 우수 primer 선발

딸기 DNA분석을 위해 가장 재연성이 높은 PCR cycling의 조건은 다음과 같다. 1 cycle 94°C 5 min, 35 cycles (94°C 40 sec, 48°C 2 min, 72°C 2 min), 1 cycle 72°C 7min으로 PCR volume을 25ul로 하였고 Taq Polymerase (1 unit/reaction), MgCl₂의 농도는 2.5mM로 고정시켰으며 primer에 따라 고농도(3.0mM)를 사용하기도 하였다. PCR product는 3.0% agarose gel상에서 전기영동을 실시한 후 EtBr로 염색하였다. 이렇게 확립된 DNA 추출방법과 PCR 조건으로 품종간 polymorphism을 관찰할 수 있었다. Polymorphism 형성여부를 가지고 선발한 primer에는 primer OPB5, OPJ4, OPV2, OPW3, OPX3이 포함된다.

본 연구에서 선발한 5개의 primer를 이용해 총 15개의 PCR products를 품종식별에 사용하였다. 이들 PCR product의 존재 여부 혹은 single 혹은 double band 여부로 품종을 구분할 수 있었다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 신품종 '매향'의 재배확대를 위한 방안

본 연구를 통하여 국내에서 육성한 신품종 '매향'의 상업화 가능성이 확인되었으며 현재 2006년 재배의향을 조사한 결과 9.2%에 달할 정도로 '매향'에 대한 인식이 높아졌다. 따라서 앞으로 국내에서 육성되는 신품종에 대한 재배농가의 신뢰를 높일 수 있고 '매향'의 독특한 품질로 인하여 수출이 가능할 것으로 예상된다. 본 연

구에서 얻어진 결과를 활용하여 재배농민에 대한 ‘매향’ 재배 기술교육을 확대하여 보다 안정적으로 ‘매향’을 생산할 수 있는 기반을 구축하는 것이 필요하며 이를 위한 정책적 배려가 요구된다.

2. ‘매향’을 비롯한 딸기의 수확 후 관리기술 체계화

딸기의 수확 후 처리로 예냉, CO₂처리, 선별 등에 대한 생산농가의 부정적 인식을 개선할 수 있었으며 예냉 작업이 반드시 필요한 수확후 처리로 인식되어 품질 고급화 또는 차별화에 기여할 수 있었다. 특히 CO₂처리의 경우 본 연구수행 중 참여한 시범단지 외에는 확산되지 않고 있는데 앞으로 수출용 과실에 있어서는 CO₂처리의 효과가 입증되고 있으므로 처리실의 규격화를 통한 처리방법의 매뉴얼화가 필요하므로 이를 위한 정책수립과 지원이 요구된다.

3. CO₂처리에 의한 경도 증진 기작

CO₂처리는 딸기 과실의 미세환경 변화를 일으키는데 이러한 변화는 apoplast pH 및 결합형 칼슘 증가 등이 포함되지만 경도 증진과 세포벽 성분의 구조적 변화와는 밀접한 관련이 적었다. 반면에 수용성 펙틴은 감소한 반면 CDTA 펙틴 함량은 증가하였다. CO₂처리는 과실의 미세구조를 변화시켜 표피세포를 수축시키지만 찢긴 단면의 세포는 큰 영향을 받지 않았다. 따라서 CO₂처리에 의한 경도 증진은 고이산화탄소 환경에서 발생하는 펙틴의 결합적 강화와 이외에 밝혀지지 않은 생리적 또는 생화학적 변화에 의한 결과일 가능성을 배제할 수 없다.

SUMMARY

I . Title

Identification of strawberry cultivar through molecular marker, and development of cultural practices and postharvest management system for strawberries.

II. Objectives and importance

Strawberry industry in Korea has been increased, resulting in the increase of farmer's income. Most strawberry cultivars grown in Korea were originated from Japan and major cultivars included 'Red Pearl' and 'Akihime'. Commercial production of strawberries developed from Korea was extremely limited because of unstable quality. This situation resulted in the poor development of strawberry industry in Korea. Due to the involvement of Korean government to UPOV, royalty to Japanese cultivars has been a serious issue and the export of fresh strawberry to Japan is almost completely interrupted recently.

'Maehyang', newly released Korean cultivar, developed from Nonsan Strawberry Experiment Station has a strong potential for commercialization because this cultivar has properties such as high sugar content and yield, excellent flavors. However, the optimum cultural practices and/or key points in 'Maehyang' cultivation has not been clearly found. It is strongly necessary to figure out the cultural practice to overcome the problems which were found in pilot cultivation. And understanding postharvest behavior of 'Maehyang' is also important to develop a postharvest management system.

Identification of strawberry cultivars has difficulties due to the complexity of genetic background and vagueness of phenotypes. Problems due to poor

identification system of strawberry cultivars are often occurred, and, thus, the development of an objective and precise technology is required to prevent the problems associated with nursery plants.

In this research, we have been focused 1) to develop a cultural practices based on understanding physiological and ecological properties, 2) to find out the mechanism associated with firmness increase by CO₂ treatment, 3) to develop a postharvest technique to keep freshness during marketing of strawberries including 'Maehyang', finally 4) to develop a molecular marker(s) for the identification of strawberry cultivars grown in Korea. Through a systemic research, we tried to suggest a commercialization model of new strawberry cultivar.

III. Content and scope

1. Development of cultural practices of new strawberry, 'Maehyang'

1) Understanding physiological and ecological properties of 'Maehyang' strawberry

The floral induction in Nonsan area occurred near on September 20 and there was 1-2 day difference between cultivars but the growth rate of flower bud clearly differed between cultivars. 'Akihime' was the most rapid rate of flower bud development and followed by 'Maehyang', 'Red Pearl' and 'Sachinoka'. In forcing culture of 'Maehyang', the time of second flower bud differentiation was near on October 10, thus, this was the right time to start protection from cold weather.

Early preparation of mother plants has advantages to get healthy daughter plants because the root growth of 'Maehyang' was relatively slow. The amount of runner development per plant was lower than that of 'Red Pearl' but similar to that of 'Akihime'.

The requirement of cold treatment to overcome dormancy in 'Maehyang' was approximately 150 to 200 hours. It was a little longer than 'Akihime' cultivar. 'Maehyang' is susceptible to anthracnose, especially in nursery stage. To get a healthy nursery plant, it is required to produce daughter plant under protective house. 'Maehyang' showed a relatively high resistance against powdery mildew. As pest, spider mites and aphids occurred in growing season.

The induction of abnormal fruit development in 'Maehyang' is relatively lower than other cultivars. However, when plants were exposed to freezing temperature at cold season, the occurrence of abnormal fruit rapidly increased. Thus, abnormal fruit were probably produced in the second flower cluster. It is strongly required to protect the plant from freezing in coldest season.

2) Cultural practices for high yield of 'Maehyang' strawberry

The yield of 'Maehyang' per unit area was higher in early forcing culture than semi-forcing culture. In semi-forcing culture, the peak of yield occurred on April when fruit quality was dropped in general. The early forcing culture showed the highest profits due to the quality and yield increase but it was required to induce flower differentiation by artificial chilling treatment.

Daughter plants with crown diameter of 5~6mm showed the high yield in early season and the optimum space for planting was 15cm. The total yield of 'Maehyang' was a little lower than that of 'Akihime' but higher than that of 'Red Pearl'. Decrease of fruit quality was observed in fruit produced at high temperature season like other cultivars. However, the content of soluble solids and acidity maintained at relatively higher level even in high temperature season. Thus fruit showed typical flavor even in high temperature season. There was a decrease of fruit firmness at high temperature season. This problem can be overcome by early harvest. 'Maehyang' was appeared to be suitable for long term cultivation.

In 'Maehyang', no significant different in sugar content was found between fruit maturity at harvest from 70~90% surface coloration. Fruit firmness of full

ripe fruit was severely decreased. It is required to shorten the harvest interval at high temperature season.

No clear effect of stebia and salt application on solid increase was found and also other mineral fertilizers such as Buksal, potassium silicate and chitosan showed little effect.

Shading treatment at high temperature season reduced the over coloration of fruit. However, because shading reduced the fruit quality, it is recommended not to apply shading covering by March, 35% shading by April 20, and 55% shading after May 5.

2. Postharvest management and understanding mechanism of firmness increase by CO₂ treatment

1) Quality comparison between harvest maturity and cultivars, and physiological response to high CO₂ treatment

There were differences in fruit quality such as firmness between farming areas, probably resulting from the difference of cultural practice. Full ripe fruit (100% colored) were not suitable for fresh market because of poor shipping quality. There was an increase of soluble solids and decrease of acidity when fruit approached to full ripe stage, resulting in the increase of sugar/acid ratio. The level of soluble solids was higher in 'Maehyang' at similar stage of maturity and acid was lower in 'Akihime'.

The amount of soluble solids was highest in fruit produced on January and the later the harvest season, the lower the soluble solid levels regardless of cultivars. The ranges of solid decrease was highest in 'Akihime' and lowest in 'Maehyang'. Fruit firmness increase by high CO₂ treatment was confirmed in all cultivars except 'Akihime'.

Acid increase at late harvest season in 'Maehyang' was mainly due to the increase of malic acid, however, in 'Akihime', malic acid showed similar tendency to 'Maehyang' but citric acid also decreased. No clear change of

internal fruit quality was found by CO₂ treatment. Also, the composition of soluble sugars did not affected by high CO₂ treatment. The contents of phenolics and ascorbic acid did not affected.

2) Anatomical changes by CO₂ treatment in strawberry fruit

It seemed that epidermal cells was probably shrunken during high CO₂ and cooling treatment. Cells at torn surface of fruit showed relatively sound appearance in CO₂ treated fruits. This tendency was more stronger in 'Maehyang' than 'Akihime'.

3) Effect of high CO₂ treatment on the changes of cell wall and wall hydrolases

Alcohol insoluble solid(AIS) content was higher in 'Maehyan'g than 'Akihime'. 'Akihime' contained higher amount of water soluble pectins but Maehyang had more CDTA soluble pectins. CO₂ treatment seemed to reduce the increase of water soluble pectins in senescent fruit. CDTA pectins seemed to be increased by CO₂ treatment. Thus, the composition of pectins was affected by CO₂ treatment, resulting in the firmness increase in part. Wall hydrolases, β -galactosidase, activity was reduced by CO₂ treatment. This probably indicated that postharvest treatment of CO₂ seemed to be associated with fruit firmness through decreasing wall hydrolase activity and pectin changes in part. However, there was no clear evidence of structural changes of soluble pectins regardless of pectin species.

4) Changes of micro-environment in apoplast of fruit by CO₂ treatment

The CO₂ content of inside fruit significantly increased by CO₂ treatment but O₂ level did not affected. No detectable ethylene was found in both treatments. The pH of intercellular space increased along with the increase of maturity.

Even no statistical difference was found, there was a tendency of intercellular pH increase by CO₂ treatment. Calcium content bound to AIS was also slightly increased by CO₂ treatment.

3. Postharvest application of CO₂ at commercial level.

Postharvest application of CO₂ is recommended to fruit for long term transport such as export. In domestic market, CO₂ treatment is not recommended except when it was necessary to store fruit for 3-4 days to meet the high market demand.

4. Identification of strawberry cultivars through molecular marker

Many strawberry cultivars of Korea have mixed, often unknown, genetic pedigrees. A study has been conducted to seek for molecular markers to distinguish 10 leading cultivars of Korea and Japan that have been dominated in markets for the last 10 years. This study should help breeders to chase the pedigree of characters or varieties. To find out molecular markers to detect differences in genetic make-ups of 10 varieties, total 179 primers of 10 nucleotides were examined from polymorphic DNA products under a certain PCR condition with DNA extracted from petals or leaves. Five primers were selected to reveal polymorphic DNA products among 10 varieties, 'Toyonoka', 'Red Pearl', 'Akihime', 'Tochiotome', 'Sachinoka', 'Nohyo', 'Askabara', 'Suhong'. From this study, we examined and established a set of 5 primers, RAPD-PCR condition, and DNA extraction method for the generation of highly reproducible PCR products. Since these conditions can molecularly identify relatively related 10 varieties that have been cultivated in Korea and Japan, our data should be informative to identify other strawberry varieties of different geographic and genetic origin.

IV. Suggestions

1. Expansion of 'Maehyang' cultivation

This study revealed a strong potential of 'Maehyang' for commercial cultivation. It is expected that the cultivation plan of 'Maehyang' in 2006 is already occupied approximately 9% of total strawberry cultivation area. It is also confirmed that 'Maehyang' has a potential to export to Japan as well as other Asian countries. To establish the stable production system of 'Maehyang' strawberry, it is also required to release the improved cultural practice to farmers and related personnels.

2. Postharvest system for strawberry industry.

The importance of postharvest procedures such as cooling, CO₂ treatment, and establishment of cold chains was confirmed to farmers and managers of packing houses. This will contribute to the increase of market quality of fresh strawberries. Especially, CO₂ treatment is necessary to keep freshness of fruit for export. Also, manuals for postharvest treatment is required to apply standard procedures.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	25
Chapter 2. Improvement of cultural practice of recently developed strawberry ‘Maehyang’	27
I. Introduction	27
II. Materials and methods	28
1. Properties of floral induction of ‘Maehyang’ strawberry	28
2. Characteristics of runner development of ‘Maehyang’ strawberry	29
3. Dormancy characteristics of ‘Maehyang’ strawberry	30
4. Examination of resistance to major disease of ‘Maehyang’	30
5. Yield comparison of ‘Maehyang’ stawberry between cultural practices ..	32
6. Comparison of yield and fruit quality between major cultivars	33
7. Quality comparison between harvest maturity	33
8. Quality increase by agricultural chemicals	34
9. Quality increase by shading of ‘Maehyang’ strawberry	34
10. Suggested Model for cultural practice	34
III. results and discussion	35
1. Determination of physiological characteristics of ‘Maehyang’ strawberry ..	35
1) Properties of floral induction of ‘Maehyang’ strawberry	35
2) Characteristics of runner development of ‘Maehyang’ strawberry	36
3) Dormancy characteristics of ‘Maehyang’ strawberry	38
4) Examination of resistance to major disease of ‘Maehyang’	40
5) Examination low temperature adaptation of ‘Maehyang’ strawberry ..	41
2. Establishment of cultural practice of ‘Maehyang’ strawberry	42

1) Yield comparison between cultivation system	42
2) Yield comparison between cultural practices	43
3) Comparison of yield and fruit quality between major cultivars	45

Chapter 3. Effect of high CO₂ treatment on firmness in strawberries and commercial application of CO₂ treatment

I. Introduction	64
II. Materials and methods	65
1. Comparison of responses of high CO ₂ treatment between harvest season and cultivars	65
2. Changes of anatomical and apoplastic environment through high CO ₂ treatment	70
3. Commercial CO ₂ treatment and postharvest management system	70
III. Results and discussion	71
1. Comparison of responses of high CO ₂ treatment between harvest season and cultivars	71
(1) Comparison of fruit quality between cultivars and maturity	71
(2) Physiological responses of major strawberry cultivars to high CO ₂ treatment	75
(3) Quality comparison of two major cultivars, 'Maeyhang' and 'Akihime', by high CO ₂ treatment	82
(4) Effect of high CO ₂ treatment on anatomical changes of 'Maeyhang' and 'Akihime' strawberries	92
(5) Effect of high CO ₂ treatment on the compositions of cell walls and wall hydrolases	95
(6) Analysis of firmness increase by high CO ₂ treatment	101
2. Pilot experiment of high CO ₂ treatment and cooling	109

Chapter 4. Classification of strawberry cultivars including ‘Maehyang’ through molecular marker	121
I. Introduction	121
II. Materials and methods	122
1. Extraction and purification of strawberry genomic DNA	122
2. Selection of standard primers for cultivar classification	122
III. Results and discussion	123
1. Development of genomic DNA extraction and purification for RAPD	123
2. Results of RAPD using selected primers	128
Chapter 5. Comprehensive discussion	136
Reference	141

목 차

제1장 서언	25
제2장 국내 육성 딸기 신품종 ‘매향’의 수출용 재배기술 확립	27
제1절 서언	27
제2절 재료 및 방법	28
1. ‘매향’의 화아분화 특성 조사	28
2. ‘매향’ 육묘기 자묘 발생 특성	29
3. ‘매향’의 휴면 특성	30
4. 병해충 저항성	30
5. 작형과 재배방법에 따른 수량성 비교	32
6. 품종간 수량성 및 품질 비교	33
7. 숙도별 과실의 품질변화	33
8. 약제처리에 의한 과신품질 향상	34
9. 차광처리에 의한 과신품질 향상	34
10. 재배력 모델 설정	34
제3절 결과 및 고찰	35
1. ‘매향’ 품종의 생리·생태적 특성 구명	35
가. ‘매향’의 화아분화 특성	35
나. ‘매향’ 육묘기 자묘 발생 특성	36
다. ‘매향’의 휴면 특성	38
라. 병해충 저항성	40
마. 온도 적응성	41
2. ‘매향’의 재배기술 정립	42
가. 작형에 따른 수량성 비교	42
나. 재배방법에 따른 수량성 비교	43
다. 품종간 수량성 및 품질 비교	45
1) 생산시기별 품종간 수량 및 품질 비교	45

2) 속도별 과실 품질 변화	49
3) 약제처리에 의한 과실품질 향상	52
4) 차광처리에 의한 과실품질 향상	54
5) 재배력 모델 설정	59
6) 세부 작업일정	62

제3장 딸기의 CO₂ 처리에 따른 경도 증가 반응 해석 및

수확 후 처리 방안	64
------------------	----

제1절 서언	64
--------------	----

제2절 재료 및 방법	65
-------------------	----

1. 생육시기별 품종별 과실 품질 및 CO ₂ 처리반응 비교	65
2. CO ₂ 처리에 따른 해부학적 및 미세환경의 변화	70
3. 딸기의 실용적 CO ₂ 처리기술	70

제3절 결과 및 고찰	71
-------------------	----

I. 딸기 품종과 속도에 따른 과실 품질 및 CO ₂ 처리 반응	71
--	----

1. 품종과 속도에 따른 딸기 과실의 품질 비교	71
2. 주요 재배 딸기 품종의 수확 시기에 따른 과실의 품질과 CO ₂ 처리 반응	75
3. CO ₂ 처리가 ‘매향’과 ‘아끼히메’ 딸기의 품질에 미치는 영향	82
4. CO ₂ 처리가 딸기 과실의 해부학적 변화에 미치는 영향	92
5. CO ₂ 처리가 딸기 과실의 세포벽 구성과 세포벽 가수분해에 미치는 영향	95
6. CO ₂ 처리 전후의 경도증진 요인 분석	101
가. CO ₂ 처리에 따른 과실 조직 내부 공기조성 변화	101
나. 세포벽 pH 변화	101
다. CO ₂ 처리에 따른 양이온 변화	103
7. CO ₂ 처리가 생리적 반응이 다른 ‘매향’과 ‘아끼히메’의 생리적 변화에 미치는 영향	104
가. CO ₂ 처리반응이 다른 두 품종의 생리적 차이 비교	104
나. ‘매향’과 ‘아끼히메’ 품종의 CO ₂ 처리에 따른 세포벽 성분의 구조적 변화	109

II. 실용적 CO ₂ 처리 방안	109
-------------------------------------	-----

제4장 ‘매향’을 포함한 딸기 품종의 분자학적 선별기술 개발	121
제1절 서언	121
제2절 재료 및 방법	122
1. DNA 추출	122
2. RAPD를 위한 PCR 조건	122
가. RAPD에 사용한 primers	122
나. RAPD를 통한 품종식별	122
제3절 결과 및 고찰	123
1. Genomic DNA 추출 및 정제 기술 확립	123
가. 딸기 DNA 추출 및 정제	123
나. 재현성 있는 PCR 조건 확립	124
다. 우수 primer 선발	125
2. 표준 primers 선발을 위한 RAPD 결과	128
가. Primer OPB5를 통한 딸기 품종간 polymorphism 비교	129
나. Primer OPJ4를 통한 딸기 품종간 polymorphism 비교	131
다. Primer OPV2를 통한 딸기 품종간 polymorphism 비교	132
라. Primer OPW3를 통한 딸기 품종간 polymorphism 비교	133
마. Primer OPX3를 통한 딸기 품종간 polymorphism 비교	134
3. 결론	135
제5장 종합고찰	136
인용문헌	141

제1장 서 언

딸기는 우리나라의 중요한 과채류로 자리잡아 매년 재배면적이 증가하고 있으며 소비 또한 점증하고 있다. 지금까지 국내에서 널리 재배되는 품종은 대부분 일본에서 육성된 품종으로 재배기술의 향상 및 수확 후 관리기술의 개선으로 그동안 대일본 수출이 활발하게 이루어져 왔다. 그러나 최근에 발생한 종묘권 분쟁의 소지가 확대되며 주로 수출되던 ‘레드필’ 품종의 수출이 전면적으로 중단됨에 따라 일본으로의 생과 수출은 거의 이루어지지 않고 있다.

우리나라도 UPOV 가입에 따라 외국 육성 품종의 생산은 물론 이를 수출하는 것에 어려움이 예상되며 특히 외국 품종에 대한 로얄티 문제로 딸기 산업 자체가 많은 어려움을 겪을 것으로 예상된다. 국내에서 가장 널리 재배되는 품종은 ‘레드필’(‘육보’)과 ‘아끼히메’(‘장희’)이지만 이들에 대한 로얄티 지급이 현실화될 때 딸기 농가는 경제적 어려움에 직면할 것으로 예상된다.

최근 논산딸기시험장에서 육성된 ‘매향’ 품종은 육질이 단단하고 경도가 높으며 기존 재배품종에 비하여 맛도 우수하여 상업적 재배 가능성이 매우 높은 품종으로 주목받아왔지만 실증재배에서 확인된 몇 가지 단점을 극복할 수 있는 재배기술 개발이 필요하다. 특히 딸기의 작형은 다양하게 분화되어 있어 육성된 품종의 적정 재배작형 개발과 최근 축성재배에 대한 생산농가의 선호도가 높은 점을 고려하여 축성재배가 과실 수확기간을 연장하므로 수량을 높일 수 있는 작형 개발이 필요하다. 또한 과실 생산시기에 따른 유·불리점을 파악하여 재배농가가 품종 특성에 대응할 수 있는 재배계획을 세울 수 있도록 여건을 마련하는 것이 국내 육성 신품종의 발전과 앞으로 딸기 육종의 기반을 구축하는데 필요할 것으로 판단되었다.

UPOV 협약의 발효로 각 국은 자국의 신품종 및 유전자원의 보호 육성을 강화하고 있으며 우리나라에서 개발된 품종을 보호하기 위해서도 딸기 품종에 대한 식별기술개발이 매우 필요하다. 이는 앞으로 육성될 다양한 딸기 품종의 국제 경쟁력 강화와 국내 생산기반 보호를 위하여서도 필요하며 국내에서 생산농가와 묘 공급자 사이의 품종분쟁을 방지하기 위해서도 필요하다. 딸기는 유전적 조성이 복잡하지만 현재 널리 활용되는 RAPD 기법을 활용하여 일정 조건에서 얻은 DNA polymorphism을 조사하므로 딸기 품종 간의 분자학적 특성을 구분할 수 있는 기법을 개발하는 것이 효율적일 것으로 기대된다.

딸기와 같은 과실은 품종 특성상 경도가 높다고 하여도 전반적으로 육질이 다른 과실에 비하여 약하므로 수확과 출하하는 과정에서 물리적 손상을 쉽게 받아 짧은 기간에도 부패하거나 품질이 악화되는 경우가 흔하다. 딸기의 신선도를 오래 유지시키기 위한 방안으로 재배적 기술의 개선을 통한 방법과 수확 후 관리를 활용한 방법으로 크게 구분되는데 수확 후 관리 방안으로는 예냉, CO₂ 처리 등이 흔히 이용되고 있다. 특히 CO₂처리는 과실 부패를 억제시키며 경도를 증진시키는 효과가 알려져 있지만 이미 보고되어 있지만 이러한 효과는 품종에 따라 또는 처리시기의 성숙도에 따라 차이가 있다. 특히 경도 증진은 그 기작이 명확하지 않아 이를 부분적으로 밝히는 것은 다른 작물에서의 활용 가능성을 검토하기 위하여서도 필요하며 특히 국내에서 개발된 신품종 ‘매향’의 품질 차별화를 통한 상업적 재배를 확산시키기 위해서도 적절한 수확 후 처리기술 개발이 요구된다.

본 연구는 우리나라 딸기 산업이 당면한 문제 해결에 일부나마 기여하고자 국내 육성 신품종 딸기 ‘매향’의 성공적인 상업재배를 이루기 위하여 ‘매향’ 품종의 재배 특성을 파악하여 품질 증진을 위한 재배기술 개선, 수확 후 처리를 통한 상품성 향상 및 유통기간 연장, 분자학적 품종 식별기법 확립을 통한 국내 산 품종의 보호 및 종묘분쟁 방지 등의 방안을 모색하기 위하여 수행하였다.

제2장 국내 육성 딸기 신품종 ‘매향’의 수출용 재배기술 확립

제1절 서 언

‘매향’ 딸기는 2002년 논산딸기시험장에서 육성한 신품종으로 과형이 우수하고 품질이 뛰어나 외국 품종에 전적으로 의존하고 있는 국내 재배현실에 비추어 볼 때 국제 경쟁력 확보와 로열티 분쟁해결에 매우 중요한 역할을 할 것으로 기대되고 있는 품종이다.

이 품종은 육성 당시부터 농가실증시험 중에 과실 품질 면에서 매우 우수한 평가를 받아 농민들 사이에서 먼저 찾을 만큼 큰 반향을 불러 일으켰다. 그러나 첫해에 시험재배 농가 중심으로 설문조사를 한 결과 수량이 기존 재배 품종보다 낮은 결과를 보였다. 출퇴성이나 생육이 월등한데도 불구하고 낮은 수량을 나타내는 것은 ‘매향’이 다른 품종보다 생육속도가 느리고 특히 저온기 생육이 불량하며, 고온기 과색이 짙어지는 현상의 발생으로 상품과율의 저하에서 기인한 것으로 추정되었다. 현재까지 농가에서 ‘매향’의 특성에 대한 충분한 인식없이 기존 품종에 맞추어 재배하다 보니 육묘 실패나 초세 조절 등에서 어려움을 겪고 있다. 그러나 해가 거듭될수록 점차적으로 수량증가를 보이고 있다. 2002년에 약 100여 농가에서 10ha 재배되던 것이 2003년에는 약 50배 증가한 500ha, 2005년에 600ha이상 꾸준히 재배면적이 증가하고 있고, 2006년 재배의향 조사결과 전국의 9.3%로 전년보다 2% 증가한 모습을 보이고 지역별로는 영남과 충남지역에서 선호하는 것으로 나타났다. 재배지역은 주로 축성재배 지역에서, 품종은 ‘아끼히메’ 재배 농가에서 ‘아끼히메’ 대체 품종으로 선택하는 경향을 보이고 있다. 특히 경남 지역에서는 일본, 홍콩 등지에 2005년 100톤 수출이 이루어졌고, 논산지역에서도 ‘매향’ 사업단이 결성되어 약 10톤 정도가 수출되었으며 백화점을 중심으로 한 고급시장 공략에 성공을 거두었다. 딸기의 품종보호와 맞물려 국가에서도 ‘매향’의 재배를 확대하려는 시도를 하고 있으며 금년도에는 전국 여러 지역에서 ‘매향’ 생산의 단지화를 추진하고 있다. 그러나 ‘매향’ 재배 확대의 가장 큰 어려움은 아직도 제 고유의 수량이 확보되지 않기 때문에 수량성 저하를 우려하여 농가에서 대규모 재배를 꺼려하고 있다

는 것이다. 그러므로 안정적인 수량성을 확보하기 위해 작형 및 정식시기별, 묘소 질, 재식거리 등 다양한 실험을 통해 가장 적절한 수량증가 방법을 찾는 것이 매우 중요하다. 또 하나는 병해충 발생으로 육묘기 건전한 자묘 확보에 실패하는 경우가 많아 병해충 저항성에 대한 품종특성을 파악하므로 건전자묘를 확보할 수 있는 방안을 모색하는 것이 매우 중요하였다.

한편 품질 면에서는 소비자, 판매상, 재배농민 모두에게서 인정받고 있으나 고온기에 착색이 진해지고, 맛이 저하하는 단점이 나타났다. 또한 저온기에서도 생육저하가 나타나 온도관리에 대한 대책도 중요하다고 볼 수 있다. 특히 저온은 현실적으로 지하수에만 의존하여 보온하는 수막재배 형태에서는 생육의 한계온도인 야간 5℃를 유지하지 못하는 경우가 많아 이것이 재배의 제한 요인으로 작용하고 있다. 본 실험에서는 육성당시 밝혀지지 않았던 농가의 재배상 문제점을 파악하고, 수량을 높일 수 있는 적정 작형 선발과 고온기 품질 향상을 위한 재배기술 개발을 중심으로 연구를 수행하였다.

제2절 재료 및 방법

1. ‘매향’의 화아분화 특성 조사

화아분화시기 검경은 노지에서 자란 자묘를 채취하여 실체현미경(SZ-PT OLYMPUS)을 통해 50배율로 검경하였다(그림 1). 화아분화와 발육정도는 江口(1950)의 기준(0: 미분화; 1: 화아분화초기, 2: 화아분화기, 3: 화방분화기, 4: 악편형성기, 5: 응예형성기, 6: 자예형성기, 7: 액화방 분화기, 2화방 분화기)으로 삼았다. 노지에서 화아분화기는 2의 상태에 도달되었을 때를 기준으로 하였다. 조사기간은 9월 10일부터 9월 30일까지 2일 간격으로 5주씩 채취하여 조사하였다.

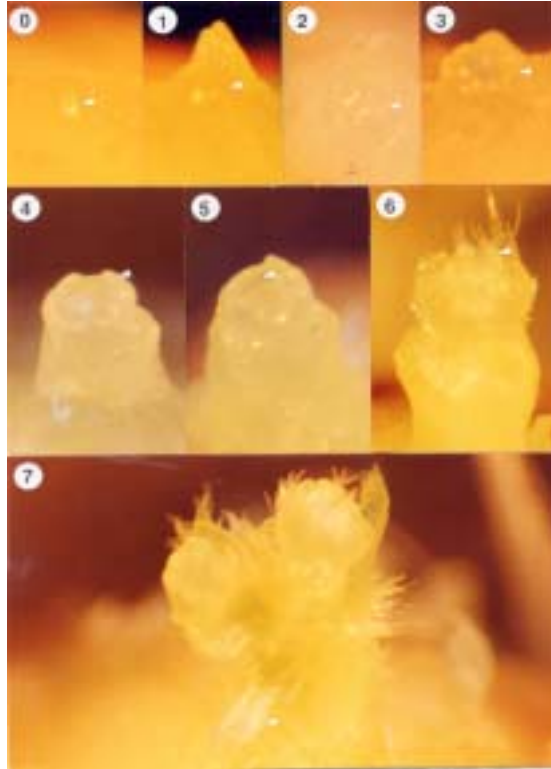


Fig. 1. Development stage of strawberry flower bud (0, non-flower bud; 1, flower bud initiation; 2, flower bud differentiation; 3, flower cluster differentiation; 4, sepal formation; 5, stamen formation, 6, pistil formation; 7, lateral flower bud differentiation).

2. '매향'의 육묘기 자묘 발생 특성

가. 런너발생 속도

런너의 생장속도를 측정하기 위해 2004년 3월 15일 초화상자(플라워박스)에 딸기전용상토(그린상토, 서울농자재)를 넣고 박스당 3주씩 정식하였다. 육묘방법은 베드육묘를 실시하였고, 주기적인 관수와 양액공급은 일반 딸기육묘관리에 준하였다. 런너가 발생하기 시작하는 5월 1일부터 3일 간격으로 20일간 런너의 길이를 측정하였다.

나. 시기별 자묘발생

가)와 같은 방법으로 정식하여 자묘가 발생하기 시작하는 5월 30일부터 15일 간격으로 2개월간 자묘 발생수를 측정하였다. 자묘는 전개된 잎이 2매 출현한 것을 기준으로 하였다.

다. 자묘의 뿌리발근

자묘를 받기 위한 모주 정식은 1개월간 0℃로 저장한 모주를 환경조절이 가능한 유리온실에 12월 15일 정식하였고 3개월 동안 육묘하였다. 발생된 자묘의 뿌리발근을 알아보기 위해 개별포트(직경 5cm, 길이 15cm)에 시판용 상토를 넣고 자묘유인 후 충분히 관수하면서 1개월 후 뿌리발근 정도와 지상부, 지하부 생체중을 측정하였다. 품종은 ‘매향’과 ‘아끼히메’, ‘레드필’ 3품종을 가지고 하였으며, 육묘기간 동안 온실내의 조건은 장일처리(16시간)와 주간 25±2℃, 야간 15±2℃를 유지하였다.

3. ‘매향’의 휴면 특성

휴면시간의 측정은 자연하에서 휴면에 돌입되는 11월 1일을 기준하여 노지에서 자묘를 채취하여 4℃ 냉장고에서 각각 0, 50, 100, 200, 400시간 동안 인위적 저온처리를 한 후에 직경 20cm 포트에 옮겨 심었다. 포트내 상토는 시판용 딸기전용상토(서울농자재)를 사용하였다. 정식 후 유리온실로 옮겨 딸기의 정상적인 생육조건(주간 25℃, 야간 8℃)에서 생육시켰다. 조사는 40일간 생육시킨 후부터 새로 발생하는 제 3엽의 엽병장을 10일 간격으로 측정하였다.

4. 병해충 저항성

가. 포장에서 병발생의 육안 발생 조사 : 재배중에 나타나는 병해충을 지수를 설정(- : 무발생, + : 약간, ++ : 중간, +++ : 심함, ++++ : 아주 심함)하여 주기적으로 조사하여 평균지수로 표기하였다.

나. 접종 조사

1) 탄저병: '매향', '레드필', '아끼히메' 품종을 처리 당 20주씩 공시하여 탄저병 검정에 사용하였다. 탄저병균은 *C. gloeosporoides* CGF050601, CGF050603, CGF050604 균주를 PDA배지에서 7일간 28℃에서 암과 광이 12시간 조건으로 배양하여 분생포자퇴를 형성시켰다. 탄저병균 접종을 위해 1×10^6 포자/ml의 분생포자농도를 만들어 7월 26일 딸기 유묘의 식물체 전체에 분무접종 한 후 비닐로 유묘를 덮어 30℃, 72시간동안 100% 습도로 습실처리 한 후 비닐하우스에 옮겨 접종 18일 후 탄저병 이병지수를 조사하였다. 이병지수는 0에서 5까지로 0: 무 병징, 1: 엽병이나 잎에서 하나의 병반 형성, 2: 전개된 두 잎에서 병반 형성, 3: 시들음 시작, 4: 거의 모든 잎이 시들음, 5: 식물체 고사로 구분하였다.

2) 잿빛곰팡이병: 수확포장에서 비닐터널을 설치하고 인위적인 과습상태를 유지하여 과실에 발병하는 잿빛곰팡이 정도를 조사하여 백분율로 표시하였다. 실험은 2회 실시하였고, 1회 실험주수는 40주 3반복을 처리하였다.

3) 시들음병(그림 2): 2004년 5월 상토(서울농자재; cocopeat : peatmoss : vermiculite : perlite : zeolite = 68-73 : 10-14 : 6-8 : 7-10 : 2-4)에 딸기 시들음병균 Fo47균주를 MS배지에서 200rpm으로 1주일 배양한 후 상토에 병원균 포자가 $\log 10^{5-6}$ 포자/ml가 되게 접종하여 이병토로 사용하였고, 3개월 후에 나타나는 병징은 0에서 5까지로 0 = 무 병징, 1 = 1-2 잎 말림과 갈변, 2 = 모든 잎 말림과 변형, 3 = 병반과 위조, 4 = 심한 위조, 5 = 고사로 표시하였다.

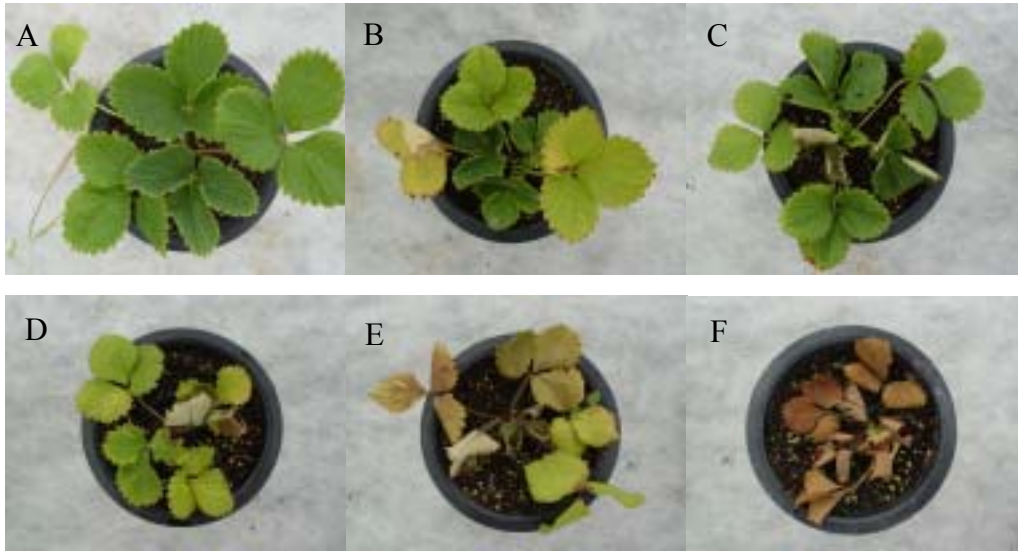


Fig. 2. This picture represent fusarium wilt disease index scale (0-5) on strawberry plants. 0 = no symptom (A), 1 = 1-2 leaf rolled and yellowed leaf (B), 2 = all leaf rolled and deformed leaf (C), 3 = chlorosis and wilting (D), 4 = wilting (E), 5 = death (F).

5. 작형과 재배방법에 따른 수량성 비교

딸기자묘를 3월 초 정식하여 베드에서 7월말까지 포트육묘를 실시하였고, 초촉성 재배는 8월 5일부터 20일간 저온단일 처리(야간 $13\pm 1^{\circ}\text{C}$, 주간 상온)로 인위적인 화아분화를 유도하여 8월 30일 정식하였다. 촉성재배는 인위적 화아분화 촉진처리 없이 자연 상태에서 화아분화되는 시점인 9월 15일 정식하였다. 재배는 일반 재배 관리에 준하였다. 보온은 야간온도가 10°C 되는 10월 20일에 실시하고 재배 중 온도 관리는 주간 25°C , 야간 $5-6^{\circ}\text{C}$ 범위에서 관리하였다. 반촉성 재배는 10월 5일 정식하였고, 휴면이 타파되도록 일정기간 저온을 경과시켰다. 보온 시기는 11월 25일에 실시하였고, 온도관리와 재배는 촉성재배에 준하였다. 수량 조사는 매주 수확기에 접어든 과일을 채취하여 월별 누적하였다.

묘소질별, 재식거리별 비교실험은 인위적 화아분화를 유기하여 9월 1일 정식하였고, 정식기별 실험은 정식시기를 9월 1일부터 10일 간격으로 9월 30일까지 정식하

여 정식시기에 따른 수량성을 검토하였다. 정식포장 조성과 재배관리는 일반재배에 준하였고, 보온은 10월 20일 실시하였다. 조사는 평균과중과 연내수량(11월~12월), 조기수량(11월~2월), 전체수량(11월~4월)으로 나누어 조사하였고, 10g이상을 상품수량으로 구분하였다.

가. 묘 소질별 수량성 비교 : ‘매향’ 자묘의 관부 굵기를 5이상~6mm미만, 4이상~5mm미만, 3이상~4mm미만 등 3가지로 구분하고 주간 120cm 간격으로 정식하여 자묘 굵기에 따른 수량성을 검토하였다.

나. 재식거리별 수량성 비교 : 자묘 정식간격을 15, 18, 21cm의 3가지로 구분하여 정식하였다.

다. 정식기별 수량성 비교 : 자연 상태하에서 화아분화되는 9월 중순 이전에 정식하는 것이 개화 및 수량에 미치는 영향을 알아보기 위하여 9/1, 9/10, 9/20, 9/30일의 4처리 시기별로 구분하여 20cm 간격으로 정식하고 수량성을 검토하였다.

6. 품종간 수량성 및 품질 비교

‘매향’과 다른 품종간의 수량성 비교를 위해 9월 10일에 정식하였고, 재배방법은 축성재배를 하였다. 보온은 10월 20일부터 야간 보온하기 시작하였고, 온도는 주간 25℃, 야간 8℃를 유지하였다. 모든 재배 방법은 관행재배에 준하여 실시하였다. 조사는 초기 생육 및 수량성을 조사하였다. 수확이 시작되는 시점부터 월별로 90%착색된 과실을 품종당 20개를 채취하여 당도와 산도, 경도를 측정하였다. 당도는 당도계를 이용하였고, 경도는 경도계(g/45mm)를 사용하여 측정하였다.

7. 숙도별 과실의 품질변화

착색정도를 70%에서 과숙까지 5단계로 나누어 과실을 채취한 뒤 당도와 경도를 측정하였다. 조사시기는 4월 20일에 실시하였다.

고온기는 경도가 과실 품질을 좌우하는 중요 요소이기 때문에 일반농가에서 수확하는 방식과 비슷하게 90% 숙도를 시작으로 2일 간격으로 수확을 시작하여 3, 4, 5, 6일 간격으로 숙도가 진행되면서 수확하였다. 수확과실마다 숙도가 다르므로

수확할 때마다 2kg씩 무작위 채취하여 평균으로 하였다. 조사시기는 4월 15-30일 사이에 실시하였다.

8. 약제처리에 의한 과실 품질향상

약제처리는 당도 및 경도 증진효과를 얻기 위해 실시하였고 2년간 실시하였다.

○ 1년차 : 당도를 높이기 위한 약제처리로 NaCl 10mM, 5mM, 스테비아 1000ppm을 사용하였고, 경도를 높이기 위한 방법으로 potassium silicate solution(K_2SiO_2) 500ppm, 북살(옥천산업; N-P-K-Mg-Ca, 10-2-1-15) 1000ppm과 키토산 200ppm을 처리하였다

○ 2년차 : 1년차에서 효과가 있는 K_2SiO_2 500ppm, 북살(Wuxal) 1,000ppm에 Ag 5ppm, 브릭스업(식물농장산업; N-P-K, 2.6-0-9.2) 1,000ppm, Amino cal 500ppm 등을 추가 처리하였다. 약제처리방법은 1주 간격으로 4회 엽면살포 처리하고 처리 3일 후 과실을 채취하여 당도, 산도, 경도를 분석하였다. 처리시기는 하우스내의 온도가 높아져 과실 품질이 낮아지는 4월부터 5월까지 약 2개월간 실시하였다.

9. 차광처리에 의한 과실품질 향상

시판용 차광막을 이용하여 35%, 55%, 75% 3수준으로 2중 하우스 외피에 피복하였으며 처리 시기는 하우스내의 온도가 높아지는 4월 1일부터 실시하였다. 조사는 2회에 걸쳐 하우스 내 조도를 측정하였고, 차광처리 20일후의 생육상황 및 엽록소 함량을 측정하였다. 차광처리 후 하우스 내 당도를 시기별로 측정하였다.

10. 재배력 모델 설정

‘매향’ 재배 농가를 중심으로 포장관찰을 통한 문제점을 중심으로 시기별 농작업 관리준을 일반관리기준과 연구결과를 고려하여 정하고 병해충은 육묘기와 수확기의 발생 실태를 조사하고, 농가상담 및 자체 시험포장 조사를 종합하였다. 조사기간은 3년간의 평균치로 하고 재배 농가의 현실을 정확히 파악하기 위하여 전국 농가방문을 통한 토론회 등을 참고하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. ‘매향’ 품종의 생리·생태적 특성 구명

가. ‘매향’의 화아분화 특성

자연상태에서 딸기의 화아분화기는 9월 20일 전후로 지역에 따라 4~6일 정도의 차이가 있다. 논산지역을 중심으로 노지에서 조사한 화아분화기는 품종에 따라 1-2일 정도의 차이밖에 없었다(표 1). ‘아끼히메’는 9월 20일로 가장 빨랐고 ‘매향’은 9월 21일, ‘레드필’과 ‘사치노까’는 ‘아끼히메’보다 2일정도 늦게 화아분화가 이루어졌다. 그러나 화아의 발육에 있어서는 품종차가 크게 나타났다.

Table 1. Flower bud differentiation date of ‘Maehyang’, ‘Akihime’, ‘Red Pearl’ and ‘Sachinoka’ strawberry in Nonsan region.

Cultivars	Flower bud differentiated date
Maehyang	Sep. 21
Akihime	Sep. 20
Red Pearl	Sep. 22
Sachinoka	Sep. 22

품종별 화아발육을 조사한 결과는 그림 3에서 보는 바와 같이 시간이 경과할수록 품종간 다른 양상을 보였다. ‘매향’과 ‘아끼히메’는 화아의 발육이 빠르게 진행된 반면 ‘레드필’과 ‘사치노까’는 초기에는 ‘매향’과 비슷하게 발육하다가 10월 5일 이후에는 느리게 발육되는 경향이였다. ‘매향’과 ‘아끼히메’는 10월 11일에 이미 자예형성기에 돌입한 반면 ‘레드필’은 악편형성기 단계였으며 10월 17일에 응예형성기에 돌입하여 ‘매향’과 ‘아끼히메’보다 발육이 늦었다. ‘사치노까’는 초기발육은 ‘레드필’과 비슷하게 빠르게 진행되다가 10월 17일에는 응예형성기에 돌입하였다.

‘매향’과 ‘아끼히메’는 1화방 분화 후 자예형성기까지 21일정도 소요되었으나 ‘사

치노까’는 27일 정도 소요되었다. 품종별로 화아의 발육 순서는 ‘아끼히메’> ‘매향’> ‘레드펄’> ‘사치노까’ 순이었다. 축성작형에서 2화방 분화기는 보온개시, 멀칭 및 추비 등을 행하는 시기로 품종에 따라서 그 시기를 달리해야 할 것으로 판단된다. ‘매향’은 2화방 분화시기인 10월 11일경이 보온개시 시점이 될 것으로 판단된다.

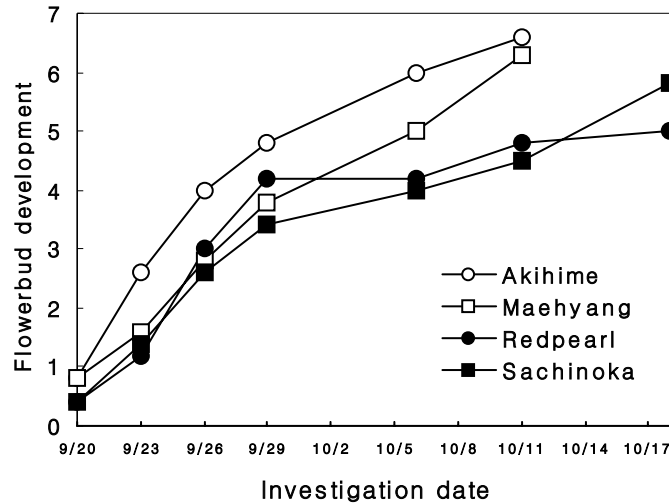


Fig. 3. Development stage of flower bud among 4 strawberry cultivars in Nonsan region (0, non-flower bud; 1, flower bud initiation; 2, flower bud differentiation; 3, flower cluster differentiation; 4, sepal formation; 5, stamen formation; 6, pistil formation; 7, lateral flower bud differentiation).

나. ‘매향’의 육묘기 자묘 발생 특성

자묘를 채취하여 가식한 다음 뿌리발근 상태를 비교하여 보면 가식 10일후 ‘매향’은 다른 품종보다 발근속도가 늦은 것을 알 수 있다(그림 4). 이것은 ‘매향’이 다른 품종보다 초기 뿌리내림이 늦기 때문에 보다 일찍 자묘 확보에 힘써야 한다는 것을 보여주고 있다. 자묘 가식 30일후의 생육을 보면 ‘매향’은 지상부의 생육은 우수하나 초기발근이 늦어 지하부 생체중이나 근 길이가 적게 나타났다(표 2). 그러나 근수는 많이 형성되어 충분한 육묘기간을 갖는다면 후기에는 뿌리량 확보에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

Maehyang Red Pearl Akihime



Fig. 4. Root formation of runner plants after 10 days of cutting in 3 strawberry cultivars.

Table 2. Comparison of rooting ability of runner plants after 30 days of cutting among 3 strawberry cultivars.

Cultivars	Rooting ability			
	Root length (cm)	No. of root (No./plant)	Shoot fr.wt. (g/plant)	Root fr. wt. (g/plant)
Maehyang	16.3b ^z	10.5a	9.7a	3.9b
Akihime	20.4a	6.8b	8.0a	4.0b
Red Pearl	18.0a	5.8b	6.0b	4.8a

^zDMRT 5%

그림 5는 런너의 신장속도를 표시한 것으로서 런너가 발생하는 시점부터 3일 간격으로 조사한 결과 발생초기에는 생육속도가 비슷하였으나 시간이 경과할수록 ‘레드펄’이 다른 품종보다 빠르게 신장하였다. 이것은 자묘발생량과도 관련이 있으므로 동일시점에서 ‘레드펄’의 자묘발생량이 가장 많다는 것을 알 수 있다(그림 6). 매향은 상대적으로 ‘레드펄’보다 신장속도가 늦고 자묘발생량도 적게 나타났다. 그러나 축성재배를 주로 하는 ‘아끼히메’ 품종과는 유사한 정도의 신장속도와 자묘발생량을 보이고 있다. 그러나 매향은 자묘발생량이나 신장속도는 ‘아끼히메’와 유사하나 자묘의 발근속도가 늦으므로 육묘시점은 오히려 ‘아끼히메’보다 빠른 것이 안전한 자묘확보에 유리하다고 판단된다.

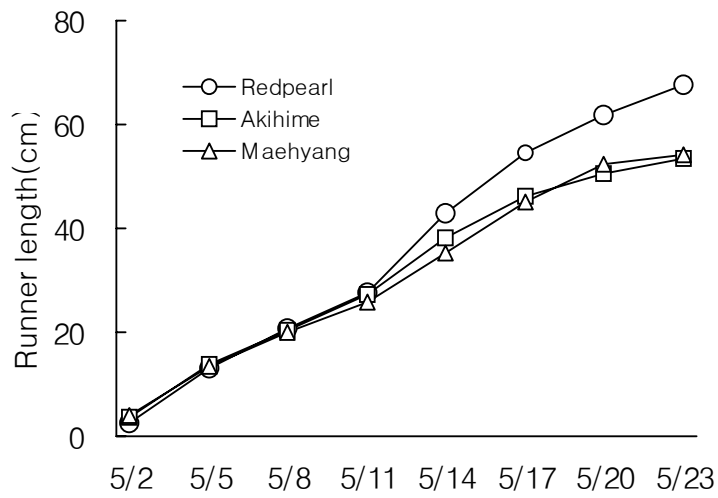


Fig. 5. Comparison of growth rate of runners among 3 strawberry cultivars.

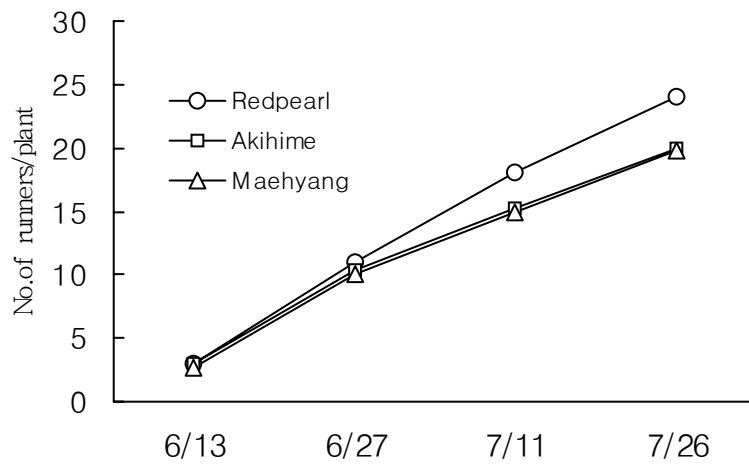


Fig. 6. Comparison of runners production among 3 strawberry cultivars.

다. 매향의 휴면 특성

일반적으로 휴면이 깊은 품종은 휴면돌입 후에는 정상적인 온도조건을 부여해도 생장이 잘 이루어지지 않는다. 그러나 본 실험의 결과로 보면 '매향'은 저온처리 0시간에도 꾸준한 성장을 하고 있는 것으로 보아 휴면타파에 필요한 저온요구 시간이 거의

없거나 매우 적은 것으로 판단되며 일반적으로 알려진 ‘아끼히메’ 품종의 저온요구량이 50시간인 점으로 미루어 볼 때 ‘아끼히메’보다 성장곡선이 완만하므로 ‘아끼히메’보다는 약간 깊은 100~150시간의 범위로 보이며, 200시간 이내의 저온처리로 휴면타파 효과가 충분한 것으로 여겨진다(그림 7). 400시간 처리는 완전한 휴면타파가 이루어져 빠른 성장곡선을 보이고 있다. 이것은 반 휴면상태의 재배조건에 비추어 볼 때 연속출퇴보다는 런너 발생이 많아질 수 있으므로 과도한 저온처리라고 생각된다.

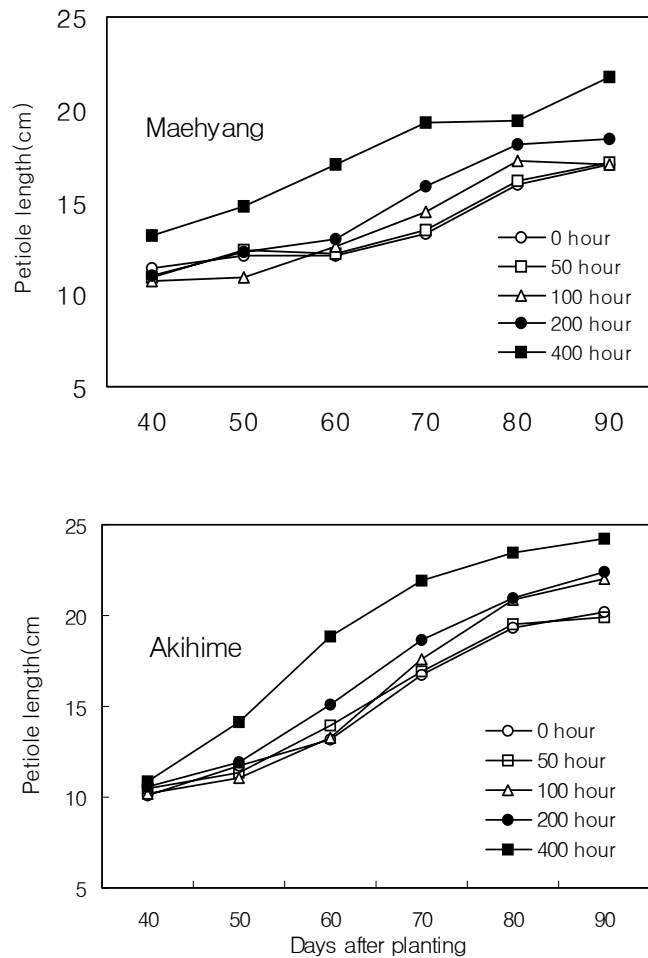


Fig. 7. Growth of petiole length influenced by chilling treatment in ‘Maehyang’ and ‘Akihime’ strawberry. Runners were stored in sealed plastic bag at 4°C before planting.

라. 병해충 저항성

농가 현지 포장 조사의 경우 ‘매향’은 탄저병 발생이 심하였고, 특히 육묘기 발생이 많았다(표 3). 발생정도는 탄저병에 아주 약한 ‘아끼히메’와 유사한 수준을 보여 매우 주의를 요하였다. 그러나 수확기에 주로 문제시 되는 흰가루병은 ‘레드필’ 수준으로 어느 정도 저항성을 보였다. 충해는 진딧물 발생이 많았고, 응애도 다른 품종에 비해 약간 발생이 많은 편이었다.

Table 3. Degree of diseases and pests incidence between major strawberry cultivars.

Cultivars	Diseases		Pests	
	Powdery mildew	Anthraco-nose	Aphids	Two-spotted spider mite
Maehyang	+ ^z	++++	+++	++
Nyoho	+++	+++	++	+
Red Pearl	+	++	+	+
Akihime	++++	++++	+	++

^zIncidence level : + ; slight, ++ ; moderate, +++ ; severe, +++++ ; very severe.

인위적인 접종에 의한 병해 저항성을 조사한 결과는 표 4와 같다. 잣빛곰팡이병 발생율이 타 품종보다 높아 수확기에 철저한 환기를 필요로 하는 것으로 나타났다. 탄저병 발생율은 ‘아끼히메’보다는 저항성이 없는 것으로 나타났으나 ‘레드필’보다는 약하였다. 시들음병은 ‘아끼히메’와 ‘레드필’ 중간으로 나타났다. 접종에 의한 병 발생은 농가포장 관찰과 유사한 결과를 보였으며 ‘매향’은 ‘아끼히메’보다 탄저병에 대한 저항성은 약간 높으나 육묘기에 과습하거나 침수가 되면 실제로는 잣빛곰팡이병과 같이 발생하는 경향이 있어 오히려 ‘아끼히메’보다 더 높은 고사율을 보이기도 한다. 현재 국내에 가장 많이 재배되고 있는 ‘레드필’에 비해서는 병 저항성이 약하므로 철저한 방제가 필요하다.

Table 4. Severity of major diseases in 3 strawberry cultivars by artificial inoculation.

Cultivars	Disease severity(%)		
	Anthracnose	Gray mold	Fusarium wilt
Maehyang	2.54±0.61	35.4±4.5	1.1
Akihime	2.81±0.49	24.5±2.8	2.9
Red Pearl	2.21±0.37	27.1±1.3	0.8

마. 온도 적응성

‘매향’은 기형과 발생율이 다른 품종에 비해 적은 것으로 알려져 있다. 그러나 표 5에서 보는 바와 같이 정화방이 출하되는 12월에는 ‘아끼히메’ 혹은 ‘레드펄’보다 월등히 기형과 발생율이 적었지만 야간 최저 온도가 0℃ 부근으로 낮아지면 기형과 발생이 급격히 증가한다. 즉 2화방에서 많은 기형과가 생산된다. 이것은 온도가 낮으면 기형과가 많이 발생되어 다른 품종보다 약간 고온관리를 필요로 하는 것으로 판단된다. 이것이 농가에서 생육저하와 상품과 감소로 수확량이 낮아지는 주된 원인이 될 수 있다고 생각된다.

Table 5. Effect of minimum night temperature on occurrence of malformed fruit from December to February among 3 strawberry cultivars in forcing culture.

Cultivars	Malformed fruit (%)	
	First cluster (Dec.)	Second cluster (Feb.)
	(6~7℃)	-1~2℃
Maehyang	2.5	35
Akihime	9.0	25
Red Pearl	5.5	22

2. '매향'의 재배기술 정립

가. 작형에 따른 수량성 비교

'매향'의 작형별 수량을 보면 초촉성재배가 10a당 수량이 가장 높았고 반촉성재배가 가장 적게 나타났다(그림 8). 월별 수량성은 초촉성, 촉성은 3월에, 반촉성은 4월에 수량이 높았다. 과실의 품질이 저하되고 가격이 하락되는 4월에 수량이 높은 반촉성은 상대적으로 초촉성이나 촉성에 비해 수량뿐만 아니라 가격이나 품질면에서도 바람직하지 않다고 생각된다.

초촉성재배가 수량면에서 가장 유리하나 초기 인위적인 화아분화 형성 작업이 필요하므로 많은 노력이 든다는 단점을 가지고 있다. '매향'은 다른 품종보다 월별 수량이 균일하다는 재배농가들의 의견을 참고해보면 3월 수량이 다소 많게 나타난 것은 2월의 저온기에서 벗어나 온도가 올라가면서 생육이 좋아진 결과로 판단되며 전체적으로 일정시기에 수량이 집중되지 않고 비교적 균일하게 생산되는 것을 알 수 있다.

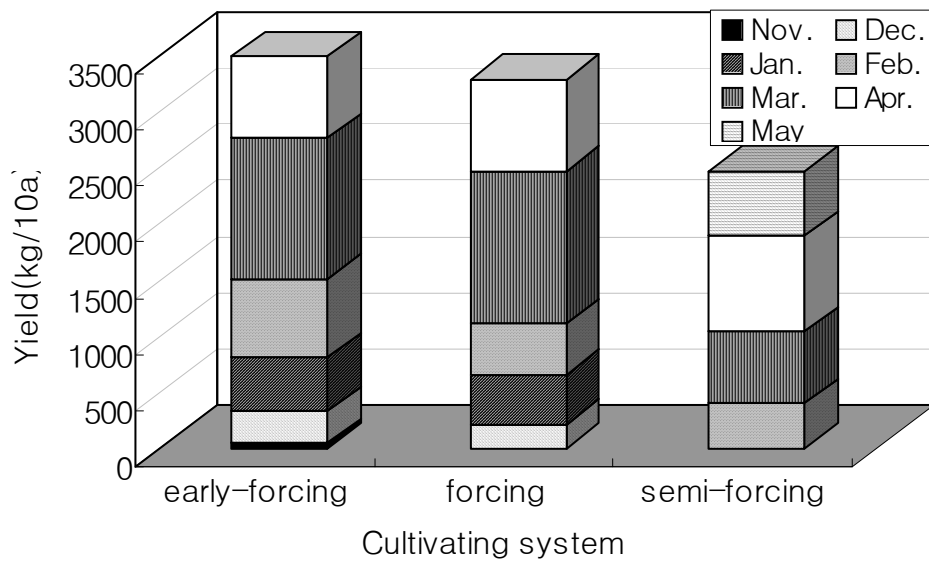


Fig. 8. Yield of 'Maehyang' strawberry between cultivating systems.

나. 재배방법에 따른 수량성 비교

‘매향’의 수량을 높이기 위해 자묘의 관부 크기별 수량성을 비교한 결과 관부 굵기가 5~6mm인 것은 연내수량과 조기 수량에서 3~4mm에 비해 유리하였다. 그러나 연내수량(11월-12월)에서의 과일 크기는 좀 작은 경향을 보였다(표 6). 4월까지의 총 수량(11월-4월)에서는 큰 차이를 보이지 않았으나 정식하는 자묘의 굵기가 굵은 것이 조기에 많은 과실을 생산하는데 유리하다고 판단된다. 그러므로 지금까지 축성품종의 초축성재배는 중묘(4~5mm)를 심는 것이 수량을 높이는 데 가장 효과적이라고 알려져 있는 것에 비해 ‘매향’은 대묘를 심는 것이 고가로 판매하는 시기에 많은 과실을 생산할 수 있으며 이것은 ‘매향’의 생육속도가 늦은 것과는 관련이 있다고 생각된다.

표 7은 재식간격에 따른 수량성을 검토한 결과 축성재배에서 관행적으로 심는 20cm에 비해 ‘매향’은 15cm 간격 정식이 과실의 평균과중은 약간 작지만 조기수량(11-2월)이나 전체수량(11월-4월)면에서 18, 21cm 간격보다 높았다. 이것 역시 생육속도가 늦고 착과부담을 많이 느끼는 품종특성 때문일 것이라고 생각된다.

정식시기를 달리하여 정식했을 때 화아분화 이전인 9월 1일 정식에서 수량성이 가장 많고 특히 12월까지 연내수량(11월-12월)이 높은 것으로 보아 수확기가 다른 처리구 보다 빠른 것을 알 수 있다(표 8). 그러나 9월 1일 정식은 정식 직후 토양 내 양분 과다흡수로 오히려 화아분화가 늦어질 위험부담을 갖고 있으므로 정식 초시비를 삼가 해야 한다. 또한 하우스 내 온도가 고온기이므로 과실이 작아지는 경향이 있다.

Table 6. Yield of strawberry cultivar 'Maehyang' influenced by runner plant with different crown diameter in forcing culture. Runner plant were planted after flower bud initiation by artificial treatment.

Crown diameter (mm)	Yield								
	Nov.-Dec.			Nov.- Feb.			Nov. - Apr.		
	Average fruit wt.(g)	Marketable (kg/10a)	Total (kg/10a)	Average fruit wt.(g)	Marketable (kg/10a)	Total (kg/10a)	Average fruit wt.(g)	Marketable (kg/10a)	Total (kg/10a)
5~6	12.2b ^z	513a	596a	13.1a	852a	975a	12.4c	2,492a	3,342a
4~5	12.2b	446b	526a	13.3a	704b	815b	12.8b	2,610a	3,349a
3~4	13.6a	429b	498a	13.7a	697b	808b	13.2a	2,391a	3,184a

^zDMRT 5% level

Table 7. Yield of strawberry 'Maehyang' influenced by planting distance in forcing culture. Runner plants were planted after flower bud initiation by artificial treatment.

Planting space (cm)	Yield								
	Nov.-Dec.			Nov.- Feb.			Nov. - Apr.		
	Average fruit wt.(g)	Marketable (kg/10a)	Total (kg/10a)	Average fruit wt.(g)	Marketable (kg/10a)	Total (kg/10a)	Average fruit wt.(g)	Marketable (kg/10a)	Total (kg/10a)
15	12.0a ^z	547a	662a	11.5b	1,289a	1,602a	11.9a	3,062a	4,088a
18	12.1a	349b	430b	12.8a	1,240a	1,464b	12.5a	2,567b	3,258b
21	12.9a	424b	482b	13.0a	1,379a	1,590a	12.5a	2,474b	3,126b

^zDMRT 5% level

Table 8. Yield of strawberry 'Maehyang' influenced by planting date in forcing culture.

Planting date	Yield								
	Nov.-Dec.			Nov.- Feb.			Nov. - Apr.		
	Average fruit wt.(g)	Marketable (kg/10a)	Total (kg/10a)	Average fruit wt.(g)	Marketable (kg/10a)	Total (kg/10a)	Average fruit wt.(g)	Marketable (kg/10a)	Total (kg/10a)
Sep. 1	18.8	193	193	15.3a ^z	1,331a	1,496a	13.3b	2,558a	3,405a
Sep. 10	21.0	86	86	16.5a	1,269a	1,402a	14.3a	2,614a	3,284a
Sep. 20	-	-	-	16.6a	857b	978b	14.6a	2,122b	2,584b
Sep. 30	-	-	-	15.9a	570c	666c	14.3a	1,733c	2,218b

^zDMRT 5% level

본 실험에서도 9월 10일 정식에 비해 평균과중이 약간 적은 경향을 보였다. 그러나 일반적으로 농가에서 정식하는 9월 20일 보다는 조금 앞당겨 9월 10일 정식하는 것이 조기수량(11월-2월)이나 총 수량(11월-4월)면에서 더 유리하게 나타났다. 그러므로 '매향'의 정식적기는 포트육묘일 경우 9월 10일경이 정식적기로 판단되며, 더 이른 정식도 가능하나 정식초기 정상적인 개화를 위해 시비에 주의하여야 한다. 정식시기가 늦어질수록 수량성은 감소하고 연내 생산이 어렵게 된다.

다. 품종간 수량성 및 품질 비교

1) 생산시기별 품종간 수량 및 품질 비교

'매향'의 생육을 비교하여 보면 다른 품종에 비해 초장이 크고 개화일이나 수확일이 빠른 경향을 보였다(표 9). 이것은 정식 후 생육상태에 따라 개화기가 달라질 수 있기 때문에 '매향'의 생육이 조금 빨리 진행된 결과로 추정된다. 그럼에도 불구하고 축성재배에 적합한 '아끼히메'에 비해 개화가 빠르다는 것은 '매향'이 축성재배에 적합한 것을 의미하며 화경장은 '아끼히메'와 유사하게 길었다.

수량성은 '아끼히메' 품종에서 가장 높았고 '매향', '레드필' 순이었다. '매향'은 상품과율 면에서 다른 품종보다 높았다. 표 10의 결과로 미루어 볼 때 신품종 '매향'

은 기존에 가장 많이 재배되고 있고 대과 다수성으로 알려져 있는 ‘레드펄’나 ‘아끼히메’에 비해 크게 수량성이나 과실 크기가 뒤지지 않으면서 상품과율이 높게 나타나 충분히 경쟁력이 있는 것으로 판단된다.

Table 9. Growth characteristics of 3 strawberry cultivars in forcing culture.

Cultivars	Plant height (cm)	Flowering date of cluster		Harvest date	Length of cluster(cm)	No. of flower's of 1st cluster
		1st	2nd			
Maehyang	34.4	11. 14	12. 24	Dec. 28	43.4	10.9
Akihime	30.8	11. 20	1. 6	Jan. 9	43.3	14.5
Red Pearl	30.0	12. 22	2. 7	Jan. 23	40.5	12.5

Table 10. Comparison of yield among 3 strawberry cultivars in forcing culture.

Cultivars	Average fruit wt. (g)	No. of fruit per plant (No./plant)	Yield per plant (g/plant)	Ratio of marketable fruit (%)	Yield (kg/10a)
Maehyang	16.4 a	32.0 a	525.0 ab	95.1 a	4,774 a ^z
Akihime	16.8 a	33.5 a	566.0 a	90.1 ab	5,146 a
Red Pearl	16.7 a	28.7 b	476.9 b	92.4 b	4,335 b

^z DMRT 5% level

당도의 변화를 보면 ‘매향’은 3월에 약간 당도 저하를 보이거나 11% 정도를 유지하면서 높은 당도를 보이고 있다(표 11). ‘아끼히메’는 겨울의 1월-2월은 당도가 높지만 3월-4월로 갈수록 당도 저하가 심하게 나타난다. ‘레드펄’은 4월의 봄철에 높은 당도를 나타내고 있으나 전체적으로 ‘매향’이 다른 품종보다 높은 당도를 유지하는 경향을 보이고 있다. 산도는 ‘매향’은 겨울철에는 비교적 낮은 상태를 유지하나 4월이 되면 매우 높아지는 경향을 보였다. 반면 ‘아끼히메’는 1월에서 4월까지

낮은 상태의 산도를 유지하였다. 그러나 ‘레드펄’은 다른 품종보다 높은 산도를 나타내었다. 당산비 변화는 그림 10에서 보는 바와 같이 ‘레드펄’이 가장 낮고 ‘매향’, ‘아끼히메’순으로 높았다. ‘매향’은 당도가 높고 산미도 어느 정도 가지고 있어 맛이 매우 좋게 유지되고 있으며 ‘아끼히메’는 높은 당산비를 유지하는 것은 산미가 적은 품종의 특성에 기인하는 것으로 판단된다. 월별변화를 보면 겨울에 약간 낮았다가 2월-3월에 높아지고 온도가 높아지는 4월경에는 당산비가 낮아지는 경향을 보이고 있다.

Table 11. Comparison of soluble solids and acidity in fruits of 3 strawberry cultivars at different harvest date.

Cultivars	Jan.		Feb.		Mar.		Apr.	
	Soluble solid(%)	Acidity (%)	Soluble solid(%)	Acidity (%)	Soluble solid(%)	Acidity (%)	Soluble solid(%)	Acidity (%)
Maehyang	11.2±0.68 ^z	0.96±0.13	11.7±0.83	0.86±0.04	10.4±0.54	0.76±0.05	11.2±0.71	1.25±0.04
Akihime	11.5±0.50	0.88±0.06	12.3±0.67	0.80±0.05	10.2±0.65	0.75±0.04	9.9±0.65	0.83±0.05
Red Pearl	10.7±0.66	1.02±0.10	11.0±0.81	0.86±0.08	9.9±0.75	0.94±0.03	11.2±0.80	1.21±0.08

^zMean±SD

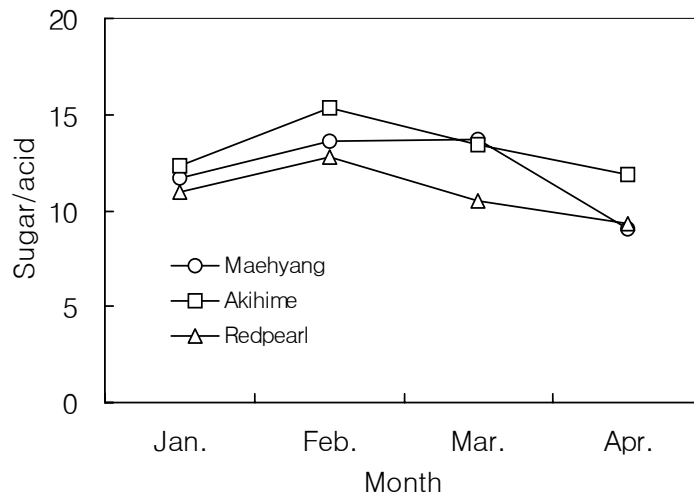


Fig 9. Comparison of sugar/acid ratio in fruits of 3 strawberry cultivars at different harvest date.

경도의 변화를 보면 ‘매향’은 고온기로 갈수록 경도가 낮아졌으나 다른 품종에 비해서 변화폭은 적었다. ‘레드펄’은 1월에는 ‘매향’과 비슷한 경향을 보였으나 3, 4월로 갈수록 경도저하가 급격하게 나타나 오히려 ‘매향’보다 더 낮아지는 경향을 보였다(표 12).

이런 결과는 ‘매향’은 겨울철의 저온기부터 늦은 봄철까지 장기간 수확에 적합하고 또한 꾸준한 수량성을 유지하므로 생육에 큰 무리가 가지 않아 관리에 유리하다고 판단된다. 다만 자료에는 없지만 고온기에 과다 착색에 의한 품질저하는 해결해야 할 과제이다.

Table 12. Comparison of firmness in fruit of 3 strawberry cultivars at different harvest date.

Cultivar	Firmness(g/5mm)			
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Maehyang	228.0±5.43 ^z	210.8± 7.29	207.2±5.50	204.9±6.52
Akihime	197.2±5.63	175.2± 6.69	167.0±7.21	117.3±6.23
Red Pearl	225.6±4.83	203.2±10.55	200.0±6.89	176.9±7.84

^zMean±SD

‘매향’의 재배기술 결과를 살펴보면 수량성은 초촉성재배가 촉성재배보다 조기수량 면에서는 약간 유리하지만 과실크기가 작고, 인위적인 화아분화 처리, 정식 후 온도관리 등 재배 상 어려운 점이 많아 촉성재배가 가장 적당할 것으로 판단된다. 적정 정식시기는 9월 10일이 적당하고, 재식거리는 15cm, 묘소질은 큰 묘가 유리한 것으로 나타났다. 또한 일정시기에 수량이 집중되지 않고 전 수확기간 동안 균일하게 생산되는 것을 알 수 있다. 과실의 품질이 저하되고 가격이 하락되는 4월 수량이 높은 반촉성은 상대적으로 초촉성이나 촉성에 비해 수량뿐만 아니라 가격이나 품질면에서도 바람직하지 않다고 생각된다.

재배중 생육도 다른 품종에 비해 초장이 크고 개화일이나 수확일이 빠른 것은 ‘매향’이 촉성재배에 적합한 것을 의미하며 품종간 비교수량에서도 기존에 가장 많이 재배되고 있고 대과 다수성으로 알려져 있는 ‘레드필’나 ‘아끼히메’에 비해 크게 수량성이나 과실 크기가 뒤지지 않으면서 상품과율이 좋게 나타나 대체 품종으로 충분히 경쟁력이 있는 것으로 판단된다.

또한 ‘매향’의 과실 품질도 수확기간에 11% 정도를 꾸준히 유지하였고, ‘아끼히메’나 ‘레드필’에 비해 높은 당도를 유지하는 경향을 보이고 있다. 당산비 변화는 ‘레드필’이 가장 낮고 ‘매향’, ‘아끼히메’순으로 높았다. ‘매향’은 당도가 높고 산미도 어느 정도 가지고 있어 맛이 매우 좋게 유지되고 있으며 ‘아끼히메’가 높은 당산비를 유지하는 것은 산미가 적은 품종의 특성에 기인하는 것으로 판단된다. 경도에서도 매향은 월별 변화폭이 적고 높게 유지되어 겨울철의 저온기부터 봄철 고온기까지 장기간 수확에 유리하다고 할 수 있다.

2) 속도별 과실의 품질변화

과실의 품질을 향상하기 위한 속도별 당도, 경도의 변화를 비교하여 본 결과 ‘매향’은 70~90%까지의 속도는 당도에 큰 차이가 없었으며, 완숙이나 과숙되면 당도가 상승하였다. 그러나 ‘아끼히메’는 70%에서 100%까지 속기가 진전되면서 당도가 증가하였고, 과숙되면 저하되었다. 반면 ‘레드필’은 속도에 따라 당도변화가 적었다 (그림 10).

‘매향’의 경도는 과실이 익을수록 감소하지만 완숙되면 급격히 감소하고, ‘아끼히메’는 90% 숙기부터 감소폭이 컸다. 그러나 ‘레드필’은 완숙시에도 어느 정도 경도를 유지하며 과숙한 경우에도 ‘아끼히메’의 80~90%, ‘매향’의 90~100% 정도의 경

도를 유지하므로 저장력에서 매우 유리하다고 판단된다(그림 11). 일반 농가에서 봄철 고온기에 ‘레드필’보다 ‘매향’이 무른 느낌을 받는 것은 속도가 많이 진전된 것이 수확되기 때문인 것으로 판단된다.

수확간격별 경도를 비교해보면 3일 간격까지는 ‘매향’이 ‘레드필’보다 경도가 높지만 3일 이후부터 ‘레드필’에 비하여 경도저하가 심하게 나타났다. 농가에서 현실적으로 매일 수확이 불가능하므로 3-4일 간격으로 수확을 하고 있는 실정에 비추어 볼 때 ‘매향’은 수확시기가 늦어질수록 ‘레드필’보다 경도저하가 심하게 나타났고 이것은 수확간격을 좁혀서 자주 수확해야 되는 것을 의미한다(표 13). 수확시기가 늦어질수록 동일한 경도를 유지하는데 ‘레드필’보다 1~2일 일찍 수확이 필요하다. ‘레드필’을 재배하는 대부분의 농가에서는 노동력 부족으로 일일 수확할 수 있는 양이 제한되어 있어 보통 하우스별 3-4일 또는 4-5 간격으로 수확을 하고 있다. ‘매향’은 속기가 빨라 이 시스템을 적용하면 경도저하가 심하고 이에 따른 과다 착색으로 과실이 검어지는 경향을 띄게 된다. 그러므로 ‘매향’만의 수확간격은 2~3일 간격이 적당하다고 판단된다.

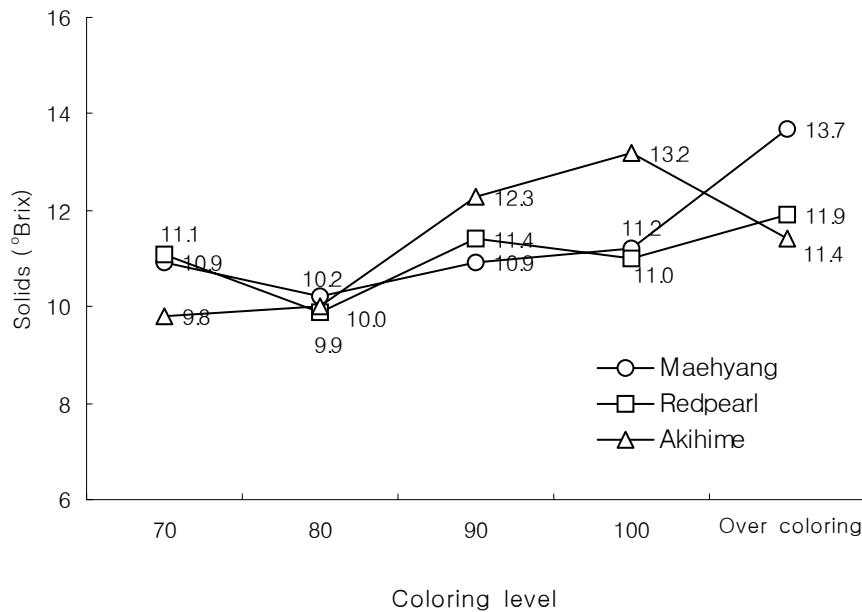


Fig. 10. Changes in soluble solid of 3 strawberry cultivars by coloring level.

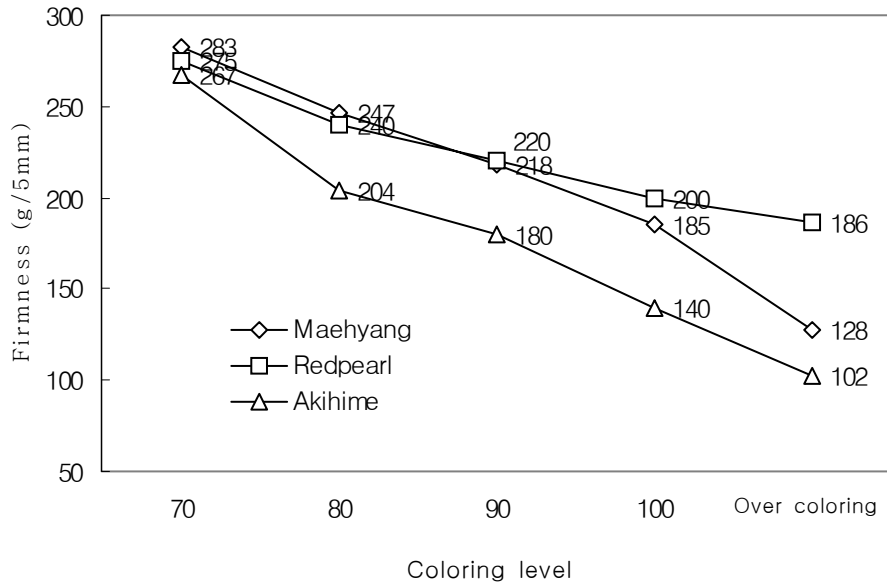


Fig. 11. Changes in firmness of 3 strawberry cultivars by coloring level.

Table 13. Changes in firmness of strawberry 'Maehyang and 'Redpearl' influenced by harvest interval.

Cultivars	Firmness with different harvest interval (g/5mm)				
	2 day	3 day	4 day	5 day	6 day
Maehyang	219.8	181.2	156.2	135.7	114.2
Red Pearl	190.8	177.6	168.2	158.0	130.0

3) 약제처리에 의한 과실 품질향상

당도를 높이기 위한 스테비아 및 NaCl 처리는 무처리에 비해 당도 향상에 큰 영향을 끼치지 못했고 당산비도 낮아졌으며 오히려 경도 감소를 가져왔다. 그러나 경도 증진을 위한 약제처리에서는 북살이 가장 효과가 좋았고 규산칼륨이나 키토산은 큰 효과를 기대할 수 없었다. 그러나 규산칼륨은 약간의 당도증진 효과를 나타내고 당산비 증진에도 효과가 있었다(표 14).

Table 14. Effect of various materials on soluble solid, acidity and firmness in strawberry 'Maehyang'.

Materials	Soluble solid (%, A)	Acidity (%, B)	A/B	Firmness (g/45mm)
Stebia 1000ppm	8.8 ab	1.08 a	8.2 c	184.8 b ^z
NaCl 5ml	8.1 c	0.95 bcd	8.5 bc	186.0 b
NaCl 10ml	8.2 c	1.00 abc	8.2 c	183.4 b
K ₂ SiO ₂ 500ppm	8.9 a	0.86 d	10.1 a	209.6 ab
Kitosan 200ppm	8.7 ab	1.01 abc	8.6 bc	205.8 ab
Wuxal 1000ppm	8.7 ab	1.03 ab	8.6 bc	222.4 a
Control	8.4 bc	0.92 cd	9.1 ab	207.4 ab

^zDMRT 5% level

2년차에서는 1년차에서 효과를 보인 규산칼륨과 북살의 효과를 확인하고 또한 추가 약제를 알아보려고 Ag와 브릭스 업(Brix up, N-P-K; 2.6-0-9.2), 아미노 칼 제품을 사용하여 처리하고 2회에 걸쳐 조사한 결과 '매향'에서 북살은 당도증가 효과는 인정되지 않았고 오히려 약간 감소하는 경향을 보였다. 그러나 경도는 1년차 실험과 같은 경향으로 증가효과를 나타냈다(표 15). 규산칼륨은 약간의 경도와 당도증진 효과를 보였으나 크지 않았다. 브릭스 업 약제도 당도와 경도 증진에 약간의 효과를 나타내었으나 Ag나 아미노 칼 약제는 효과가 없었다.

품종별 약제처리 효과 비교에서는 품종간 약간의 차이를 보이고 있어 ‘매향’이나 ‘레드펄’보다는 ‘아끼히메’ 품종에서 뚜렷한 효과를 나타내었다.

복살은 당도보다는 경도증진에 효과를 보인 반면 규산칼륨과 브릭스 업은 당도와 경도증진에 효과가 있고, 특히 브릭스 업의 효과가 더 높게 나타났다.

본 실험의 결과를 살펴보면 약제 처리 효과는 시기별로도 약간의 차이가 있고, 품종간에도 다른 반응을 보이고 있다. ‘매향’에서는 ‘아끼히메’ 품종보다 효과는 적게 나타났지만 적절한 시기에 잘 사용한다면 복살은 경도 증진에, 규산칼륨과 브릭스 업은 당도와 경도 증진에 어느 정도 효과를 나타낼 것으로 생각된다.

Table 15. Effect of various materials treatment on soluble solid and firmness in fruit of strawberry cultivars.

Materials	Maehyang		Akihime		Red Pearl	
	Soluble solid(%)	Firmness (g/45mm)	Soluble solid(%)	Firmness (g/45mm)	Soluble solid(%)	Firmness (g/45mm)
<i>May 10</i>						
K ₂ SiO ₂ 500ppm	9.0±0.68 ^z	202.0±29.75	9.31±0.60	147.5±8.27	8.8±1.14	151.3±23.91
Wuxal 1000ppm	8.7±0.85	208.0±26.73	8.6±0.63	149.8±12.15	8.8±0.46	156.7±31.69
Ag 5ppm	7.7±0.24	182.8±8.88	8.5±0.56	156.0±9.09	9.2±0.52	168.5±14.25
Brix up 1000ppm	8.8±0.45	205.0±20.38	8.8±0.19	131.1±19.5	9.1±1.61	150.0±25.18
Amino cal 500ppm	8.7±1.05	194.0±18.13	9.3±0.15	150.0±29.8	10.1±0.57	172.0±8.19
Control	8.8±0.81	195.0±27.11	7.8±0.83	118.3±6.70	8.8±0.33	142.0±25.55
<i>May 20</i>						
K ₂ SiO ₂ 500ppm	10.3±0.93	193.3±23.22	9.9±1.62	132.8±23.97	10.9±0.71	151.8±25.39
Wuxal 1000ppm	9.9±0.54	203.0±30.16	9.4±0.98	159.8±18.32	8.9±0.54	155.0±21.11
Ag 5ppm	9.7±1.20	192.0±25.63	8.8±0.99	129.8±22.71	9.9±1.11	139.0±33.46
Brix up 1000ppm	10.5±0.90	213.3±3.59	10.0±0.99	131.8±3.77	10.1±1.16	157.3±34.31
Amino cal 500ppm	11.0±1.20	204.5±27.01	8.9±1.48	141.0±17.51	8.9±1.27	144.5±36.83
Control	10.1±0.76	191.8±8.06	9.5±1.19	127.3±18.34	10.4±0.93	148.5±24.21

^zMean±SD

4) 차광처리에 의한 과실품질 향상

‘매향’은 품질과 저장성이 우수하여 소비자들로부터 좋은 반응을 보이고 있으나 봄철 하우스내 온도가 높아지면 착색이 진해지고 당도가 떨어지는 등 과실 품질의 저하가 나타난다. 이를 보완하기 위하여 4월 초 35%, 55%, 75% 차광처리를 실시하여 과실의 품질변화 및 생육정도를 조사하였다.

차광을 한 상태에서 하우스 내 조도를 측정한 결과 노지에 비해 2중 하우스내의 조도는 30% 수준이었으며, 차광이 35%가 되면 50% 수준으로 떨어졌으며 차광이 높아질수록 급격히 떨어졌다(표 16). 딸기의 최대 광합성 적정 조도는 25,000~28,000lux 정도로 4월 15일 측정은 무차광이 가장 적당하였고, 차광이 광합성능력을 많이 감소시킬 것으로 판단되었다. 그러나 5월 15일이 되면 55% 차광하에서도 24,000lux정도가 유지되었다. 차광에 의한 온도는 4월 15일은 차광별로 약 1℃ 정도의 차이를 보였다. 5월 15일은 차광정도에 따른 차이는 적었으나 무차광에 비해서는 2℃ 이상 온도를 낮추는 효과가 있었다.

차광에 의한 생육의 변화는 표 17에서 보는바와 같이 차광에 의해 초장과 엽병장, 화경장의 증가를 보였고 엽수나 엽의 크기는 큰 차이를 보이지 않았다.

Table 16. Effect of shading ratio on the light intensity and temperature in plastic house for strawberry culture.

Shading ratio (%)	Intensity of illumination (Lux)		Temperature (°C)	
	Apr. 15	May 15	Apr. 15	May 15
0	24,150	48,900	28.4	31.0
35	12,090	25,470	27.6	29.9
55	10,180	24,400	26.6	29.4
75	8,355	7,190	25.9	28.7
Cont.	71,900	83,800	-	-

Table 17. Effect of shading on growth characteristics in strawberry cultivar 'Maehyang'^z.

Shading ratio(%)	Plant height(cm)	Length of flower cluster(cm)	Leaf number	Length of Peduncle (cm)	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Leaf length/Leaf width
0	31.0b ^y	28.5b	20.5a	21.4b	8.0b	12.1a	1.5
35	37.3a	34.3a	19.0a	26.1a	7.9b	12.6a	1.6
55	40.5a	38.5a	21.0a	24.3a	9.4a	10.9b	1.2
75	40.8a	39.5a	18.8a	23.3a	7.3b	11.6b	1.6

^zGrowth characteristics were examined at 20 days after shading treatment.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

차광율이 높을수록 웃자람을 관찰할 수 있었으나 지상부와 지하부 생육이 좋아지는 경향을 보였고, 특히 35%, 55% 처리구에서 왕성한 생육을 보였다(표 18). 차광이 짙은 75% 처리는 약광에 의해 생육의 저조를 나타냈다. 엽록소함량은 성엽보다 노엽에서 짙어지는 경향을 보였으며 차광 처리간에는 큰 차이가 없었으나 약간 짙어지는 느낌이었다.

Table 18. Effect of shading on fresh and dry weight, and chlorophyll content in strawberry cultivar 'Maehyang'^z.

Shading ratio(%)	Fresh weight(g/plant)		Dry weight(g/plant)		Chlorophyll (SPAD)	
	Shoot	Root	Shoot	Root	Full size leaf	Old leaf
0	84.0b ^y	15.0b	18.5b	3.8b	34.3a	43.0a
35	94.5a	18.0a	24.8a	5.0a	34.5a	46.0a
55	99.8a	17.5a	21.5a	4.5a	39.0a	44.6a
75	66.3c	15.5b	12.8c	3.3b	33.6a	45.0a

^zGrowth responses were examined at 20 days after shading treatment.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

차광처리는 당도와 경도의 감소를 가져와 품질을 저하되게 한다(표 19). 차광율이 높을수록 이러한 경향은 심하게 나타나는 경향을 보였다. 그림 12에서는 차광상태하에서 시간이 경과하면서 착색이 진행되는 과정을 보여주는 것으로 차광처리에 의해 숙기가 지연되는 것을 알 수 있다. 착색 4일이 경과되어도 무처리에 비해 차광처리에서는 선명도를 유지할 수 있었다. 착색의 진행정도는 무처리보다 55%차광처리에서 2일정도 늦게 진행되어 차광처리는 숙기를 늦출 수 있다는 것을 보여주고 있다.

Table 19. Effect of shading on color development and quality of fruit in strawberry cultivar 'Maehyang'^z.

Shading ratio(%)	Fruit color			Firmness (g/5mm)	Soluble solid(%)	Acidity (%)
	L	a	b			
0	77.1±7.1 ^y	71.2±2.9	37.1±8.7	194.4±40.8	9.2±1.2	0.8±0.0
35	76.7±9.2	70.5±7.0	35.8±12.1	183.3±49.6	6.3±4.8	0.6±0.0
55	72.6±2.6	72.2±2.1	31.5±5.2	165.9±17.3	8.1±0.7	0.6±0.1
75	75.8±8.9	67.0±4.7	34.4±11.6	166.7±57.2	7.8±0.6	0.8±0.1

^zFruits were examined at 20 days after shading treatment.

^yMean±SD



Fig. 12. Comparison of skin color of strawberry cultivar 'Maehyang' at various shading condition.

차광 상태하에서 시기별 당도의 변화를 보면 표 20에서 보는바와 같이 차광에 의한 당도 감소가 보였고, 시기별로는 5월 하순으로 갈수록 당도증가를 알 수 있다. 이것은 광량과 온도증가 때문으로 추측하며 차광처리시 당도저하를 최소화하기 위해서는 시기별로 차광비율을 달리하는 것이 좋다. 즉 4월 20일은 35%, 5월 5일 이후는 55%까지 차광해도 35%에 비해 당도저하가 극히 적었다. 그러므로 광량이 부족한 시기는 약 차광에서부터 온도가 높아지는 4월 이후는 높은 차광까지 시기별 조절은 숙기를 늦추면서도 어느 정도 맛을 유지시키는데 매우 효과적이라 판단된다.

Table 20. Comparison of soluble solid at different harvest season in strawberry cultivar 'Maehyang' influenced by shading ratio.

Shading ratio (%)	Investigation day		
	Apr. 20	May 5	May 20
	<i>Soluble solid(%)</i>		
0	8.1±0.22 ^z	8.4±0.45	11.2±0.85
35	8.4±0.29	8.4±0.41	9.7±0.57
55	7.5±0.36	8.3±0.31	9.4±1.01
75	6.8±0.46	7.9±0.56	8.9±0.57

^zMean±SD

‘매향’ 과실의 품질 향상 효과를 요약하면 ‘매향’의 경도는 과실이 익을수록 감소하지만 완숙되면 급격히 감소하나 ‘레드펠’은 완숙시에도 어느 정도 경도를 유지하므로 저장력에서 매우 유리하여 일반 농가에서 봄철 고온기에 ‘레드펠’보다 ‘매향’이 무른 느낌을 받는 것은 속도가 많이 진전된 것이 수확되기 때문인 것으로 판단된다. 특히 농가에서 현실적으로 매일 수확이 불가능하므로 3-4일 간격으로 수확을 하고 있는 실정에 비추어 볼 때 ‘매향’은 수확시기가 늦어질수록 ‘레드펠’보다 경도저하가 심하게 나타났고 이것은 수확간격을 좁혀서 자주 수확해야 되는 것을 의미한다. 수확시기가 늦어질수록 동일한 경도를 유지하는데 ‘레드펠’보다 1~2일 일찍 수확이 필요하다. ‘매향’은 숙기가 빨라 수확간격이 늦어지면 경도저하가 심하고 이에 따른 과다착색으로 과실이 검어지는 경향을 띄게 되므로 2-3일 간격 수확이 적당하다고 판단된다.

당도, 경도 증진을 위한 약제처리는 처리시기별 차이가 있고, 품종간에도 다른 반응을 보이고 있지만 적절한 시기에 잘 사용한다면 북살은 경도 증진에, 규산칼륨과 브릭스 업은 당도와 경도 증진에 어느 정도 효과를 나타낼 것으로 생각된다.

차광은 광량부족으로 인한 과실의 품질저하를 가져오지만 광포화점이 낮은 딸기에 있어서는 3월 이후는 차광율을 조절함으로써 과실의 과다착색을 어느 정도 늦출 수 있고, 품질저하를 최소화할 수 있을 것으로 판단된다. 즉 3월 말은 10-20%, 4월은 35%, 5월은 55% 정도 차광이 적당할 것이다.

5) 재배력 모델 설정

가) 농 작업

모주관리와 수확기 관리로 나누어 작성하였다. 정식전에 저온경과를 충분히 시키고 자묘를 포트에 옮겨 신엽발생을 시킨 후 정식한다. 육묘 중 고온, 건조에 주의하고 채묘시기가 늦지 않게 한다. 정식시 뿌리활착이나 보온시기에 따른 작물 생육에 주의하고 추비를 적절한 시기에 투입한다. 과실 품질 향상을 위해 적정 온도에 유의하고 저온기 난방이나 고온기 차광 등을 통한 세심한 관리 노력이 필요하다. 착색속도가 빨라 적기 수확은 품질 유지에 매우 중요하다.

나) 병해충 방제

(1) 육묘기

기온이나 강수량에 따라 약간 차이가 있을 수 있으며, 육묘기에 포트 받기 기간에 주로 탄저병 발생이 심하므로 주의해야 하고, 9월 정식기에는 응애나 나방류 방제를 해야 한다. 약제 살포는 예방 위주로 최소한으로 설정하여 육묘 전 기간 동안 10회 정도의 살포를 권장하였다. 정식전에 약제 침지를 추천하고, 위황병은 심하지 않으나 감염 토양에서는 발생이 심하므로 토양소독에 만전을 기하여야 한다.

(2) 수확기

개화초기까지만 약제 살포를 실시하고 수확기에는 천적을 이용한 방제를 추천하였다. 수확기에는 흰가루병, 진딧물, 나방류 방제를 해 주어야 한다. 정식기에 탄저병 발생은 육묘기에 감염된 묘를 정식해서 나타나는 증상으로 일단 탄저병에 감염된 자묘는 생육초기나 심하면 수확 중에도 고사가 되므로 건전묘 사용에 힘써야 한다.

육묘기 재배력

		4월			5월			6월			7월			8월			9월		
		상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하
묘 생 육		5℃이하 600시간 경과된 묘						런너발생			고온, 건조에 주의 (런너발생 제한)			묘출실기 크라운 10mm이상					
농 작 업			정식		제1 런너배치			런너유인			꽃트받기		채묘	질소중단				정식	
기상 환경	평균기온 (℃)	10.6	13.3	13.5	15.9	17.3	19.1	21.7	21.5	21.9	23.2	23.8	26.4	26.1	23.8	24.1	22.8	20.7	18.2
	강수량 (mm)	21.3	39.3	80.8	82.3	18.3	36.8	15.5	95.3	118.0	159.2	112.7	105.0	111.5	100.0	58.3	46.0	80.2	7.7
병해충 관리	병해충		탄저병	위황병		흰가루병	응애	진딧물	위황병	탄저병	탄저병		탄저병		탄저병	탄저병 위황병	응애	파밤나방	응애 파밤나방
	약제		오티마 침지			산요루 해비치 카브리오	밀베노크+ 주움	모스피란 칼립소 코니도		다이센엠	탈렌트 모스피란		카브리오, 보가트 올스타		오티마+ 스포르곤 렘페이지	오티마 보가트	올스타+ 에이팜		
	미생물		미생물제 침지	관주					관주							관주			
	살포 횟수		1			2	3	4		5	6		7-8		9	10	11		
추 비			상토에 CDU 4-5kg/10a						상토에 CDU 4-5kg/10a					고온에 의한 묘의 스 트레스(질소중단, 스 트레스억제(갈습 등)		육묘후기 극단적 비절에 주의			

수확기 재배력

		9월			10월			11월			12월			1월			2월			3월			4월		
		상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하
모 생 육		1화방 분화기			2화방 분화기			지운으로 생육저조			과다착색														
농 작 업		정식 (질소과다 방지)			보온, 멀칭			개화(초장 30cm 유지)			수확 전조			차광35%, 20일간처리, 70%착색시 수확											
준비사항		뿌리활착 촉진			하우스 및 멀칭 비닐			꽃벌반입			전조			차광35%			모주, 육묘상 준비								
기상 환경	평균 기온(°C)	23.1	20.3	17.7	14.1	12.9	8.0	7.6	5.3	4.5	2.1	0.1	0.5	-2.9	-1.6	-4.3	-1.4	2.7	4.0	1.2	5.8	8.7	9.8	13.5	12.7
	강수량(mm)	57.7	43.5	11.2	25.0	18.5	8.0	18.7	5.5	6.2	18.2	9.5	7.7	6.3	7.2	7.5	9.3	1.2	32.0	43.8	7.2	6.5	19.5	44.7	86.7
병해충 관리	병해충	흰가루병 탄저병		응애		흰가루병 응애나방류		진딧물		흰가루병															
	약제	산요루 오티바 (침지)		스포르곤* 카브리아*		올스타* 밀베노크+ 주옵		헤비치 렘페이지, 에이팜		모스피란* 칼립소*		트리아졸계													
	천적 미생물 살포횟수							뱅크프렌트 이식										칠레이리 응애		칠레이리 응애		애꽃노린재			
	추 비	유기질 비료3 톤/10a					추비는 2화방 분화후 부터		25일 간격 추비 (질소, 칼륨) 75kg/67L (칼슘, 미량원소 15일 간격 엽면살포)		인산사비 (자운으로 흡수저해)										질소-칼륨 25일간격 추비 33.7kg/67L				
하우스 관리	수분 관리 pH1.5-1.7						갓골병해방지						야간온도 8도유지 토양수분 pH 20-25으로 관수개시점은 25										(차광은 25일후부터)		

※ 딸기 미고시 약제로 사용 시 주의를 요함

6) 세부작업일정

가) 육묘관리

월	작업명	관리 요점
2-3 (2.20-3.31)	모주, 육묘상 준비	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모주준비 <ul style="list-style-type: none"> - 저온경과묘(0℃ 720시간 이상), 무병묘 ○ 육묘상 <ul style="list-style-type: none"> - 배수성이 좋은 사질토양, 토양오염원이 없는 토양 - 베드육묘 상토는 마사토, 피트모스, 팽화왕겨 1:1 비율 혼합토
4 (4.1-20)	모주 정식	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모주 정식 <ul style="list-style-type: none"> - 토경은 40cm, 베드는 20cm 간격으로 정식 - 주당 30개체의 채묘 목표로 정식 주수 환산
4-5 (4.21-5.31)	모주 관리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모주에서 나오는 화방제거 ○ 발생자료 제거 또는 모주 옆으로 유인하여 모주 이용 ○ 모주 영양관리(500배액 요소관주)
6	런너유인	<ul style="list-style-type: none"> ○ 런너유인 <ul style="list-style-type: none"> - 발생런너 배치 ○ 포트 및 상토준비(24구 연결포트 깊이 10cm, 상토는 시관용 코코피트 상토와 마사토, 팽화왕겨 등을 혼합하여 사용 <ul style="list-style-type: none"> - 비율은 상토 70%, 마사토나 왕겨 30% 이용 - 통기성이 중요하며 6월하순부터 포트받기 시작
7	포트 받기	<ul style="list-style-type: none"> ○ 포트받기 <ul style="list-style-type: none"> - 7월-8월 초까지 포트받기 완료 ○ 모주제거 <ul style="list-style-type: none"> - 모주당 20-30주 자묘가 확보되고 포트받기가 끝나면 모주제거
8	화아분화 촉진처리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자묘절단 <ul style="list-style-type: none"> - 8월 10일 이전 자묘 절단 ○ 질소중단 <ul style="list-style-type: none"> - 자묘에 영양공급 중단하여 화아분화 유도 ○ 화아분화 촉진처리 <ul style="list-style-type: none"> - 야냉육묘(주간 25℃, 야간 13℃, 8시간 단일) 20일간

나) 재배관리

월	작업명	관리요점
6-8	본포준비	<ul style="list-style-type: none"> ○ 토양소독 <ul style="list-style-type: none"> - 연작장해 대책으로 태양열소독 20일간 ○ 본포준비 <ul style="list-style-type: none"> - 퇴비 3톤/10a, N-P-K - 두둑 30cm이상, 재식거리 15-18cm
9 (9.10-20)	정식	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정식시기 <ul style="list-style-type: none"> - 화아분화 완료되는 시점(포트육묘 9월 10일, 화아분화 촉진 처리묘는 분화완료 직후)
9-10 (9.21-10.31)	정식 후 관리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 관수관리 <ul style="list-style-type: none"> - 활착까지는 소량 자주 관수 - 활착 후 충분한 관수로 깊이 뿌리 뻗게 함 ○ 온도관리 <ul style="list-style-type: none"> - 정식초 고온방지(주간 30℃ 이하 유지) - 10중순 이후 야간 비닐 보온(10℃ 유지) ○ 영양관리 및 기타 <ul style="list-style-type: none"> - 활착후 10월 중순 1회 추비로 개화 수 증가시킴 - 바닥멀칭 실시(개화 직전)
11	꽃벌 반입	<ul style="list-style-type: none"> ○ 꽃벌반입 <ul style="list-style-type: none"> - 개화시점에 양봉 6장 1통/300평 - 하우스내 온도 별의 활동이 잘되게 유지(14-25℃) ○ 출퇴기 <ul style="list-style-type: none"> - 초장 30cm 이내 유지
11-5	수확	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수확 <ul style="list-style-type: none"> - 초세유지, 갓골 보온 주의 - 수확횟수 늘림(겨울철 주 1-2회, 고온기 주 3-4회) - 고온기(3월 이후) 80% 착색과 수확, 차광병행 ○ 온도관리 <ul style="list-style-type: none"> - 주간 25℃, 야간 5-8℃ 유지 ○ 초세관리 <ul style="list-style-type: none"> - 저온기 화수조절, GA살포(5ppm/20L) - 1월 저온기 보온(야간 5℃ 유지) - 초세유지 위한 전조실시(12월)

제3장 딸기의 CO₂ 처리에 따른 경도 증가 반응 해석 및 수확후 처리 방안

제1절 서 언

딸기는 과실 조직 특성상 육질이 다른 과실에 비하여 약하므로 수확 후 유통과정에서 물리적 손상을 쉽게 받으며 따라서 수확한 과실은 짧은 기간에 부패하거나 품질이 악화되는 경우가 흔하다. 수확한 딸기의 신선도를 유지시키기 위한 방안으로 수확 전 Ca의 살포(Cheour 등, 1990) 등이 효과적인 것으로 밝혀져 있는데 수확 전 관리 이외에 수확한 딸기를 높은 농도의 CO₂에 노출시킬 경우 부패균 증식을 억제할 뿐 아니라 과실의 경도를 높이는 효과가 있는 것으로 이미 알려져 있다(Harker 등, 2000; Hwang 등, 1999; Smith 등, 1992). 고농도의 CO₂ 처리 외에 산소와 이산화탄소를 동시에 조절하는 환경조건 또한 경도 증진에 효과적이며(Chingying 등, 1989; Ke 등, 1991) 저산소 환경은 경도 증진에 대한 효과가 없는 것으로 보고되었다(Larsen 등, 1995).

높은 농도의 이산화탄소를 처리할 경우 경도 증가와 더불어 다양한 생리적 변화가 수반되는데 이러한 변화가 경도 증가와 직접적인 관련이 있는지 여부는 불확실하다. Harker 등(2000)은 CO₂ 처리가 apoplast의 pH를 높이며 과실의 산함량은 감소시킨다고 하였으나(Agar 등, 1997; Holcrof 등, 1999) Li와 Kader(1989)는 산도에 대한 영향이 없다고 하였고 Gil 등(1997)은 과실 내부조직의 산함량은 감소하지만 외부조직에서는 변화가 없다고 하였다. 그 외에도 CO₂ 처리는 딸기의 vitamin C를 감소시키고(Agar 등, 1997), 과실 조직의 ethyl acetate, ethanol을 증가시키며 (Ke 등, 1994; Larsen과 Watkins, 1995), 과실의 색과 anthocyanin의 변화에도 영향을 주는 것으로 알려졌다(Gil 등, 1997). 연구자에 따른 상이한 반응은 품종의 차이에 기인하였을 가능성이 있다. 고농도의 CO₂ 처리에 따른 딸기 과실의 반응은 검토한 품종에 따라 차이가 있으나 그러한 원인에 대하여 검토된 사례는 찾아보기 쉽지 않다. 특히 딸기 조직의 경도가 증가하는 원인에 대한 구체적인 연구가 진행된 바 없으며 수확한 딸기를 저온에 둘 때 경도가 증가하는 현상이 보고된 바 있다

(Nunes, 1995). 최근의 연구에서 Harker 등(2000)은 CO₂ 처리가 세포벽 pH를 높여 용해성 펙틴을 침전시킴으로서 경도를 증가시킬 가능성을 제시하였다. 그러나 그 명확한 원인은 밝혀진 바 없다.

본 실험은 수확한 딸기에 대한 이산화탄소 처리가 경도 증진은 물론 신선도를 높이는데 효과적인 것으로 밝혀져 있어 우리나라에서 많이 재배되고 있는 품종을 대상으로 생산시기별, 품종별 고농도의 CO₂ 처리에 따른 경도증진 반응을 살펴보고 아울러 품질에 대한 영향을 검토하고자 실시하였다.

제2절 재료 및 방법

1. 생육시기별 품종별 과실 품질 및 CO₂ 처리반응 비교

가. 식물재료

본 실험은 충남 논산시에 소재한 농가로부터 1월부터 4월까지 1개월 간격으로 ‘매향’, ‘도치오도메’, ‘레드필’, ‘아끼히메’ 품종의 딸기를 수확하여 실험에 이용하였다. 과실 속도는 과실 표면의 착색상태를 육안으로 비교하여 각각 70, 80, 90, 100% 착색으로 구분하였다. 기타 실험에 이용한 딸기는 논산지역에서 재배한 딸기를 각 수확시기에 구입하여 이용하였다. Pilot 실험은 논산딸기시험장과 인근 재배 농가에서 수확한 딸기를 구입하여 처리하였다.

나. 냉장 및 CO₂처리

수확한 딸기를 실험실로 수송한 다음 과실을 선별하여 물리적 손상이 육안으로 관찰될 정도의 과실은 제외하고 나머지는 즉시 0±0.5℃ 저온 챔버에 넣어 냉장시켰다. 과실 품온이 5℃이하로 떨어졌을 때 15%의 CO₂를 4시간 처리하였으며 CO₂ 농도는 gas mixer를 이용하여 조절하였다. 이산화탄소 처리를 마친 과실은 저온실에서 계속 두었으며 12시간 후에 꺼내 받은 즉시 품질을 조사하고 나머지 과실은 스티로폼 접시에 담아 PVC랩으로 포장하고 10℃에 2일간 노출한 다음 품질을 조사하였다.

다. 품질조사

과실 크기와 속도가 일정한 것으로 선별하여 절반으로 자른 다음 반은 경도 측정에 사용하였고 나머지 반은 기타 품질 조사에 이용하였다. 경도는 Rheometer (COMPAC-100, Sun Scientific Co. LTD, Japan)를 이용하였으며 경도 측정은 직경 $\Phi 5\text{mm}$ tip을 이용하여 깊이 5mm까지 침투시켜 표피조직이 파열할 때의 최고부하를 비교하였다. 수확할 때의 과실 색은 표피의 착색 면적을 기준으로 판단하였고 색도차계(CR-200, Minolta, Japan)를 이용하여 L, a, b값을 구한 다음 이를 Chroma value, Hue angle value를 산출하였다. 경도와 표피 색도는 임의로 선발한 10과실을 대상으로 실시하였다. 가용성 고형물 함량은 전술한 경도와 색을 조사하고 남은 절반의 과실을 혼합하여 4겹의 cheese cloth로 착즙하여 얻어진 과즙을 대상으로 refractometer (PR-1, Atago, Japan)를 사용하여 측정했다. 적정산은 고형물함량 조사에 사용한 과즙 5mL를 채취한 후 3차 증류수 35mL를 넣어 희석한 다음 0.1N NaOH로 적정하여 구연산으로 환산하여 표기했다.

나머지 표본은 표피의 종자를 제거한 다음 잘게 썰어 시료를 준비한 다음 기타 성분을 분석할 때까지 냉동 보관하였다. 총당과 환원당 함량은 냉동조직을 80% 에탄올에 넣어 마쇄한 다음 끓는 water bath상에서 10분간 추출하고 추출물은 10분간 원심분리하여(20,000rpm, 10min, 20°C) 상정액을 취하였다(2회 반복). 원심분리하여 얻어진 상정액은 혼합하여 총 부피를 조사한 다음 분석시료로 삼았다. 검량선은 무수포도당을 이용하여 구하고 시료의 총당 함량을 계산하였다. 총당 분석은 phenol-sulfuric acid(Dubois 등, 1956)를 이용하였고 환원당은 2-cyanoacetamide를 이용하여 측정하였다(Gross, 1982).

페놀함량은 냉동 과육 조직 5g을 80% 에탄올 20mL에 넣고 마쇄한 다음 마쇄물은 water bath(60°C)에서 30분간 처리하여 페놀성분을 용출시키고 원심분리하였다(20,000rpm, 10min, 20°C). 이 과정을 2회 반복하여 상정액을 모은 다음 분석시료로 삼았다. 페놀분석은 1N phenol reagent를 이용하여 발색시킨 다음(4시간) 725nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 catechin을 사용하였다.

유리당과 유기산 조성을 조사하기 위하여 냉동조직 2g에 증류수 20mL를 넣고 30초 homogenizer(Power Gen-700, Fisher scientific)로 균질화한 후 100°C 항온수조에서 30분간 진탕하였다. 마쇄물은 원심분리(15,000rpm, 15min, 20°C)하여 상정액을 취하였다(2회 반복). 상정액은 membrane filter(0.45 μm)로 여과 후 Sep-pak C18 cartridge로 다시 정제한 후 micro tube에 담아 분석시료로 삼았다. 추출한 당시료

는 분석할 때까지 동결보관하였으며 유리당과 유기산 조성은 HPLC를 이용하였다. HPLC 분석조건은 다음과 같다.

- 유기산 분석조건
 - Column : Shimadzu, shim-pack CLC-ODS (M)
 - Detector : UV 214nm
 - Flow rate : 0.7ml/min
 - Column temperature : 80°C
 - Sample injection volume : 20 μ l
 - Mobile phase : 18mmol KH₂PO₄ pH 2.25

- 유리당 분석조건
 - Column : Nucleogel[®] Sugar Ca 300×6.5 mm
 - Detector : RI detector
 - Flow rate : 0.5mL/min
 - Column temperature : 80°C
 - Sample injection volume : 20 μ l
 - Mobile phase : water deionized (HPLC급)

조직의 비타민 함량을 측정하기 위하여 냉동조직 3g을 5% HPO₃ 20mL에 넣고 마쇄 후 원심분리(15,000rpm, 30min, 4°C)하여 상정액을 취하고 상정액은 추후 분석할 때까지 ice bath상에 두었다. 비타민 C 조사는 NDP법을 이용하여 570nm에서 흡광도를 조사하였다. 표준물질로 무수 ascorbic acid를 기준하여 비교하였다.

라. 해부학적 비교

‘매향’과 ‘아끼히메’ 품종을 수확한 다음 즉시 그리고 CO₂처리 후로 나누어 표피의 해부학적 변화를 조사하였다. 과실은 손으로 절반으로 나누어 절단면은 생체조직을 직접 contact microscopy(Miro Hi-vision, HR-303)로 검경하였고 표피는 1% glualdehyde (50mM phosphate buffer, pH 6.0)로 고정한 다음 에탄올시리즈와 임계건조기를 이용하여 탈수시키고 주사전자현미경으로 관찰하였다.

마. AIS 제조, pectin 추출 및 분석

알콜 불용성 성분을 추출하기 위하여 표피의 종자를 제거한 다음 생체 시료를 취하였으며 채취한 시료는 즉시 -20°C 이하로 냉동하여 분석할 때까지 보관하였다. 알콜불용성 성분은 냉동시료 50g에 80% 에탄올을 가하여 마쇄한 다음 마쇄물은 miracloth로 거른 다음 순차적으로 80% 에탄올 500mL, 80% 아세톤 500mL, 100% 아세톤 1L로 세척하여 용해성 성분을 제거한 다음 30°C 에서 건조시켰다. 건조한 AIS는 정량한 다음 데시케이터에 넣어 상온에서 분석할 때까지 보관하였다. 총펙틴 분석은 Ahmed와 Labavitch(1980a)의 방법에 따라 조사하였고 uronic acid는 Blumenkrantz와 AsboeHanson(1973)의 방법에 의하여 비색 정량하였다. 펙틴 분석에서 표준물질로는 무수 galacturonic acid를 이용하였으며 중성당은 전술한 phenol-sulfuric acid법으로 조사하였다. 용해성 펙틴 추출을 위하여 AIS 30mg에 증류수 20mL을 넣고 24시간 저어 준 다음 원심분리하고 잔사에 30mL의 DI water를 가하여 여과하여 수용성 펙틴으로 삼았다. 남은 잔사는 DI water 100mL를 가하여 닦아주고 잔사는 50mM Na-acetate(pH6.5, 50mM CDTA 포함) 30mL에 옮겨 12시간 저어준 다음 원심분리하여 상징액을 수거하고 잔사에 상기한 buffer 30mL을 가하여 6시간 추출하여 원심분리하고 상징액을 모아 CDTA 가용성 펙틴으로 하였다. 잔사에 순차적으로 50mM Na-carbonate(Na_2CO_3) + 20mM Na-borohydrate(NaBH_4)을 가하여 4°C 이하에서 24시간 저어주고 원심분리하여 상징액을 Na_2CO_3 가용성 펙틴으로 삼았으며 잔사에 4%, 24% KOH 용액을 순차적으로 가하여 상기한 방법으로 추출하고 상징액을 구분하여 4% KOH 가용성 펙틴과 24% KOH 가용성 펙틴으로 하였다. 각 용해성분의 uronic acid는 전술한 것과 동일한 방법으로 측정하였다.

셀룰로스 함량은 20mg의 AIS를 10mL acetic-nitric acid(4 acetic acid : 1 nitric acid : 2 water)에 넣고 30분간 끓는 물에서 용해시킨 후 반응액을 원심분리하여 (15,000rpm, 20분) 상징액을 버리고 잔사에 증류수 10mL 가하여 용해성분을 추가로 씻어내고 원심분리하였다. 다시 상징액은 버리고 잔사에 67% 황산 10mL을 첨가한 후 실온에서 1시간 방치하여 cellulose를 용해시켰다. 반응산물은 10배 희석하여 anthrone 법으로 당 함량을 측정하였다. 시료 또는 표준당 1mL에 anthrone test 시약[500mg anthrone/1L sulfuric acid(72%)] 5mL 첨가하여 혼합하였다. 반응액은 끓는 수조에 담구어 15분간 가열하였다. 반응 후 620nm에서 흡광도를 측정하여 당 농도를 계산하였다.

바. CO₂처리에 따른 세포벽 성분의 구조적 변화

CO₂ 처리에 따른 경도 증진반응에 차이를 보이는 두 품종의 딸기를 취하여 전술한 바와 같이 알콜불용성 성분을 조제한 다음 세포벽 구성성분을 취하였다. 펙틴은 증류수, CDTA, Na₂CO₃, 4% KOH, 24%KOH를 이용하여 순차적으로 용해시켜 각각의 분획을 취하였으며 이를 투석, 농축한 다음 gel filtration 시료로 삼았다. 펙틴 정량은 1차년도와 마찬가지로 acid sugar 분석법을 이용하였고 기타의 용해성 당 분석은 phenol-sulfuric acid 법을 이용하였다. 농축한 펙틴과 헤미셀룰로스는 각각 uronic acid 또는 galactose 당량으로 환산하여 1mg씩 gel filtration 시료로 삼았다. gel filtration은 두 종류의 column을 이용하였는데 AcA 22컬럼과 sapharose 6B 컬럼을 이용하여 분획하였다. 분획은 tube당 1.5ml씩 분획하여 각 세포벽 성분의 분자량 분포를 조사하였다. 분획한 성분은 각각 acid sugar 분석과 phenol-sulfuric acid법으로 각각 조사하였다.

사. β -galactosidase 측정

냉동시료 5g에 20mL 1.4M NaCl(pH 6.0)을 첨가하여 마쇄하고 1시간동안 ice bath 상에서 저어 주고 원심분리(12,000rpm, 20분, 0℃)하여 상정액을 취하였다. 상정액은 전술한 투석막을 이용하여 0.1M citrate buffer(pH 4.0)에서 24시간 동안 투석하여(투석액은 1회 교환) 염류를 제거하였다.

0.1mL 효소액 + 0.5mL 0.1M citrate buffer (pH4.0) + 0.4mL BSA (0.1% albumin) + 0.4mL β -nitropheny galactopyranoside(13mM citrate buffer에 용해)를 혼합하여 반응액으로 만들었다. 준비된 반응액은 37℃에서 15분간 반응시키고 반응을 정지시키기 위하여 2mL의 sodium carbonate (0.2M)을 첨가하고 400nm에서 흡광도를 측정하여 유리된 β -nitrophenol 농도를 측정하였으며 37℃에서 1분간 1 mmole의 β -nitrophenol을 생성하는 효소활성을 1 unit로 하였다. Blank는 반응 정지액을 넣은 다음 효소액을 넣어 비교하였다. Standard는 β -nitrophenol를 0~10 μ g · mL⁻¹로 하고 1.4mL 표준액에 sodium carbonate(0.2M) 2mL 첨가하여 측정하였다. 효소추출의 모든 과정은 4℃ 이하에서 진행하였다.

2. CO₂처리에 따른 해부학적 및 미세환경의 변화

과실내부 조직의 공기조성은 처리한 과실을 즉시 증류수에 넣고 감압하여 세포 간극의 공기를 포집하였다. 포집된 공기는 GC(TCD)로 CO₂와 O₂수준을 비교하였고 에틸렌은 GC(FID)로 분석하였다.

이산화탄소 처리에 따른 딸기 과실의 경도 증진 기작을 밝히기 위하여 세포벽의 미세환경 변화와 양이온 변화를 조사하였는데 과실 조직의 apoplast의 pH를 조사하기 위하여 cork borer를 이용하여 조직을 일정한 크기로 취한 다음 50ml의 증류수에 넣고 가볍게 감압하여 조직을 수침시켰다. 수침 2분 후 용액의 pH를 비교하여 세포벽 pH로 간주하였다. 또한 Ca은 세포벽 구조에 많은 영향을 미치는 것으로 밝혀져 있어 CO₂ 처리에 따른 Ca의 변화양상을 조사하였다. 칼슘은 서로 다른 용매로 추출하여 조사하였으며 세포벽성분(알콜불용성 성분)를 조제하여 Ca를 분석한 다음 bound Ca로 간주하였다. 무기성분 분석은 AA를 이용하였다.

3. 딸기의 실용적 CO₂ 처리기술

딸기에 대한 CO₂처리 기술의 실용화를 위하여 생산현장(논산시 소재 농민단체)의 실정을 고려하여 냉각과 CO₂처리를 병행하는 방식을 도입하고 적정 처리조건을 제시하였다. 이산화탄소 처리는 강제통풍식 예냉실에 과실을 입고한 다음 냉각 속도를 조사하여 과실의 온도가 5℃에 이르렀을 때 CO₂를 투입하였다. 투입량은 냉각실 부피를 고려하여 결정하였는데 냉각실이 완전히 밀폐가 되지 않는 조건이었으므로 초기 투입량을 조절하여 과실이 15%이상의 농도에 3시간 이상 노출되도록 하였다. CO₂ 처리에 따른 과실의 품질은 전술한 바와 같이 조사하여 처리의 타당성을 검토하였다. 본 연구는 논산딸기 시험장에 설치된 pilot 규모의 예냉실 이용하여 처리효과를 검토한 다음 실증시험을 실시하였다.

제3절 결과 및 고찰

I. 딸기 품종과 숙도에 과실 품질 및 CO₂ 처리 반응

1. 품종과 숙도에 따른 딸기 과실의 품질 비교

우리나라에서 많이 재배되는 ‘레드필’, ‘아끼히메’ 품종과 새롭게 육성된 ‘매향’을 대상으로 숙도에 따른 품질을 조사하였다. 숙도에 따른 경도는 품종에 관계없이 착색이 많이 진행될수록 낮아지는 경향을 모든 품종에서 보여주고 있는데 ‘매향’의 경우 70% 착색된 과실이 100% 착색된 과실보다 32.9%나 경도가 높았다(그림 13). 재배지역을 달리하였을 때 동일한 품종에서도 숙도에 따른 경도의 차이가 확인되어 재배관리에 따른 경도의 차이가 있을 것으로 판단된다. 본 연구에서 재배방식에 대한 비교는 실시하지 않았지만 기존의 보고와 같이 칼슘시비를 많이 할 경우 또는 엽면 살포할 경우 경도가 증진된다는 사실(Cheour 등, 1990)이 밝혀져 있어 이러한 차이는 재배관리상의 차이에 기인한 것으로 보인다.

‘레드필’도 유사한 경향을 보여 숙도가 진행될수록 경도는 낮았다. 검토한 품종 중 ‘아끼히메’는 다른 품종보다 같은 숙기에서도 경도가 낮은 편이었어서 70% 착색기에서 ‘아끼히메’의 경도는 ‘레드필’보다 37.8%, ‘매향’보다 30% 더 낮아 수확시기 결정에서 많은 주의가 요구될 것으로 예상된다. 특히, 100% 착색된 과실의 경우 경도가 매우 저하되어 수송성이 없는 것으로 판단되었다.

고형물 함량을 조사한 결과(표 21)는 품종에 관계없이 착색이 진행될수록 증가하였으며 반면에 산함량은 감소하였다. 따라서 당산비는 숙도가 진행될수록 높아지는 경향이 공통적으로 관찰되었다. 품종간 가용성 고형물 수준은 ‘매향’ 품종에서 같은 착색상태에서 다른 품종보다 대체적으로 높았으나 산함량은 ‘아끼히메’에서 전반적으로 다소 낮았고 다른 두 품종간에는 차이가 없었다. Montero 등(1996)은 ‘Chandler’ 품종에서 개화후 28일이 수확적기이며 이후에는 가용성 고형물 수준, 자당 및 생체중이 감소하며 품질이 낮아진다고 하였다.

착색 진행 정도에 따른 과피 색의 변화(표 22)는 품종에 따른 차이 없이 거의 유사한 경향을 보여주었는데 ‘매향’의 경우 재배농가를 달리하였을 때 육안으로 관찰한 같은 숙도의 과실에서도 hue 값이 더욱 낮아 짙은 적색을 보여주고 있었다.

그러나 순도나 명도는 큰 차이를 보이지 않았다. 전반적으로 살필 때 ‘매향’은 ‘아끼히메’에 비하여 적색이 더욱 강하였고 기타의 품종간에는 차이가 크지 않았다. 그러나 모든 품종에서 착색도가 증가할수록 과피색은 선홍색에서 짙은 적색으로 바뀌며 과숙한 과실은 검은 빛이 감도는 적색으로 변하여 적숙기 딸기에서 관찰되는 밝은 적색을 지니지 못하였다.

본 연구에서 착색 상태에 따라 비교하였을 때 100% 착색한 과실보다 경도, 과피색, 수송성 등을 고려할 때 완숙한 과실은 수송성이 떨어져 상품가치가 낮을 것으로 판단되었다.

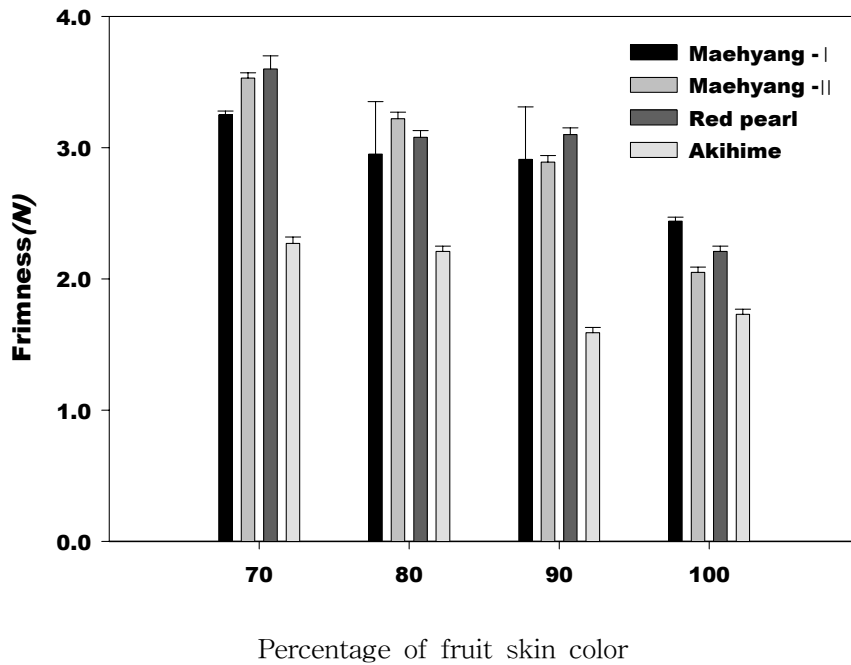


Fig. 13. Comparison of fruit firmness between strawberry cultivars and maturities. Maehyang I, II indicated fruits harvested from different locations.

Table 21. Effect of fruit maturity at harvest depending on degree of skin color development on the quality between strawberry cultivars.

Cultivar ^z	Degree of coloration (%)	Soluble solids (°Brix)	Acidity (%)	Sugar/acid ratio
Maehyang I	70	9.07±0.42	0.63±0.07	14.48
	80	9.27±0.31	0.56±0.02	16.49
	90	9.07±0.31	0.52±0.05	17.53
	100	10.80±0.53	0.49±0.04	21.82
Maehyang II	70	8.13±0.70	0.60±0.02	13.55
	80	8.13±0.31	0.60±0.03	13.55
	90	8.87±0.12	0.55±0.03	16.21
	100	9.07±0.61	0.51±0.03	17.68
Akihime	70	8.33±0.42	0.60±0.02	12.83
	80	8.27±0.23	0.60±0.03	13.67
	90	9.00±0.00	0.59±0.02	15.15
	100	8.80±0.03	0.56±0.01	15.72
Red Pearl	70	7.20±0.20	0.52±0.01	13.75
	80	7.73±0.64	0.51±0.02	15.27
	90	8.20±0.20	0.47±0.01	17.52
	100	8.83±0.29	0.49±0.04	18.05

^zFruits were harvested at same field except Maehyang I. Maehyang I were harvested at different location.

Table 22. Effect of fruit maturity at harvest depending on skin color development on the color characteristics between strawberry cultivars.

Cultivar	Degree of coloration (%)	Surface color		
		L	Chroma	Hue angle
Maehyang I	70	38.56±2.62	45.87±2.08	29.51±2.10
	80	37.59±1.55	45.49±2.08	29.06±2.00
	90	36.44±2.13	44.01±2.85	25.83±2.62
	100	35.22±2.97	42.26±3.48	22.82±1.76
Maehyang II	70	42.69±2.94	46.16±2.63	35.91±4.88
	80	39.36±1.67	45.44±2.38	32.34±3.50
	90	40.73±2.41	46.55±3.17	32.89±2.74
	100	36.40±1.77	42.95±4.88	26.16±2.15
Akihime	70	42.08±2.68	47.40±2.13	37.66±4.12
	80	39.97±4.40	45.59±2.70	34.26±4.58
	90	37.22±2.48	44.99±2.50	30.07±3.10
	100	35.64±2.21	43.78±2.75	26.67±2.62
Red Pearl	70	40.90±3.88	44.08±2.30	39.79±4.76
	80	39.82±3.37	42.17±3.13	36.09±5.51
	90	36.04±2.54	40.60±2.85	29.32±4.53
	100	34.38±1.45	38.53±3.11	25.02±2.49

2. 주요 재배 딸기 품종의 수확 시기에 따른 과실의 품질과 CO₂ 처리 반응

축성 재배한 딸기의 수확시기는 11월부터 시작되어 이듬해 4~5월까지 계속되는데 생산시기가 길어 계절적으로 기후에 많은 차이가 있으므로 수확 계절에 따라 품질에 차이가 있을 것으로 예상되므로 본 연구는 생산시기를 달리하였을 때 딸기의 품종별 품질과 CO₂ 처리 반응을 살피고자 실시하였다.

수확시기에 따른 가용성 고형물 함량(표 23)은 네 품종 모두 1월 수확한 것이 가장 높았고 수확시기가 늦어질수록 점차 감소하는 현상이 관찰되었다. 즉, '매향'은 1월 수확한 과실의 가용성 고형물 함량이 12.13%이었는데 4월 수확한 과실은 8.87%로 감소하였고 '아끼히메'는 11.07%에서 7.53%로, '레드필'은 10.73%에서 9.07%로, '토치오도메'는 10.87%에서 9.87%로 각각 감소하였다. 따라서 품종간에는 '매향'의 경우 1월에서 4월까지 26.9%가 감소하였고 '아끼히메'는 31.0%, '레드필'은 15.5%, '토치오도메'는 9.2%씩 각각 감소하여 수확시기에 따른 가용성 고형물 감소 폭은 '아끼히메'에서 가장 많았고 다음이 '매향', '레드필', '토치오도메' 순이었다. 따라서 겨울철에 수확한 과실의 가용성 고형물 수준은 '매향'에서 가장 높았고 4월에는 '아끼히메'를 제외하고는 품종간 차이가 현저하지 않았다. 이렇게 수확시기에 따라 가용성 고형물 수준이 감소한 것은 수확시기가 늦어짐에 따라 개화 후 성숙기에 이르는 시간이 짧아지기 때문에 광합성산물의 축적이 적었을 것으로 추정된다. 또한 기온이 상승하므로 광합성 산물의 전류와 이용에 있어 많은 변화가 초래되기 때문으로 추정되지만 이에 대한 참고자료는 찾아볼 수 없었다.

이산화탄소처리에 따른 가용성 고형물 수준의 변화는 수확시기 또는 처리간에 일정한 경향을 보이지 않았지만 전반적으로 12시간 냉각 또는 냉각과 CO₂ 처리를 병행하였을 때 다소 감소하고 처리를 마친 다음 10℃에 2일간 노출한 다음에는 다소 증가하는 경향이었지만 이러한 변화에서 통계적 유의차를 확인할 수 없었다. 또한 CO₂ 처리에 따른 특징적인 내적 품질 변화는 품종 구분없이 관찰되지 않아 기존의 연구(Hwang 등, 1999)와 유사한 결과를 얻었다. 그러나 CO₂ 처리시간이 길어질 때 이취가 발생할 수 있으며(Larsen와 Watkins, 1995) 이취는 대기조건에 노출시켜도 사라지지 않을 수 있다고 하였다. 본 연구에서는 15% CO₂를 4시간 처리한 결과로 이러한 장애가 나타나지 않았다.

품종간 산함량(표 24)은 수확시기에 관계없이 '아끼히메'에서 가장 낮았고 나머지 품종은 유사한 수준이었다. 수확시기에 따른 산함량을 비교하였을 때 전반적으로

수확시기가 지연될수록 조사한 모든 품종에서 산함량이 다소 증가하는 경향이었는데 1월 대비 4월의 산함량을 비교하였을 때 ‘매향’은 약 14%, ‘아끼히메’는 33%, ‘레드펠’은 29%, ‘토치오도메’는 51%가 각각 증가하였다. 그러나 ‘아끼히메’의 경우 증가폭이 33%에 달하였지만 다른 품종에 비하여 전반적으로 산함량이 현저히 낮은 결과를 보여주었다. 냉각과 CO₂ 처리에 따른 변화를 살펴볼 때 ‘아끼히메’를 제외한 품종에서는 전반적으로 냉각 후에는 산함량이 다소 감소되었지만 10℃ 2일 노출 후에는 다시 증가하는 경향을 보였는데 ‘아끼히메’ 품종은 냉각 이후에도 산의 증가가 관찰되지 않아 수확당시보다 낮아진 결과이었다. 이산화탄소 처리에 따른 딸기 과실의 산함량에 관한 연구에서 연구자에 따라 상이한 결과를 보고하고 있는데 Holcroft와 Kader(1999)는 CO₂처리에 의하여 적정산과 citric acid 및 malic acid는 감소하지만 succinic acid는 증가한다고 하였다. 본 연구 결과에서 CO₂ 처리에 따른 산함량의 변화는 수확시기 또는 품종에 따라 일정한 경향을 보이지 않았으며 무처리(단순냉각처리)에 비하여서도 큰 차이를 보이지 않았다.

당/산비의 변화(표 25)는 모든 품종에서 첫 수확기인 1월에 가장 높았고 수확시기가 늦어질수록 가용성 고형물 함량의 감소와 적정산 증가에 따라 점차 감소하는 경향을 보였다. 당/산비의 변화는 품종과 CO₂처리와는 관계없이 수확시기가 늦어짐에 따라 검토한 모든 품종에서 낮아지는 경향을 나타냈다. 이러한 결과는 딸기 과실이 수확시기가 지연됨에 따라 기온이 상승하므로 겨울철에 비하여 봄철에는 과실 성장 속도가 빠르게 진행된 결과로 추정된다. 일반적으로 겨울철에는 개화 후 성숙까지의 소요일수가 50일 내외이지만 봄철에는 35일 내외로 단축된다고 한다. Montero 등(1996)은 ‘Chandler’ 품종에 대한 연구에서 주간온도 30℃, 야간온도 18℃ 조건에서 재배할 때 개화 후 28일에 가용성 고형물 수준이 최고치에 도달하며 자당은 동일한 시기에 최고치를 보이지만 환원당은 약 1주일 후에 최고치를 나타낸다고 하였다. 한편 Knee 등(1977)은 낙화 후 21-28일에 착색과 연화가 시작되며 이시기에 세포벽의 수화작용이 일어나고 이러한 현상은 ripening기에 급증한다고 하였다. 딸기 성숙과정에서 발생하는 이러한 현상은 재배시기의 환경의 영향을 받을 것으로 추정되는데 저온기에는 생장이 둔화되고 고온기에는 생장이 촉진되어 성숙에 관련된 대사생리에도 많은 변화가 발생할 것으로 추정된다.

이산화탄소 처리 따른 과실 경도 변화를 알아본 결과(표 26) 수확시기에 관계없이 ‘아끼히메’를 제외한 3품종 모두 CO₂처리에 의해 경도가 증가하였으나 증가폭은 품종간 또는 수확시기에 따라 많은 편차를 보였다. ‘매향’ 품종은 1월 수확에서 냉

각 직후 과실경도가 10.8% 증가하였으나 10℃에 2일간 노출시킨 후에도 수확당시에 비하여 7.3% 높게 나타났다. 그러나 CO₂ 처리에서는 처리직후 59.6%, 10℃ 노출 후에는 88.8% 높게 조사되어 CO₂ 처리 반응이 매우 우수하였다. 반면에 ‘아끼히메’는 CO₂처리에 따른 경도 증진 반응이 뚜렷하지 않았으며 수확 후 시간이 경과됨에 따라 경도가 현저히 낮아진 결과를 보여주었다. ‘레드펠’과 ‘토치오도메’ 품종은 ‘매향’보다 우수하지는 않았지만 ‘아끼히메’보다는 우수한 반응을 보여주었다. 본 실험에서 검토한 딸기 품종의 CO₂ 처리에 의한 경도 증진 반응이 3월까지의 수확시기가 늦어질수록 낮아졌으나 4월에는 다시 반응이 높아지는 경향이였다. Smith와 Skog(1992)는 여러 종류의 딸기를 대상으로 CO₂ 처리에 따른 경도증진 반응을 조사한 결과 품종에 따라 경도 증진 효과가 나타나지 않는 품종도 있으며 경도 증진 폭에도 품종간 차이가 있는 것으로 보고하였다. 본 연구에서도 ‘아끼히메’ 품종의 경도 증진 반응은 명확하지 않은 반면 나머지품종은 경도 증가가 명확하였고 증가폭은 ‘매향’에서 가장 우수한 결과를 보였다. 그러나 CO₂처리에 의한 경도 증가의 원인에 대해서는 명확히 밝혀진 바 없으므로 이에 대한 구체적 연구가 필요하다.

Table 23. Effect of postharvest CO₂ treatment (15%) on the changes of soluble solid between strawberry cultivars and harvest seasons.

Cultivar	CO ₂ treatment	Harvest season	Soluble solid (°Brix)		
			At harvest	Cooling(12hr)	Exposure to 10°C (2 days)
Maehyang	Untreated	Jan.	12.13±0.31	11.20±0.40	11.73±0.31
		Feb.	10.30±0.44	9.73±0.23	9.40±0.72
		Mar.	8.30±0.32	8.47±0.76	8.93±0.31
		Apr.	8.87±0.23	8.60±0.00	7.83±0.42
		Avg.	9.90	9.50	9.47
	15% (4 hr)	Jan.	-	10.93±0.31	10.20±0.53
		Feb.	-	10.27±0.31	10.00±0.80
		Mar.	-	8.67±0.40	9.67±0.12
		Apr.	-	8.67±0.31	7.27±0.70
		Avg.	-	9.64	9.29
Akihime	Untreated	Jan.	11.07±0.42	9.02±0.35	8.67±0.58
		Feb.	9.60±0.35	10.20±0.20	9.47±0.50
		Mar.	8.73±0.35	8.83±0.47	9.40±0.40
		Apr.	7.53±0.42	7.60±0.69	7.53±0.12
		Avg.	9.23	8.91	8.77
	15% (4 hr)	Jan.	-	9.80±0.35	9.20±0.35
		Feb.	-	10.30±0.89	9.07±0.70
		Mar.	-	9.12±0.66	9.20±0.20
		Apr.	-	7.30±0.10	7.57±0.45
		Avg.	-	9.13	8.76
Red Pearl	Untreated	Jan.	10.73±0.42	10.80±0.53	10.40±0.40
		Feb.	11.13±0.23	10.98±0.31	10.13±0.23
		Mar.	9.10±0.10	9.73±0.21	10.07±0.12
		Apr.	9.07±0.12	8.93±0.29	9.17±0.38
		Avg.	10.01	10.11	9.94
	15% (4 hr)	Jan.	-	10.13±0.12	10.20±0.20
		Feb.	-	10.40±0.20	10.20±0.35
		Mar.	-	9.60±0.46	10.20±0.20
		Apr.	-	8.93±0.70	8.50±0.53
		Avg.	-	9.77	9.78
Tochiotome	Untreated	Jan.	10.87±0.31	9.93±0.35	10.20±0.20
		Feb.	10.00±0.00	10.53±0.31	9.47±0.61
		Mar.	9.23±0.32	9.50±0.26	10.27±0.46
		Apr.	9.87±0.81	11.03±1.04	10.20±0.80
		Avg.	9.99	10.25	10.04
	15% (4 hr)	Jan.	-	10.98±0.31	10.20±0.53
		Feb.	-	9.40±0.72	9.20±0.35
		Mar.	-	9.63±0.15	10.40±0.20
		Apr.	-	10.73±0.23	9.87±1.21
		Avg.	-	10.19	9.92

Table 24. Effect of postharvest CO₂ treatment (15%) on the change of acidity in between strawberry cultivars and harvest seasons.

Cultivar	CO ₂ treatment	Harvest season	Acidity (%)		
			0	12	60
Maehyang	Untreated	Jan.	0.50±0.01	0.48±0.04	0.45±0.03
		Feb.	0.60±0.03	0.60±0.05	0.54±0.02
		Mar.	0.57±0.01	0.52±0.51	0.51±0.01
		Apr.	0.57±0.01	0.65±0.02	0.61±0.04
		Avg.	0.56	0.56	0.53
	15% (4 hr)	Jan.	-	0.54±0.03	0.49±0.00
		Feb.	-	0.47±0.05	0.58±0.01
		Mar.	-	0.53±0.05	0.56±0.03
		Apr.	-	0.53±0.35	0.59±0.07
		Avg.	-	0.55	0.56
Akihime	Untreated	Jan.	0.34±0.04	0.43±0.03	0.42±0.01
		Feb.	0.44±0.01	0.46±0.02	0.44±0.04
		Mar.	0.46±0.01	0.42±0.03	0.42±0.05
		Apr.	0.45±0.02	0.59±0.04	0.44±0.02
		Avg.	0.38	0.58	0.43
	15% (4 hr)	Jan.	-	0.41±0.02	0.44±0.02
		Feb.	-	0.53±0.01	0.47±0.03
		Mar.	-	0.45±0.01	0.42±0.03
		Apr.	-	0.48±0.02	0.42±0.01
		Avg.	-	0.47	0.44
Red Pearl	Untreated	Jan.	0.49±0.01	0.49±0.01	0.52±0.05
		Feb.	0.54±0.01	0.52±0.01	0.58±0.01
		Mar.	0.49±0.01	0.46±0.02	0.46±0.02
		Apr.	0.63±0.01	0.61±0.01	0.72±0.01
		Avg.	0.54	0.52	0.57
	15% (4 hr)	Jan.	-	0.53±0.05	0.48±0.01
		Feb.	-	0.58±0.03	0.56±0.03
		Mar.	-	0.45±0.02	0.56±0.09
		Apr.	-	0.55±0.04	0.59±0.07
		Avg.	-	0.53	0.553
Tochiotome	Untreated	Jan.	0.41±0.05	0.53±0.02	0.54±0.01
		Feb.	0.43±0.06	0.55±0.05	0.50±0.02
		Mar.	0.66±0.04	0.60±0.03	0.65±0.03
		Apr.	0.62±0.03	0.45±0.34	0.60±0.04
		Avg.	0.5	0.53	0.57
	15% (4 hr)	Jan.	-	0.53±0.03	0.50±0.01
		Feb.	-	0.56±0.01	0.50±0.01
		Mar.	-	0.63±0.05	0.62±0.03
		Apr.	-	0.35±0.01	0.66±0.04
		Avg.	-	0.52	0.58

Table 25. Effect of postharvest CO₂ treatment (15%) on the changes of sugar/acid ratio between strawberry cultivars and harvest seasons.

Cultivar	CO ₂ treatment	Harvest season	Sugar/acid ratio		
			0	12	60
Maehyang	Untreated	Jan.	24.26	23.33	26.07
		Feb.	17.17	16.22	17.41
		Mar.	14.56	16.29	17.51
		Apr.	15.56	13.23	12.84
		Avg.			
	15% (4 hr)	Jan.		20.24	20.82
		Feb.		20.54	17.24
		Mar.	-	16.36	17.27
		Apr.		16.36	12.32
		Avg.			
Akihime	Untreated	Jan.	32.56	20.98	20.64
		Feb.	21.82	22.17	21.53
		Mar.	18.98	21.02	22.38
		Apr.	16.73	12.88	17.11
		Avg.			
	15% (4 hr)	Jan.		23.90	20.91
		Feb.		19.43	19.30
		Mar.	-	20.27	21.90
		Apr.		15.21	18.02
		Avg.			
Red Pearl	Untreated	Jan.	21.90	22.04	20.00
		Feb.	10.61	21.12	17.47
		Mar.	18.57	21.15	21.89
		Apr.	14.40	14.64	12.74
		Avg.			
	15% (4 hr)	Jan.		19.11	21.25
		Feb.		17.93	18.21
		Mar.	-	21.33	18.21
		Apr.		16.24	14.41
		Avg.			
Tochiotome	Untreated	Jan.	26.51	18.74	18.89
		Feb.	23.26	19.15	18.94
		Mar.	13.98	15.83	15.80
		Apr.	15.92	24.51	17.00
		Avg.			
	15% (4 hr)	Jan.		20.72	20.40
		Feb.		16.79	17.46
		Mar.	-	15.29	16.77
		Apr.		30.66	14.95
		Avg.			

Table 26. Effect of postharvest CO₂ treatment (15%) on the changes of fruit firmness between strawberry cultivars and harvest seasons.

Cultivar	CO ₂ treatment	Harvest season	Firmness(N)		
			At harvest	Cooling (12 hr)	Exposure to 10°C (2 days)
Maehyang	Untreated	Jan.	2.87±0.34	3.18±0.50 (+10.8)	3.08±0.04 (+7.3)
		Feb.	3.03±0.60	2.90±0.68 (-4.3)	3.07±0.73 (+1.3)
		Mar.	2.87±0.39	2.88±0.43 (+0.4)	2.93±0.23 (+2.9)
		Apr.	2.38±0.41	2.54±0.38 (+6.7)	2.77±0.71 (+13.4)
		Avg.	2.79	2.88	2.96
	15% (4 hr)	Jan.	-	4.58±0.30 (+59.6)	5.42±0.99 (+88.8)
		Feb.	-	4.88±0.60 (+61.0)	5.27±1.14 (+73.9)
		Mar.	-	3.38±0.40 (+17.7)	3.42±0.45 (+19.1)
		Apr.	-	2.86±0.45 (+34.3)	3.01±0.49 (+32.4)
		Avg.	-	3.93	4.28
Akihime	Untreated	Jan.	2.61±0.39	2.81±0.32 (+7.6)	1.96±0.26 (-24.9)
		Feb.	2.78±0.49	2.62±0.50 (-5.7)	2.62±0.03 (-11.8)
		Mar.	2.36±0.46	2.40±0.39 (+1.6)	1.89±0.40 (-19.9)
		Apr.	1.77±1.07	1.54±0.25 (-12.9)	1.47±0.32 (-16.9)
		Avg.	2.38	2.34	1.94
	15% (4 hr)	Jan.	-	2.99±0.53 (+14.5)	2.87±0.48 (+9.96)
		Feb.	-	3.16±0.50 (+13.6)	3.26±0.30 (+17.2)
		Mar.	-	2.28±0.48 (-3.3)	2.47±0.32 (+4.6)
		Apr.	-	2.05±0.26 (+15.8)	1.92±0.22 (+8.47)
		Avg.	-	2.62	2.63
Red Pearl	Untreated	Jan.	2.82±0.39	3.14±0.30 (+11.3)	3.11±0.24 (+10.2)
		Feb.	2.45±0.46	2.57±0.49 (+4.9)	3.15±0.54 (+28.5)
		Mar.	2.68±0.50	2.68±0.76 (+0)	2.85±0.44 (+6.3)
		Apr.	1.96±0.34	2.16±0.36 (+10.2)	2.41±0.33 (+22.9)
		Avg.	2.48	2.64	2.88
	15% (4 hr)	Jan.	-	3.17±0.43 (+12.4)	3.34±0.28 (+18.4)
		Feb.	-	4.12±0.82 (+68.1)	4.57±0.97 (+86.53)
		Mar.	-	3.54±0.64 (+32.09)	3.68±0.54 (+37.31)
		Apr.	-	2.69±0.37 (+37.2)	2.82±0.37 (+43.8)
		Avg.	-	3.28	3.60
Tochiotome	Untreated	Jan.	4.06±0.48	4.56±0.42 (+12.3)	4.30±0.49 (+5.9)
		Feb.	4.17±0.60	4.14±1.10 (-0.7)	4.22±0.62 (+1.2)
		Mar.	3.73±0.54	4.12±0.51 (+10.4)	3.66±0.85 (-1.8)
		Apr.	2.53±0.50	2.53±0.66 (+0%)	2.71±0.57 (+7.1)
		Avg.	3.62	3.84	3.47
	15% (4 hr)	Jan.	-	5.20±0.46 (+28.0)	5.88±0.46 (+44.8)
		Feb.	-	5.18±0.98 (+24.2)	5.27±0.73 (+26.38)
		Mar.	-	4.21±0.48 (+12.87)	4.22±0.69 (+13.14)
		Apr.	-	3.40±0.85 (+34.3)	3.35±0.30 (+32.4)
		Avg.	-	4.50	4.68

3. CO₂ 처리가 ‘매향’과 ‘아끼히메’ 딸기의 품질에 미치는 영향

딸기 과실의 주요산은 구연산과 능금산이며 이밖에 glycolic acid와 shikimic acid 등이 확인된다고 하였으며(Montero 등, 1996) 성숙이 진행되면서 총산 함량은 감소되고 ascorbic acid는 증가된다고 하였다. 전술한 바와 같이 딸기 품종에 따라 CO₂ 처리에 대한 경도 증진 반응에 현저한 차이를 보여 CO₂ 처리에 따른 과실 품질을 보다 구체적으로 조사하기 위하여 CO₂ 처리에 대한 경도 증진 반응이 우수한 ‘매향’과 효과가 뚜렷하지 않은 ‘아끼히메’ 품종의 과실 성분 변화를 조사하였다.

과실의 유기산 조성을 조사한 결과(그림 14, 15), 생산시기가 늦어질 때 적정산 함량은 증가하였는데(표 24), ‘매향’의 경우 능금산은 수확시기가 늦을 때 현저히 증가하였지만 구연산 함량은 큰 차이를 보이지 않아 적정산의 증가 원인은 주로 능금산 함량의 증가에 의한 것으로 판단된다. 반면에 ‘아끼히메’의 경우(그림 15), 능금산은 ‘매향’과 마찬가지로 증가하는 경향이었으나 구연산은 오히려 감소하여 두 품종 간 차이를 나타내었다. CO₂ 처리에 따른 반응을 살필 때 적정산과 마찬가지로 두 품종 모두 특별한 변화를 보이지 않았다.

‘매향’의 경우 1월에 수확한 과실의 총당은 냉각 또는 냉각과 CO₂처리를 병행한 다음 조사하였을 때 수확당시보다 월등히 높게 조사되었다. 처리간에는 유의차는 없었으나 CO₂처리에서 다소 낮았다. 그러나 2월 이후 수확한 과실에서는 이러한 변화가 관찰되지 않았다. ‘아끼히메’의 경우 수확당시에 비하여 처리를 마친 다음 총당 변화는 확인되지 않았다(그림 16). 환원당도 두 품종간 유사한 경향으로 나타났으며 CO₂ 처리에 따른 특이한 변화는 관찰되지 않았다. 전술한 유리당 조성과의 연관시켜 고려할 때 전반적으로 CO₂처리에 의한 당의 함량 변화는 없는 것으로 판단된다.(그림 17)

딸기 과실의 주요한 유리당은 자당, 포도당, 과당으로 밝혀져 있으며 이들 유리당이 전체 당의 99%를 점유한다고 하였다(Monter 등, 1996). ‘매향’의 경우, 수확시기에 따른 유리당의 변화는 전반적으로 과당과 포도당에서 관찰되었으며 자당은 비교적 일정한 수준을 유지한 반면(그림 18) 포도당과 과당은 점진적으로 감소하였다. ‘아끼히메’의 경우(그림 19) 1월에 수확한 과실은 자당이 다른 시기보다 낮았고 반면에 포도당과 과당은 높아 수확시기에 따라 유리당 조성에 변화를 나타내었다. CO₂처리에 따른 유리당 변화는 수확시기 또는 처리에 따른 반응이 일정하지 않아 CO₂ 처리로 인한 품질 변화는 상업적 수준에서 영향을 미칠 정도의 변화가

발생하지 않는 것으로 확인되었다.

비타민 C 함량(그림 20)의 수확시기에 따른 차이가 있었는데 1월에 수확한 과실의 ascorbic acid 함량이 후기에 수확한 과실보다 많았으며 두 품종 모두 유사한 경향이였다. 그러나 '매향'의 비타민 C 수준은 전반적으로 '아끼히메'보다 다소 높은 것으로 나타나 다른 품질 요인과 함께 고려할 때 '매향'의 품질이 '아끼히메'보다 우수한 것으로 판단된다. 특징적으로 CO₂ 처리 후 '매향'의 경우 비타민 C 수준에 많은 편차를 보였는데 이러한 원인은 시료 채취에서의 오차일 가능성도 있지만 CO₂처리에 따른 특징적인 반응일 가능성도 배제할 수 없다. Agar 등(1997)은 CO₂ 처리가 딸기의 비타민 C 수준을 저하시킨다고 하여 본 연구결과와 다소 상이한 보고를 하였는데 이러한 원인은 CO₂처리 방식의 차이에 기인하였을 가능성도 있다. '아끼히메'의 경우 1월에 수확한 과실에서는 CO₂ 처리 후 비타민 C 함량이 다소 감소하였지만 그 이후에 수확한 과실에서는 오히려 증가한 결과를 보여 일정한 경향을 찾을 수 없었다. 따라서 두 품종 모두 CO₂ 처리에 의하며 비타민 C 수준이 감소하지 않는 것으로 결론지을 수 있다.

총페놀 함량(그림 21)은 본 연구에서 검토한 두 품종 모두 수확시기 또는 냉각과 CO₂ 처리이후의 특이한 변화가 관찰되지 않았다. 수확한 과실을 냉각 또는 CO₂ 처리 후 10℃에 2일간 노출시킨 다음에는 착색이 진행되지만 총페놀 함량의 수준 차이가 없는 점으로 미루어볼 때 착색에 관련된 색소 합성은 이미 합성되어 있는 페놀 물질의 변화에 의한 것으로 생각할 수 있다. Assis 등(2001)은 수확한 딸기를 대기조건을 둘 때 총페놀 함량은 변화가 없으나 리그닌이 감소하며 CO₂ 처리는 phenylalanine ammonia lyase 활성에 영향을 주지 않아 페놀수준은 차이가 없으나 리그닌을 높게 유지시켜 경도를 유지시킨다고 추정하였다.

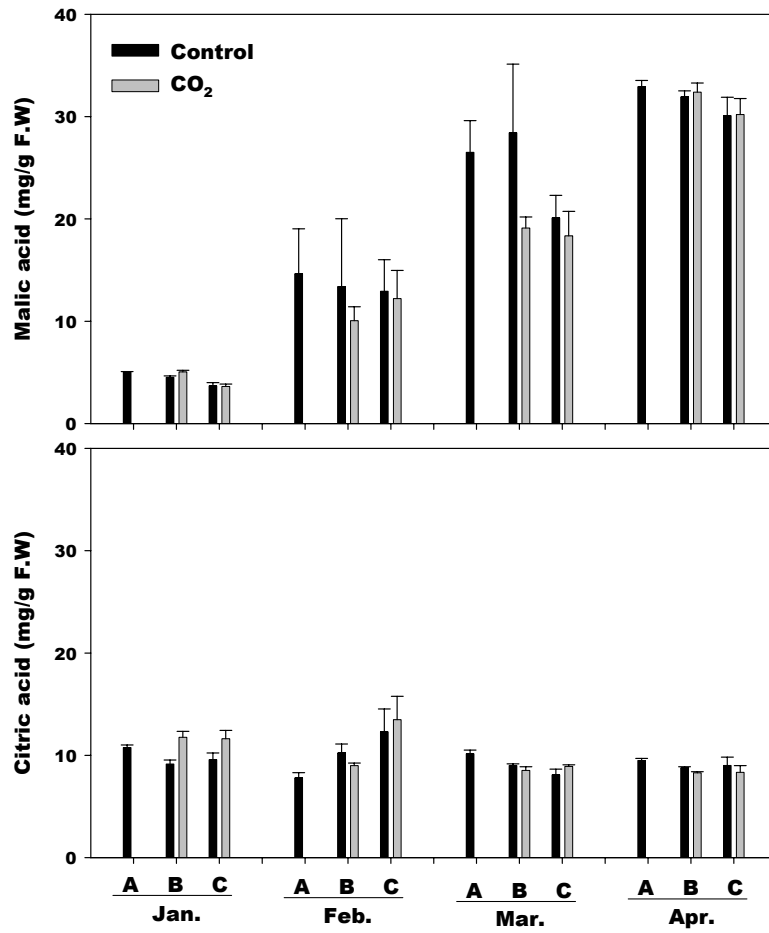


Fig. 14. Effect of 15% CO₂ treatment on the organic acid contents of 'Maehyang' strawberry fruits between harvest seasons [A; at harvest, B; 12hr after cooling, C; 2 days after exposure to 10°C].

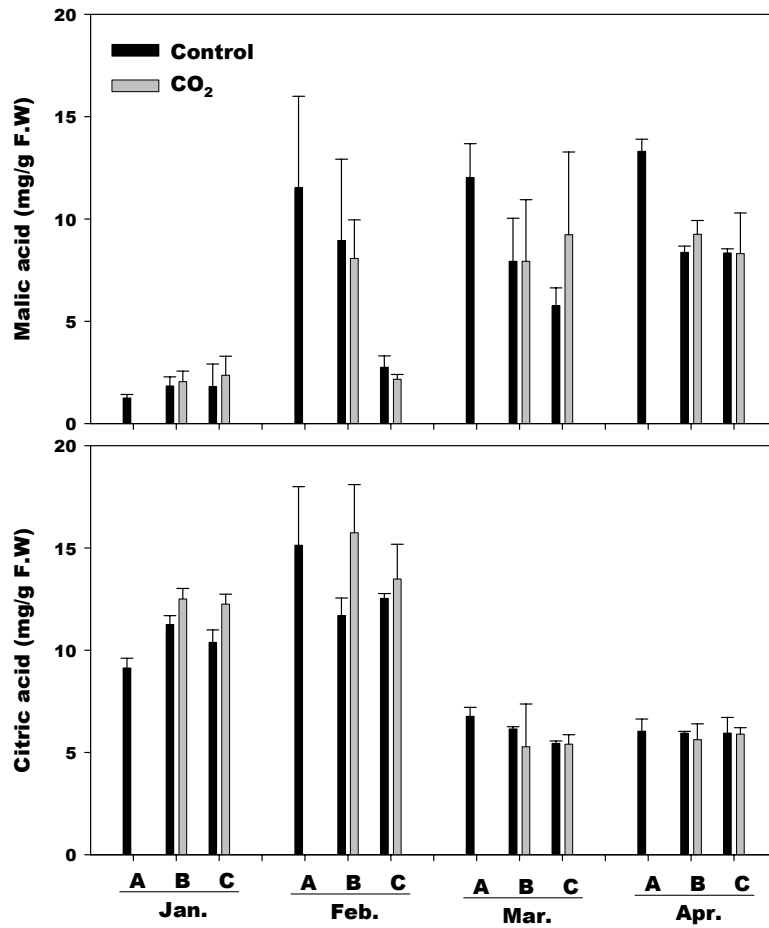


Fig. 15. Effect of 15% CO₂ treatment on the organic acid contents of 'Akihime' strawberry fruits between harvest seasons [A; at harvest, B; 12hr after cooling, C; 2 days after exposure to 10°C].

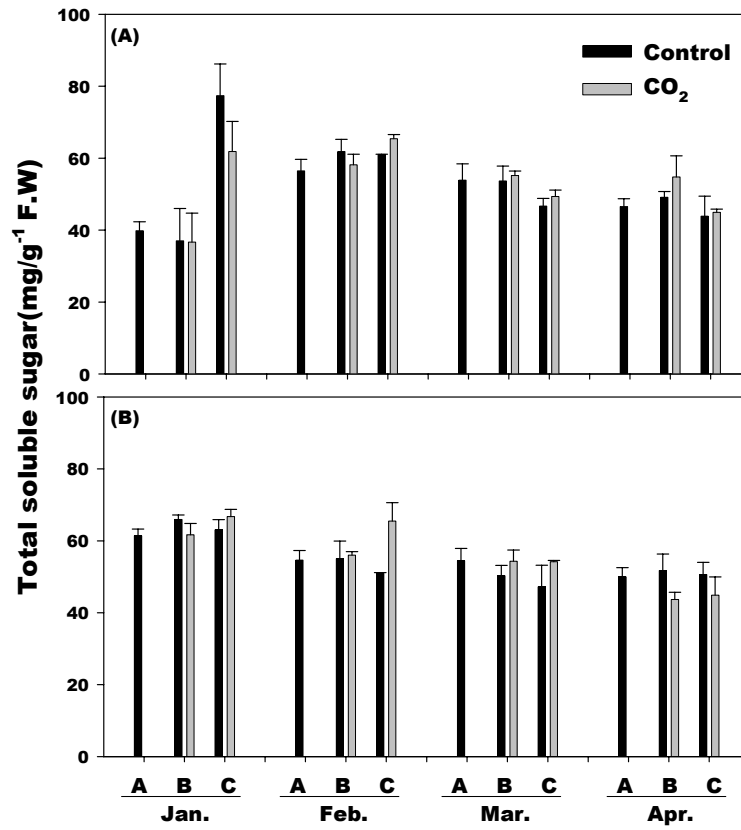


Fig. 16. Comparison of total soluble sugar contents between two strawberry cultivars as influenced by postharvest application of CO₂ (15 %) and harvest seasons (A; 'Maehyang', B; 'Akihime'), [A; at harvest, B; 12hr after cooling, C; 2 days after exposure to 10°C].

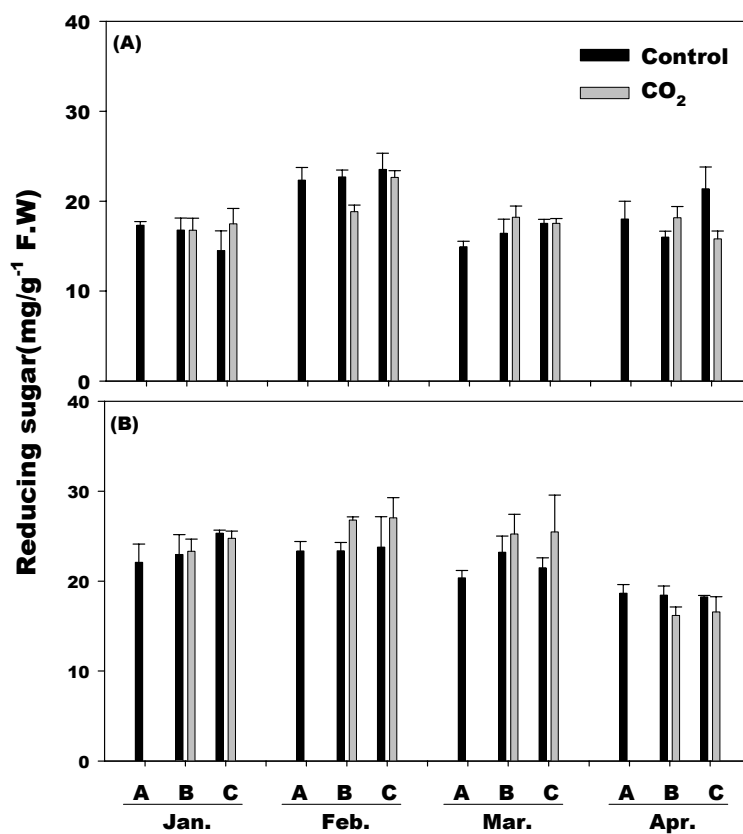


Fig. 17. Comparison of reducing sugar contents between two strawberry cultivars as influenced by postharvest application of CO₂ (15 %) and harvest seasons (A; 'Maehyang', B; 'Akihime'), [A; at harvest, B; 12hr after cooling, C; 2 days after exposure to 10°C].

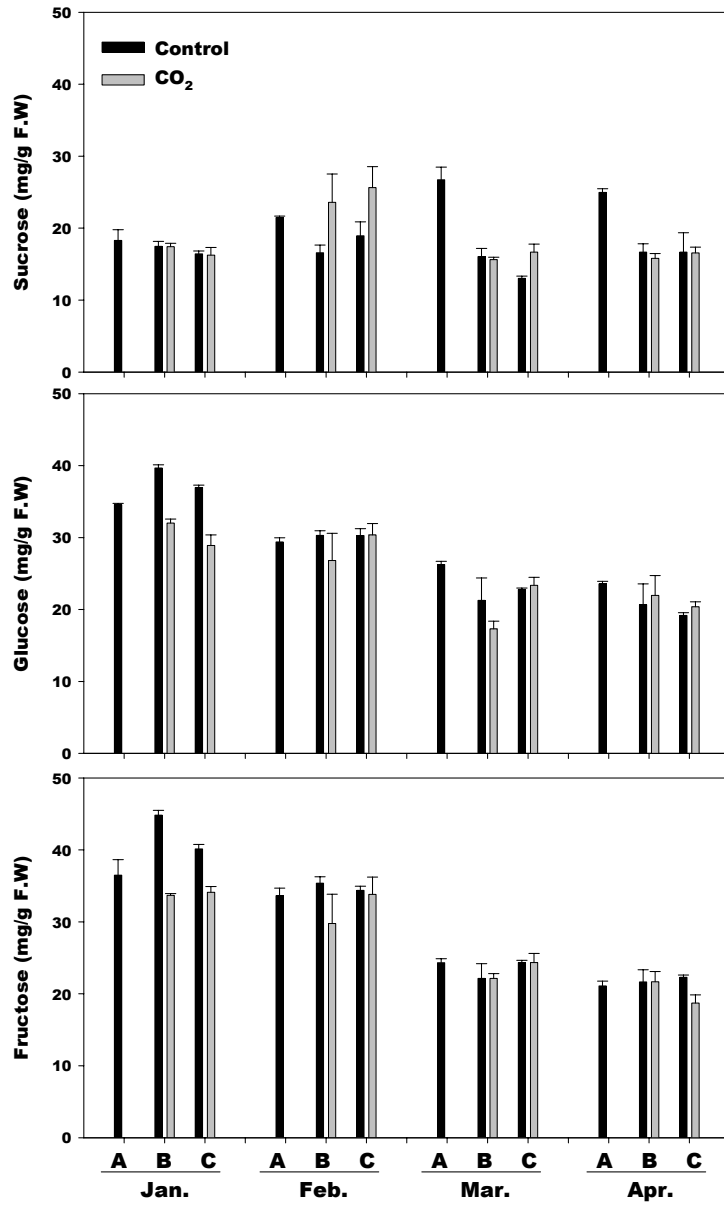


Fig. 18. Effect of 15% CO₂ treatment on the soluble sugar contents of 'Maehyang' strawberry fruits between harvest seasons [A; at harvest, B; 12hr after cooling, C; 2 days after exposure to 10°C].

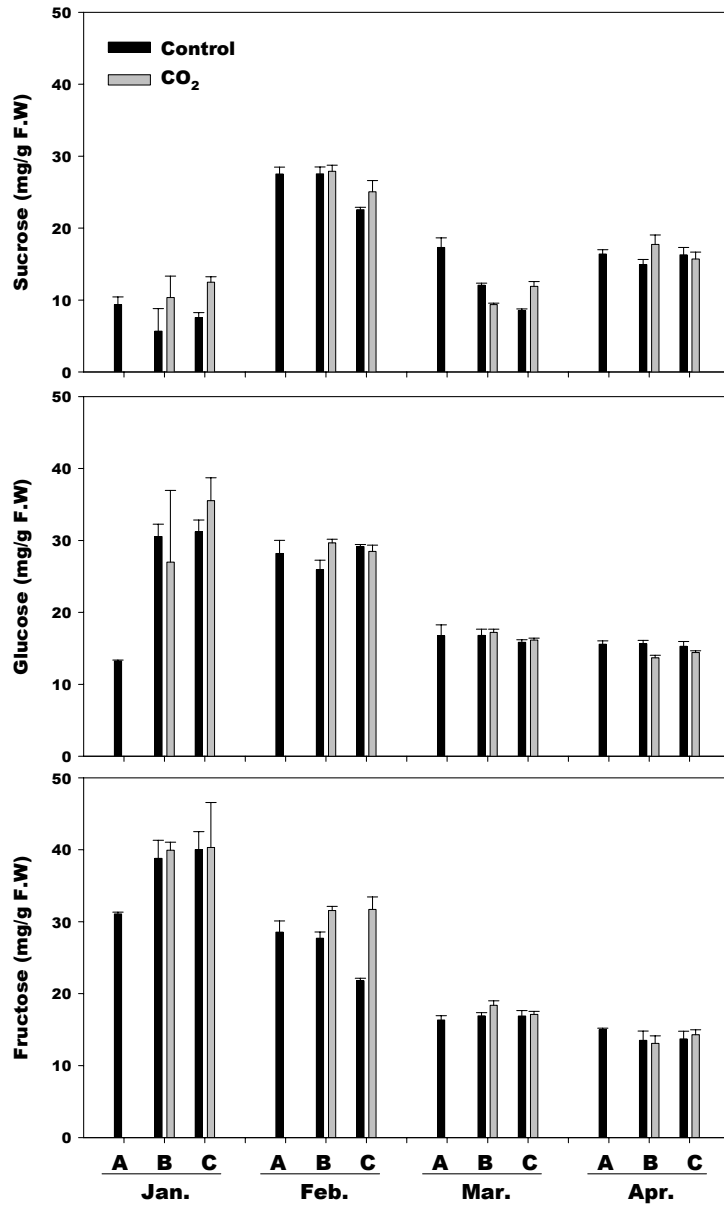


Fig. 19. Effect of 15% CO₂ treatment on the soluble sugars contents of 'Akihime' strawberry fruits between harvest season[A; at harvest, B; 12hr after cooling, C; 2 days after exposure to 10°C].

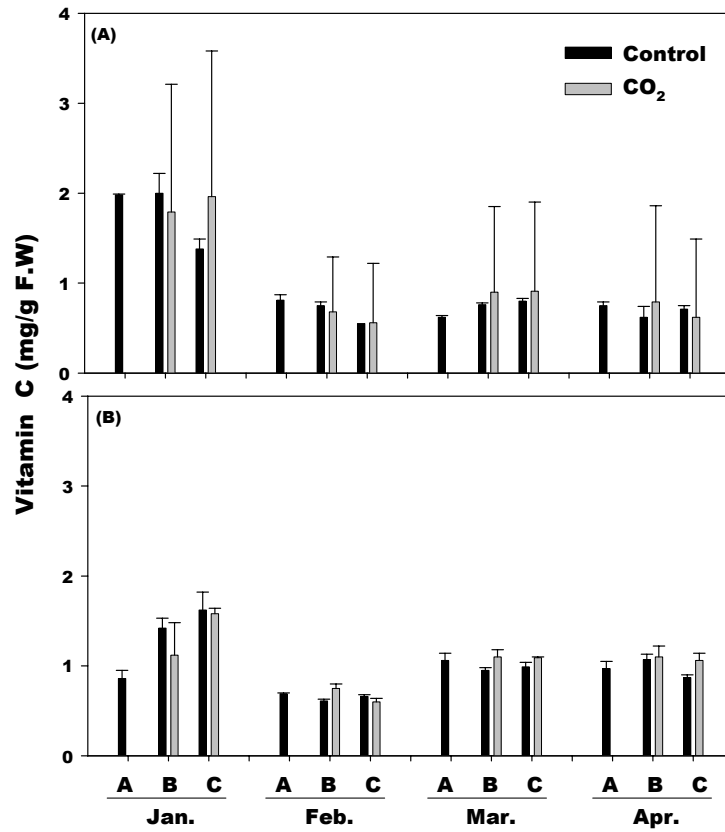


Fig. 20. Comparison of vitamin C contents between two strawberry cultivars as influenced by postharvest application of CO₂ (15%) and harvest season (A; 'Maehyang', B; 'Akihime'), [A; at harvest, B; 12hr after cooling, C; 2 days after exposure to 10°C].

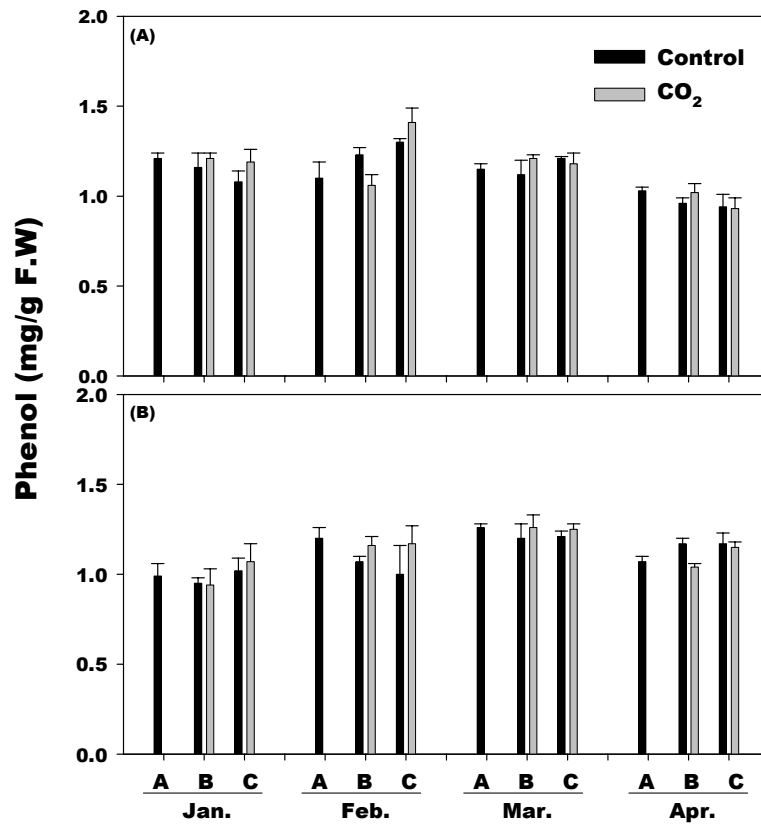


Fig. 21. Comparison of phenolic contents between two strawberry cultivars as influenced by postharvest application of CO₂ (15%) and harvest season (A; 'Maehyang', B; 'Akihime'), [A; at harvest, B; 12hr after cooling, C; 2 days after exposure to 10°C].

4. CO₂ 처리가 딸기 과실의 해부학적 변화에 미치는 영향

이산화탄소 처리에 의한 경도 증진 기작을 밝히기 위하여 미세구조의 변화를 살펴봤다. CO₂ 처리 반응이 우수한 ‘매향’과 반응이 거의 나타나지 않은 ‘아끼히메’ 품종의 미세구조를 관찰하였다(그림 22, 23, 24). CO₂처리 전후의 조직을 취하여 표피 세포의 구조적 변화를 비교한 결과 ‘매향’의 경우 표피 세포가 처리이후 크게 수축되었음을 확인할 수 있었는데 ‘아끼히메’의 경우 이러한 변화가 적었다. 또한 CO₂ 처리 이후 세포 표면에 많은 주름이 형성된 것을 관찰할 수 있었는데 이러한 현상은 ‘매향’보다 ‘아끼히메’에서 더욱 심하였다. 표피 세포가 수축된 원인은 명확하지 않았지만 주름이 형성된 것은 CO₂ 처리 전 과실을 냉각시킬 때 비록 습도가 높은 환경이었지만 건조한 찬 공기가 과실 표면에 접촉하면서 표피 세포의 과도한 증산에 의한 것으로 판단된다. 또한 과실을 손으로 찢어 그 단면을 관찰하였을 때 ‘매향’은 찢겨진 부위의 세포가 파괴되지 않고 정상적인 형태를 유지한 것이 많았는데 ‘아끼히메’의 경우 대부분의 세포가 파괴된 것으로 나타나 두 품종간 세포구조와 세포결합력에 차이가 있을 것으로 추정되었다. 특히 딸기는 과실 세포 간극이 넓고 조직이 치밀하지 않아 과육이 손으로 찢기는 것으로 판단되며 또한 세포벽 중층이 다른 세포에 비하여 약하게 결합되어 있을 것으로 추정된다.

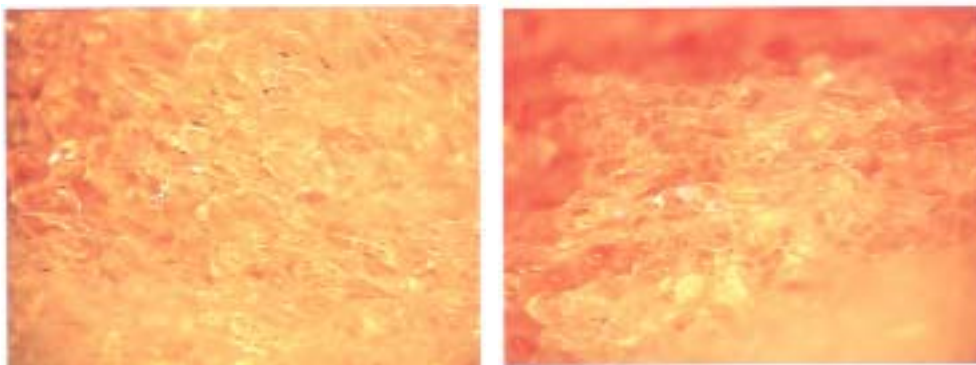


Fig. 22 . Torn surface of strawberry fruit(left: Akihime, right: Maehyang).

이산화탄소 처리에 의한 딸기 과실의 경도 증진에 관한 연구에서 수확한 딸기를 저온에 둘 때 수확당시보다 경도가 높아지며(Harker 등, 2000) CO₂ 처리하면 더욱 증가한다고 하였다. 이들은 CO₂ 처리한 과실의 미세구조 관찰에서 과육의 찢겨진 절단면 세포가 원형을 유지하는 현상을 보고하였다.

한편 Knee 등(1977)은 딸기 과실의 생육시기별 미세구조의 변화를 관찰한 연구에서 성숙기에 중층과 세포벽이 부풀어 오르는데 이러한 현상은 과숙한 과실에서 극대화된다고 하였다. 또한 중층의 펙틴은 측쇄사슬이 적어 cross-link가 약하며 가용성 분획에서 hemicellulose 구성당이 용출되는 것으로 확인하였다.

Akihime

Maehyang

At Harvest

After CO₂ treatment

Fig. 23. SEM images of strawberries before and after high CO₂ treatment.

Akihime

Maehyang

At harvest

After CO₂ treatment

Fig. 24. SEM images of torn surface of strawberries.

Huber(1983)는 딸기 과실의 발육과 성숙에서 펙틴분자의 분자량 변화는 관찰되지 않으나 hemicellulose의 분자량은 저분자화 되는 것으로 관찰하였으며 또한 polygalacturonase (PG) 활성은 검출되지 않았다고 하였다(Barens와 Patchett, 1976). 그러나 Nogata 등(1993)은 비록 효소의 활성은 낮으나 endo- 및 exo-type PG를 모두 검출하였으며 3가지 유형의 PG가 확인된 것으로 보고하였다. 그러나 수확한 과실에 대한 CO₂ 처리가 이러한 연화 기작을 억제하는지 여부는 명확하지 않다.

5. CO₂ 처리가 딸기 과실의 세포벽 조성과 세포벽 가수분해에 미치는 영향

이산화탄소 처리에 의한 딸기 과실의 경도 증진 기작을 살피기 위하여 세포벽 성분의 조성변화를 조사하였다. 알콜 불용성 성분은 대부분 세포벽 성분을 포함하고 있기 때문에 일반적으로 세포벽 연구에 흔히 활용되고 있다.

총펙틴 함량은 품종간 다소 차이를 보여 수확직후 ‘매향’의 경우 $332.6\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}\text{AIS}$ 이었는데 비하여 ‘아끼히메’의 경우는 $306.5\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}\text{AIS}$ 으로 약 7.8% 정도 낮았으며(표 27) 수확 후 처리를 마치고 10℃에 2일간 노출시킨 다음 두 품종 모두 총펙틴 함량이 다소 증가한 결과를 보였다. 이러한 결과가 수확한 과실에서 펙틴의 합성이 계속 진행된 것으로 간주하기 어려울 것으로 판단된다(표 28).

펙틴의 추출용매에 따른 조성을 살펴볼 때 품종간 차이가 확인되었는데 ‘아끼히메’의 경우 수용성 펙틴이 ‘매향’에 비하여 유의차가 인정될 수 있을 만큼 많이 함유하고 있었다. 즉, ‘매향’의 경우 수확당일 수용성 펙틴은 $110.3\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}\text{AIS}$ 이었는데 비하여 ‘아끼히메’의 경우는 $133.0\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}\text{AIS}$ 으로 약 20.5% 많았다. 반면에 CDTA 용해성 펙틴은 ‘아끼히메’가 ‘매향’보다 9.3% 낮았고 Na₂CO₃ 용해성 펙틴 또한 낮은 경향이였다. 그러나 강알카리 용해성 펙틴은 두 품종 모두 양도 적었고 편차도 크지 않았다. 특히 강알카리 환경에서 용해되는 성분은 hemicellulose와 결합한 펙틴으로 총당을 분석하였을 때 uronic acid보다 월등히 많은 수준으로 나타났다. 본 연구에서 관찰된 바와 같이 이러한 펙틴 구성 성분의 차이가 두 품종의 경도에 영향을 미칠 것으로 판단된다. Redgwell 등(1977)은 딸기 등의 과실에서는 익은 후 세포벽이 팽창되는 현상이 관찰되며 성숙에 따라 세포벽 물질의 감소가 특징적으로 관찰된다고 하였다.

한편 CO₂ 처리에 따른 펙틴의 변화를 비교한 결과 ‘매향’에서 대조구(단순냉각처리)는 처리 전에 비하여 5.3% 증가하였으나 CO₂ 처리에서는 12.7% 감소하였고 ‘아끼히메’는 대조구는 변화가 거의 없었으나 CO₂처리구에서 7.3% 감소하였다. 반면에 CDTA 용해성 펙틴은 ‘매향’에서는 대조구에서는 감소하였으나 CO₂ 처리구에서는 증가하였고 ‘아끼히메’에서는 처리에 관계없이 모두 증가하였다. 그러나 변화된 절대량은 수용성 펙틴에 비하여 적은 경향이였다. 또한 Na₂CO₃ 용해성 펙틴은 수확당시에 비하여 두 품종 모두 증가하였는데 CO₂ 처리구에서 증가폭이 낮은 경향을 보여주었다. Smith(1992)는 CO₂처리는 수용성 펙틴을 감소시키나 유의차는 없다고 하여 경도증진과 펙틴 변화와의 관련성을 입증하지 못하였다. 그러나 CO₂ 처

리에 의한 경도 증가반응은 12시간 정도의 짧은 시간에 관찰된 현상으로 세포벽 성분의 합성에 의한 변화로 추정하기 어려울 것으로 보인다. 따라서 CO₂처리에 의한 세포벽 구성분의 화학적 또는 구조적 변화에 의한 것으로 추정할 수 있는데 본 연구에서 수용성 펙틴, CDTA 용해성 펙틴 및 Na₂CO₃ 용해성 펙틴의 양적 변화가 관찰되었으므로 이러한 펙틴의 구성비의 변화에 의한 것으로 추정된다. 그러나 이러한 변화를 일으키는 직접적인 원인이 밝혀진 바 없으며 추후 보다 구체적인 조사가 진행되어야 할 것으로 판단된다. 수확후 처리단계별 셀룰로스 함량을 비교하였을 때 처리간 두 품종 모두 차이를 나타내지 않아 경도와 셀룰로스와의 관련이 없는 것으로 추정된다(그림 25). 특히 세포벽 가수분해 효소인 β-galactosidase 활성을 비교하였을 때 ‘매향’과 ‘아끼히메’ 사이에 유사한 점과 차이점이 모두 관찰되었는데 수확당시보다 CO₂처리 또는 냉각 후 효소활성이 두 품종 모두 다소 감소되었으나 CO₂처리에 따른 경도 증진 반응이 낮은 ‘아끼히메’는 10℃에 2일간 노출한 다음 β-galactosidase 활성이 증가하였으나 ‘매향’에서는 이러한 현상이 관찰되지 않았다(그림 26). 딸기의 세포벽 가수분해효소에 대한 연구 결과에서 펙틴의 가수분해에 많은 영향을 미칠 것으로 추정되는 polygalacturonase(PG) 활성은 검토되지 않았거나(Barens 등, 1976) 활성이 낮은 것으로 보고(Nogata 등, 1993)된 바 있고 PG활성이 검출되지 않은 작물에서 펙틴의 가수분해 또는 용해성 증진이 관찰되는데(Redgwell 등, 1997) 이러한 변화에 대한 β-galactosidase의 역할이 클 것으로 추정된 바 있다. 그러나 본 연구 결과를 검토할 때 효소 활성에 다소 차이를 보였지만 그 변화폭이 심하지 않아 단시간 CO₂ 처리에 의한 경도변화는 효소적 작용이 아닐 가능성이 있다. 전술한 바와 같이 CO₂처리 후 조직의 미세구조에 변화를 보였으므로 이러한 변화는 화학적 또는 물리적 현상에 의한 가능성도 배제할 수 없다.

Table 27. Effect of postharvest application of CO₂ on the changes of alcohol insoluble solid (AIS) in two strawberry cultivars.

Cultivar	Treatment	Stages of examination ^z	AIS (mg·g F.W ⁻¹)
Maehyang	Untreated	A	0.53±0.02
		B	0.44±0.02
		C	0.47±0.01
		D	0.49±0.03
	CO ₂ 15% (4 hr)	A	0.53±0.02
		B	0.47±0.02
		C	0.47±0.01
		D	0.53±0.01
Akihime	Untreated	A	0.45±0.02
		B	0.40±0.02
		C	0.39±0.01
	CO ₂ 15% (4 hr)	A	0.45±0.02
		B	0.39±0.00
		C	0.42±0.03

^zFruit were examined at A (at harvest), B (12 hours of cooling or CO₂ application), C, and D (2 to 4 days after exposure to 10°C), respectively.

Table 28. Effect of postharvest application of CO₂ on the changes of pectins in two strawberry cultivars.

Cultivar	CO ₂ treatment	Stage of assay ^z	Pectin ($\mu\text{g}\cdot\text{mg AIS}^{-1}$)					
			Total	H ₂ O	CDTA	Na ₂ CO ₃	4% KOH	24% KOH
	Untreated	A	332.66±13.23	110.33±3.76	64.59±1.32	75.32±3.46	9.52±2.64	18.63±1.52
		B	329.51±2.78	116.12±3.81	56.33±1.79	87.66±0.55	13.61±0.06	16.22±0.75
		C	324.39±12.37	109.65±1.75	53.78±1.96	92.34±2.21	14.82±1.73	13.99±1.16
		D	315.00±3.68	132.44±3.60	45.02±2.37	90.48±4.26	13.20±0.75	12.72±0.98
Maehyang								
	15%(4hr)	A	332.66±13.23	110.33±3.76	64.59±1.32	75.32±3.46	9.52±2.64	18.63±1.52
		B	332.43±6.69	101.38±2.52	70.70±0.72	81.31±0.16	12.64±1.95	18.23±0.51
		C	317.96±1.80	104.08±1.55	68.10±0.83	94.32±0.58	14.82±2.38	14.33±0.22
		D	318.00±5.23	119.52±2.39	57.19±3.36	89.34±3.94	12.56±0.19	13.49±0.85
Akihime								
	Untreated	A	306.52±10.70	132.98±4.90	58.61±5.16	69.99±4.70	9.36±0.77	15.52±0.51
		B	306.36±9.95	130.77±6.25	65.83±3.13	77.94±1.56	9.03±2.27	13.76±2.38
		C	317.31±14.56	141.78±2.31	50.34±0.47	70.64±3.62	10.02±0.17	13.78±1.49
	15%(4hr)	A	306.52±10.70	132.98±4.90	58.61±5.16	69.99±4.70	9.36±0.77	15.52±0.51
		B	308.38±12.13	123.26±1.53	64.31±1.02	71.89±1.77	9.37±1.25	16.27±1.23
		C	315.58±30.39	136.62±0.99	59.25±1.05	56.48±3.10	11.60±0.73	13.24±0.26

^zFruit were examined immediately after harvest (A), 12 hour cooling and/or 4 hour CO₂ treatment (15%) during cooling (B), exposure to 10°C for 2 days (C) and 4 days (D), respectively.

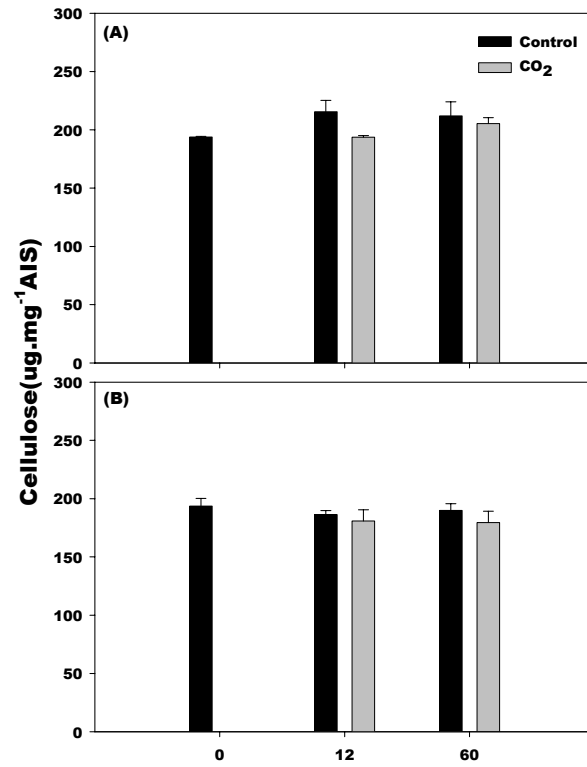


Fig. 25. Comparison of cellulose between two strawberry cultivars as influenced by postharvest application of CO₂ (15%) (A; 'Maehyang', B; 'Akihime').

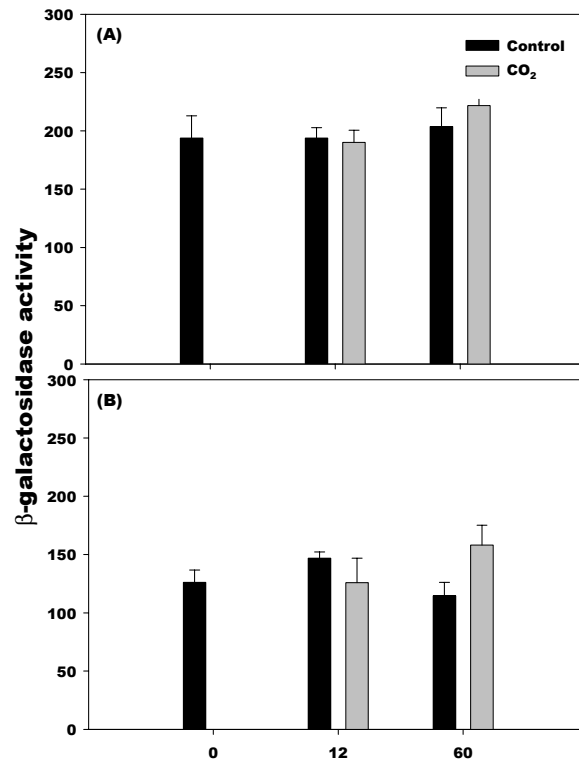


Fig. 26. Comparison of β -galactosidase activity between two strawberry cultivars as influenced by postharvest application of CO_2 (15%) (A; 'Maehyang', B; 'Akihime').

6. CO₂ 처리 전후의 경도증진 요인 분석

가. CO₂ 처리에 따른 과실 조직 내부 공기 조성 변화

CO₂ 처리에 따른 과실 내부 공기 조성의 변화를 조사하였을 때(표 29) 처리구 과실의 CO₂ 농도는 명확히 증가한 반면 O₂농도의 변화는 현저하지 않았다. 또한 에틸렌은 두 처리 모두 검출되지 않았다. 높은 농도의 CO₂처리는 과실의 무기호흡을 증가시켜 발효취를 만드는 원인이 되는 것으로 보고되었지만 본 연구에서 적용한 15%의 CO₂처리는 이러한 부정적 영향을 미치지 않는 것으로 밝혀졌다.

또한 딸기 과실의 성숙에 따른 에틸렌 발생과 호흡현상을 고려할 때 non-climacteric 작물에 속하며(Avigdori-Avidov;1986) CO₂ 처리가 에틸렌 발생을 억제시킨다고 하였는데(Yasutaka, 1990) 본 연구에서는 처리에 관계없이 에틸렌이 검출되지 않았다. 이러한 결과는 본 연구에서 처리한 CO₂의 농도와 처리시간이 과실조직에 악영향을 미치지 않은 수준이었기 때문으로 판단된다.

Table 29. Effect of high CO₂ treatment on the changes of inside air in strawberry fruits.

Treatment	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	Ethylene (ug · ml ⁻¹)
Air	14.21±0.30	1.15±0.10	ND
15% CO ₂	13.99±0.75	1.57±0.20	ND

나. 세포벽 pH 변화

과실 숙기에 따른 세포간극의 pH 변화를 살펴보았는데 세포간극 pH는 숙기별로 미숙, 성숙, 과숙 순으로 증가한 것으로 조사되었다. Teresa(1996)는 딸기 과실의 발육에 따른 과실 pH 조사에서 성숙과정에서는 과즙의 pH가 증가한다고 한 결과와 유사하였는데 본 연구에서는 과즙의 pH를 조사한 것이 아니고 준비된 시료의 세포간극에서 누출된 용질에 의한 pH 변화를 조사한 것으로 다소 차이가 있지만 성숙에 따른 pH 증가는 apoplast 조직의 산도변화를 보여준 것으로 생각된다(그림 27). CO₂ 처리 후 세포벽 pH는 모든 과실에서 통계적 유의차는 인정되지 않았지만 대체적으로 증가하는 경향을 보여주었다. 또한 과숙한 과실의 경우 상온노출 36시

간에 뚜렷하게 세포벽 pH가 무처리 과실보다 높게 유지되었으며 80시간에는 다시 감소하는 경향을 보였다(그림 28).

Harker(2000)는 이산화탄소가 딸기 과실의 apoplast pH를 변화시켜 펙틴의 결합에 영향을 미치므로 경도를 증진시킬 가능성을 제시하였다. 그러나 그 정확한 기작에 대해서는 밝혀진 바 없다. 본 연구에서 apoplast의 pH 증가가 대조구에 비하여 다소 증가한 결과는 염기성 이온의 누출과 관련되어 있을 가능성을 보여주었으므로 처리전후의 양이온 변화를 조사하였다.

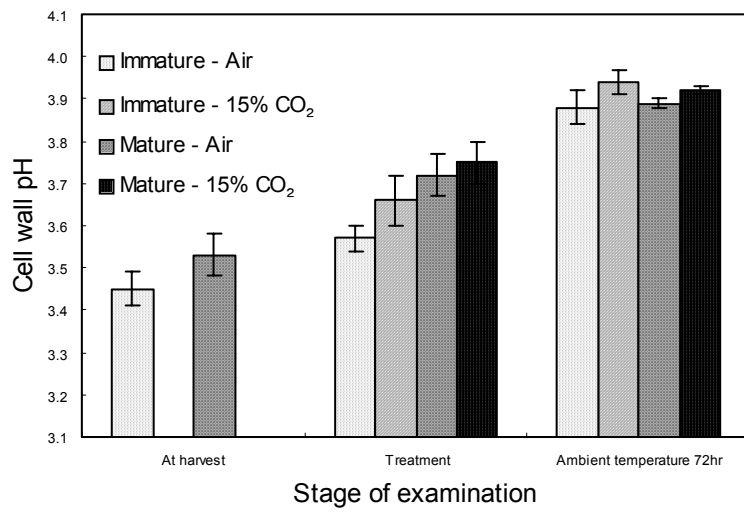


Fig. 27. Effect of high CO₂ treatment on the changes of intercellular pH in strawberries (immature: 40-60% colored, mature: over 80% colored).

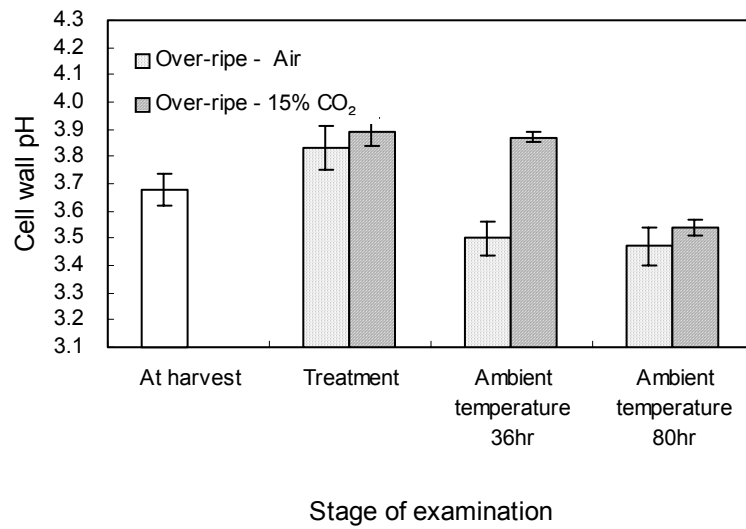


Fig. 28. Effect of high CO₂ treatment on the intercellular pH of overripe strawberry fruit.

다. CO₂ 처리에 따른 양이온 변화

과실의 경도는 세포벽을 구성하는 펙틴과 연관되어 있는데 특히 조직의 연화는 펙틴의 변화에 따라 발생한다고 한다(Janick, 1983). 이들 양이온은 주로 apoplast의 세포벽과 결합할 가능성이 있으므로 처리 간 과실의 칼슘과 알콜불용성 성분과 결합한 양이온을 비교하였다(표 30, 31).

Table 30. Effect of high CO₂ treatment on the soluble calcium contents in strawberry fruits.

Treatment	Total Ca ²⁺	Soluble Ca ²⁺			
		H ₂ O	NaNO ₃	HAc	HCl
ug · g ⁻¹ F.W					
Untreated	135.37±6.23	82.28±1.46	-	7.21±0.86	10.05±1.00
15% CO ₂	137.49±0.88	82.12±1.14	-	6.84±0.27	10.48±0.58

Table 31. Effect of high CO₂ treatment on the wall bound calcium contents in strawberries.

Time of examination ^z	Treatment	Ca ²⁺	Mg ²⁺
		ug · mg ⁻¹ AIS	
Harvest		3.65±0.16	0.79±0.09
Cooling	Untreated	3.77±0.26	0.74±0.06
	15% CO ₂	3.85±0.44	0.80±0.11
Ambient	Untreated	3.62±0.15	0.72±0.07
	15% CO ₂	3.94±0.19	0.86±0.01

^zCations were assayed at harvest after 12 hour exposure to ambient temperature or cooling after high CO₂ application.

생체조직의 Ca를 분석하였을 때 총 Ca양에는 처리간 차이가 인정되지 않았으며 추출용매에 따른 차이도 인정되지 않았다. 그러나 알콜불용성 성분에 대한 Ca와 Mg 이온은 처리간 다소 차이를 나타내었다. 즉, CO₂처리 조건의 조직에서 알콜불용성 성분과 결합한 Ca의 농도가 현저하지 않지만 다소 높게 나타났는데 이러한 차이가 전술한 것과 같이 세포간극의 pH변화에 기인한 것인지는 명확하지 않지만 양이온의 이동이 발생할 가능성을 보여주었다.

그러나 본 연구에서 밝혀진 매우 적은 양적인 변화가 경도의 변화를 일으키는 근본적인 원인지는 아직 명확하지 않다. 따라서 최종년도에는 이들 양이온의 동정에 대한 보다 구체적인 연구를 수행할 계획이다.

7. CO₂ 처리가 생리적 반응이 다른 ‘매향’과 ‘아끼히메’의 생리적 변화에 미치는 영향

가. CO₂처리 반응이 다른 두 품종의 생리적 차이 비교

CO₂ 처리반응에 현저한 차이를 보이는 딸기 품종을 대상으로 CO₂ 처리에 따른 생리적 변화를 조사하였다. 경도의 차이를 살펴보았을 때 수확당일부터 ‘매향’과 ‘아끼히메’ 사이에 많은 차이를 보였으며 대조구를 비교하였을 때 매향의 경도가 ‘아끼히메’에 비하여 50%이상 높은 경도 차이를 보여주었고 CO₂ 처리의 경우 더욱

현저한 차이를 보여 ‘매향’의 경도가 ‘아끼히메’에 비하여 70%이상 증가한 결과를 보였다(그림 29). 이러한 경향은 수확 후 6일까지 지속되었으며 ‘아끼히메’의 경우 CO₂ 처리 반응이 관찰되지 않은 반면 ‘매향’은 수확 후 6일까지 대조구에 비하여 높은 경도를 유지하였다. 이러한 결과는 1차년도와 유사하였다.

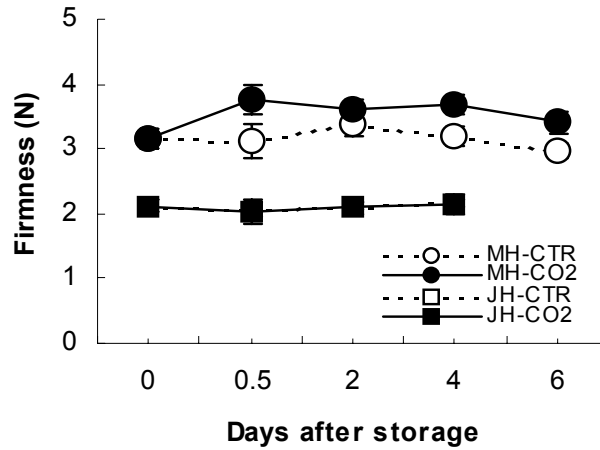


Fig 29. Effect of high CO₂ treatment on the changes of firmness in ‘Maehyang’ and ‘Akihime’ strawberries.

식물의 조직의 경도는 세포벽의 성장에 의하여 결정되므로 세포벽 성분을 조사하였다. 알콜 불용성 성분을 세포벽 성분으로 간주하였을 때 CO₂처리 직후까지는 처리간 또는 품종간 차이가 없었으나 처리 2일후부터 ‘아끼히메’의 AIS함량이 다소 높았고 ‘매향’의 경우 서서히 증가한 것으로 나타났다(그림 30). ‘아끼히메’의 경우 처리 2일에 급격한 증가를 보이고 4일에는 다시 감소하였는데 처리 4일후의 ‘아끼히메’ 과실은 이미 상품성을 상실한 수준이었기 때문에 판단되며 처리 2일후에 증가한 것은 매향과 달리 과실이 건조하였기 때문에 판단된다. 반면에 ‘매향’의 경우 AIS수준이 처리후 일수가 지날수록 서서히 증가하였는데 이는 전술한 바와 같이 처리후 일수가 경과하며 과실이 건조하였기 때문에 판단된다. 그러나 1차년도에서는 ‘아끼히메’에 비하여 ‘매향’의 AIS 수준이 다소 높은 것으로 나타났는데 이러한 차이가 재배농가사이의 관리적 차이 때문이었을 가능성도 배제할 수 없다. 즉, 수확기에 관수를 많이 한 경우 과실의 생체중이 증가하며 당도는 떨어지는 경

향을 흔히 관찰할 수 있었는데 본 연구에서 수확한 과실의 경우 동일 농가에서 구입한 것이 아니라 재배관리에서 다소 차이가 있었을 가능성이 있다. 그러나 경도는 1차년도와 유사한 결과를 보여주었다.

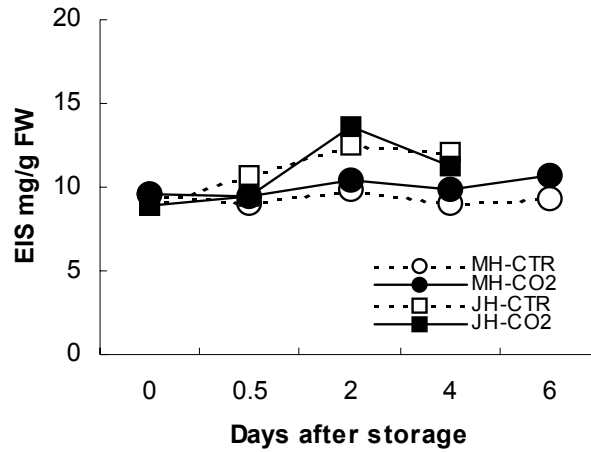


Fig. 30. Effect of high CO₂ treatment on the changes of alcohol insoluble solid contents in 'Maehyang' and 'Akihime' strawberries.

AIS로부터 분리한 세포벽 성분의 양적 변화를 조사한 결과(그림 31) 수용성 펙틴은 두 품종 모두 매우 낮은 농도로 조사되었으며 품종간 처리간 차이가 명확하지 않았다. 반면에 CDTA 및 Na₂CO₃ 용해성 펙틴은 상대적으로 높게 측정되었으며 품종간에는 CDTA 펙틴은 '아끼히메' 품종에서 다소 높았지만 Na₂CO₃ 용해성 펙틴은 '매향'에서 현저히 높게 측정되어 두 품종사이에 펙틴의 구성상 차이가 분명한 것으로 나타났다. 그러나 두 품종 모두 CO₂처리에 따른 양적 변화는 크지 않아 CO₂처리에 의한 펙틴의 구조적 변화가 명확하지 않을 가능성을 제시하였다.

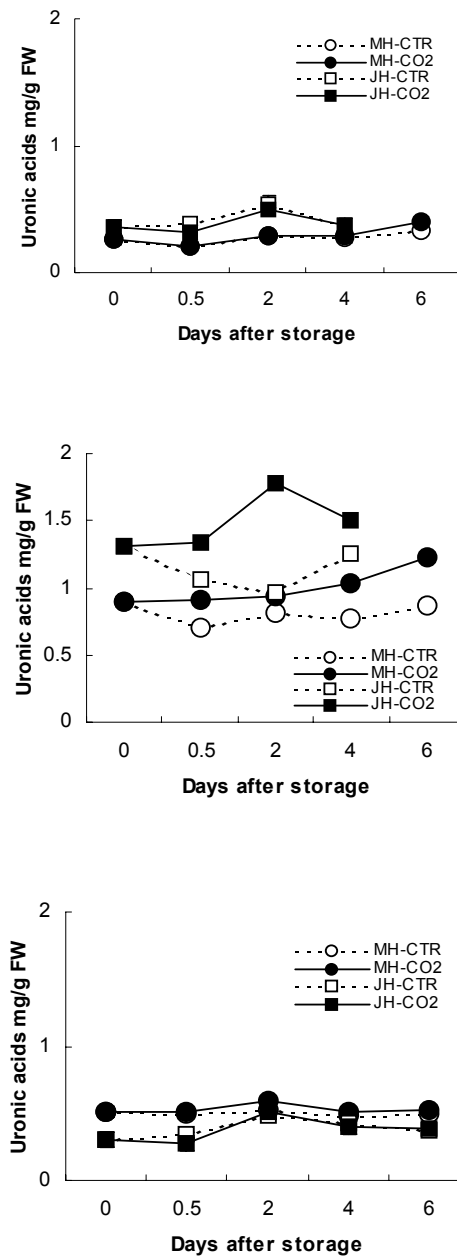


Fig. 31. Effect of high CO₂ treatment on the changes of pectins in 'Maehyang' and 'Akihime' strawberries (Top: water soluble pectins, middle: CDTA-soluble pectins, Low: Na₂CO₃ soluble pectins).

4% KOH 용해성 성분과 24% KOH 용해성 성분 모두 ‘아끼히메’ 품종보다 ‘매향’이 다소 높았다(그림 32). 이러한 각 용해성분의 양적 차이는 두 품종의 유전적 차이에서 기인된 것으로 보이지만 매향의 경우 ‘아끼히메’와 ‘토치오도메’ 품종을 양친으로 육성된 품종이므로 현격한 차이를 보이지 않을 것으로 판단된다.

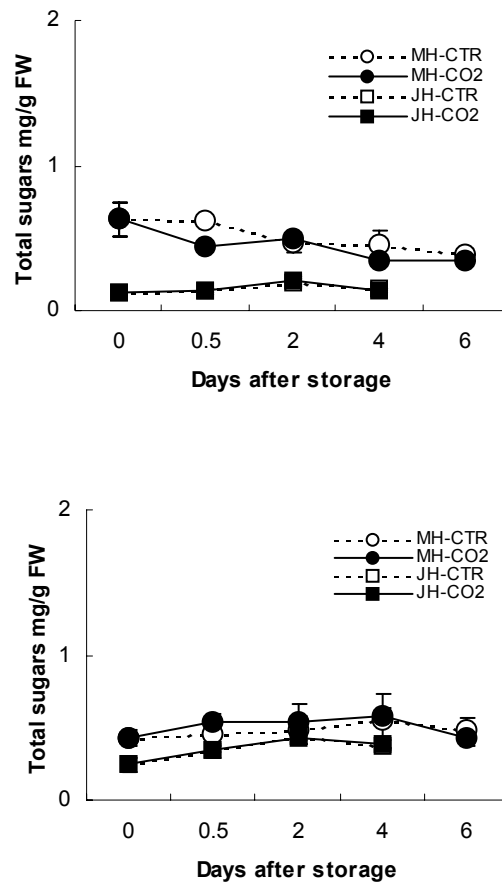


Fig. 32. Effect of high CO₂ treatment on the changes of alkali soluble fraction contents in ‘Maehyang’ and ‘Akihime’ strawberries(Top: 4% KOH soluble fraction, bottom: 24 soluble fraction).

셀룰로스의 경우 ‘아끼히메’ 품종이 ‘매향’에 비하여 다소 높은 것으로 나타났는데 이러한 결과는 1차년도와 비교하여 다소 차이를 보여주었다(그림 33). 이러한 차이가 전술한 바와 같이 재배 관리의 차이에 기인된 것인지 여부는 명확하지 않았다.

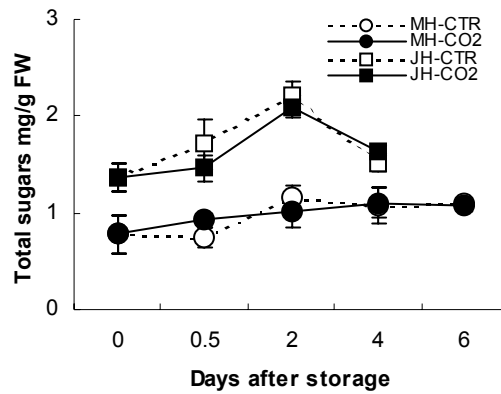


Fig. 33. Effect of high CO₂ treatment on the changes of cellulose contents in ‘Maehyang’ and ‘Akihime’ strawberries.

나. ‘매향’과 ‘아끼히메’ 품종의 CO₂ 처리에 따른 세포벽 성분의 구조적 변화

이산화탄소 처리에 의한 세포벽 성분의 분자적 변화를 살펴기 위하여 두 품종의 AIS에서 추출한 각 펙틴 성분의 분자량 분포를 살펴보았다. Ultrogel AcA 22(분획 범위 100,000-1,200,000)에서는 품종간 또는 처리간 뚜렷한 차이를 찾을 수 없어 그 결과를 제시하지 않았다. 그러나 sepharose 6B(분획범위 10,000-1,000,000)를 이용하였을 때 품종간 차이를 확인할 수 있었으며 처리간에도 다소의 분자량 변화를 확인할 수 있었다.

그림 34에서 제시한 결과는 수용성 펙틴에 대한 분획 결과로 처리당일의 경우 두 품종 모두 펙틴은 고분자에서 저분자까지 고르게 분포되어 있었다. 또한 측쇄사슬을 많이 포함한 것으로 추정되었다. 품종간에는 ‘매향’이 ‘아끼히메’에 비하여 저분자에서 고분자에 이르기까지 고르게 함유한 반면 측쇄사슬도 고르게 분포된 것으로 나타났고 반면에 ‘아끼히메’의 경우 분자량이 고르지 않으며 측쇄사슬은 비교적 고르게 포함하고 있는 것으로 판단되었다.

무처리 6일에 조사한 결과는 ‘매향’의 경우 저분자 펙틴이 다소 증가하였으나 ‘아끼히메’의 경우 이러한 변화가 관찰되지 않았고 CO₂처리에서도 유사한 경향이 관찰되었다. 따라서 수용성 펙틴의 이러한 변화는 CO₂처리에 따른 변화이기 보다는 조직의 노화에 따른 변화일 것으로 판단되었다.

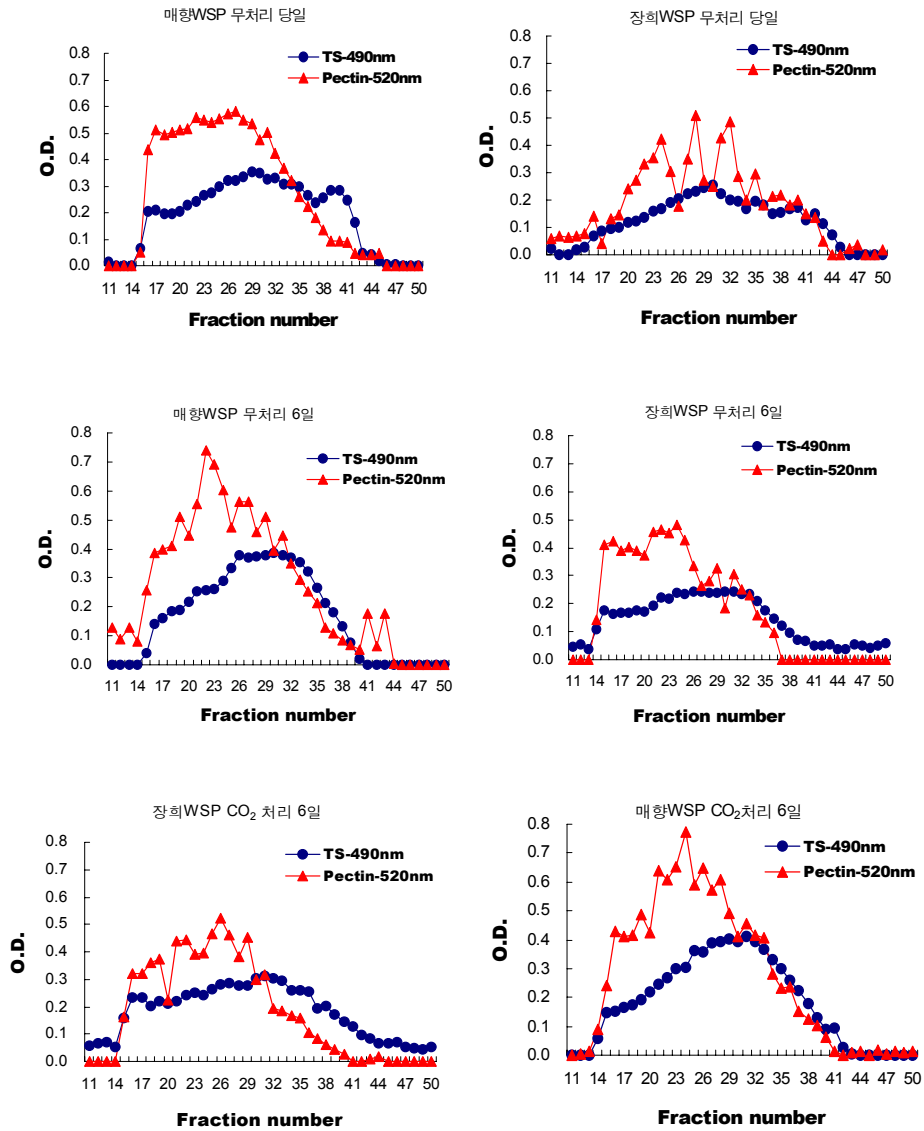


Fig. 34. Effect of high CO₂ treatment on the gel-filtration profiles of water soluble pectins in ‘Maehyan’g and ‘Akihime’ strawberries.

CDTA 용해성 펙틴의 경우 두 품종사이에 현저한 차이를 보이지 않았으며 측쇄 사슬도 적은 것으로 추정되었다. 그러나 처리간 차이가 다소 확인되었는데 ‘매향’의 경우 저분자 펙틴이 중합되어 고분자 펙틴분획으로 이동한 경향을 보였으며 ‘아키히메’도 유사한 경향이었지만 그 정도의 차이가 있었다(그림 35).

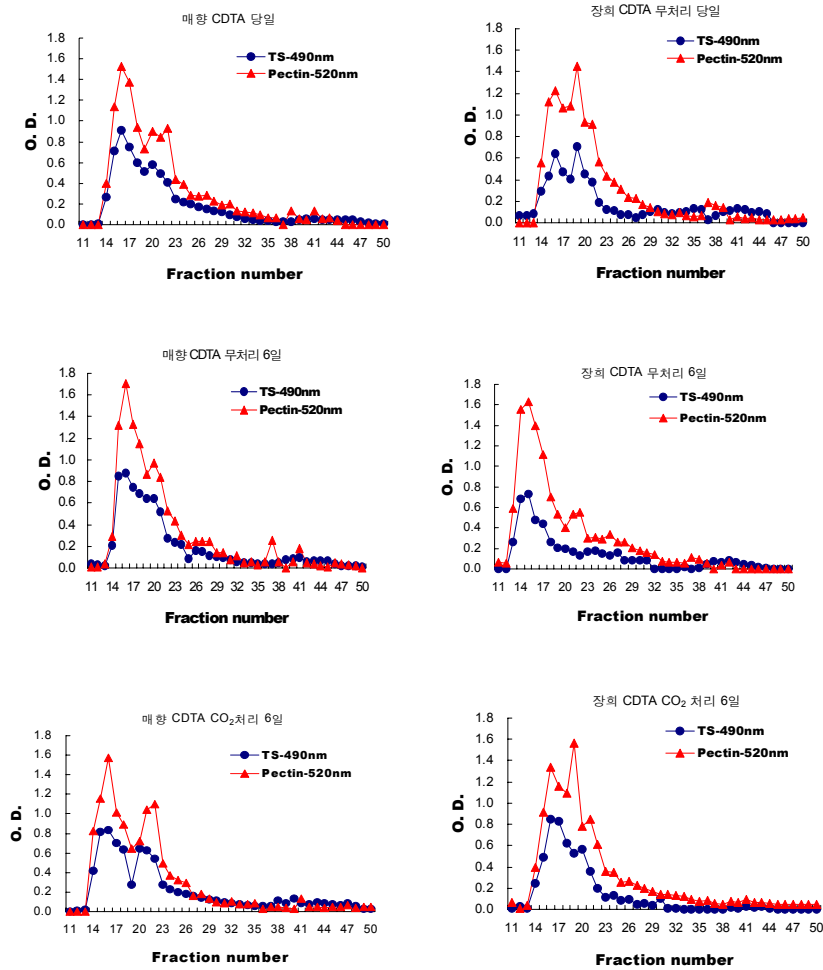


Fig. 35. Effect of high CO₂ treatment on the gel-filtration profiles of CDTA soluble pectins in ‘Maehyang’ and ‘Akihime’ strawberries.

Na_2CO_3 용해성 펙틴의 경우, 품종간 차이가 크지 않았으나 ‘매향’의 경우 분획번호 20-29사이에 펙틴분포가 다소 높게 나타났지만 ‘아끼히메’에서는 이러한 차이가 현저하지 않았다. 특히 CO_2 처리 4일 후 조사한 결과에서는 ‘매향’은 비교적 처리 전의 상태를 유지한 반면 ‘아끼히메’의 경우 저분자 분획에서 펙틴이 다소 높게 분포되었으며 미분획 펙틴의 수준이 다소 감소한 결과를 보여 이들이 저분자화된 것으로 추정되었다.

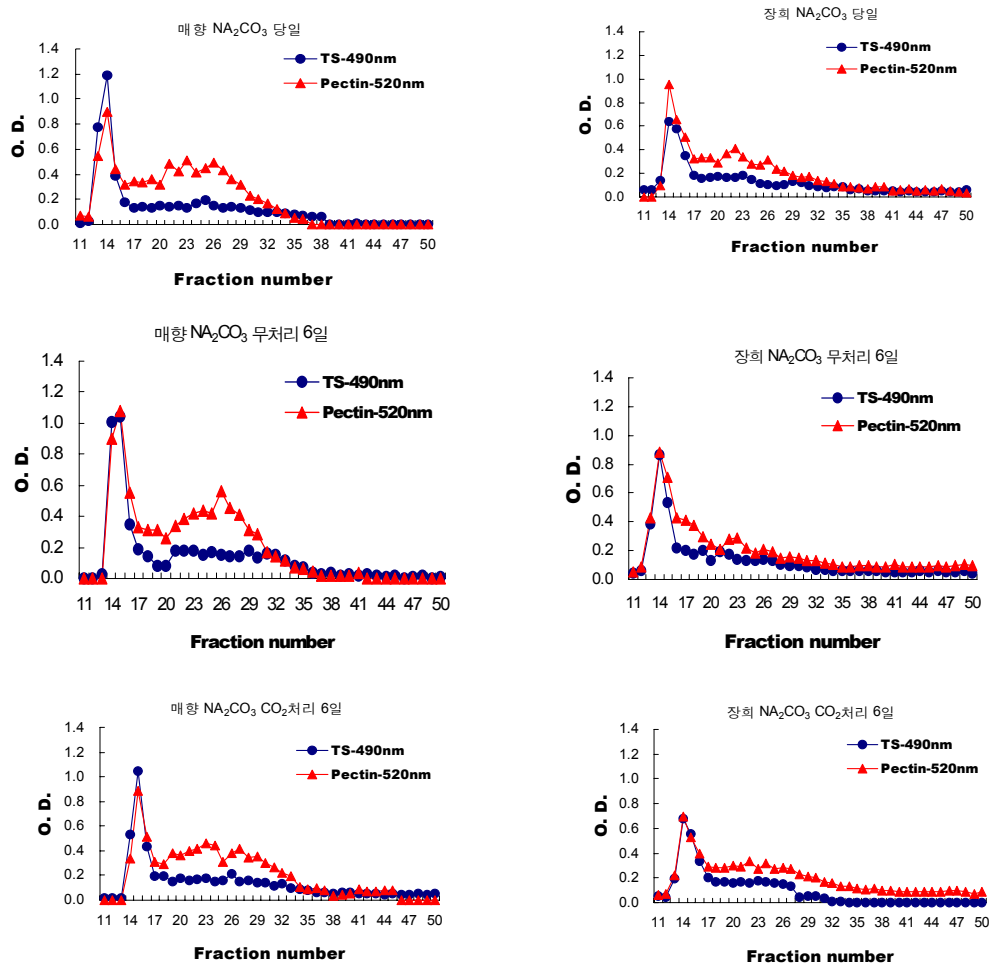


Fig. 36. Effect of high CO_2 treatment on the gel-filtration profiles of Na_2CO_3 soluble pectins in ‘Maehyang’ and ‘Akihime’ strawberries.

4% KOH 용해성 분획의 분포는 품종간 현저한 차이를 보여주었다(그림 37). ‘매향’의 경우 대부분의 분자가 미분획 peak에서 관찰된 반면 ‘아끼히메’의 경우 분획 번호 17에서 32상이 많은 양이 분포되었으며 총당을 분석한 결과에서도 ‘매향’은 측쇄사슬이 적게 분포되었지만 ‘아끼히메’의 경우 다수의 측쇄사슬을 포함하고 있는 것으로 판단되었다. 이러한 분자분포는 이산화탄소처리의 영향을 크게 받지 않았다.

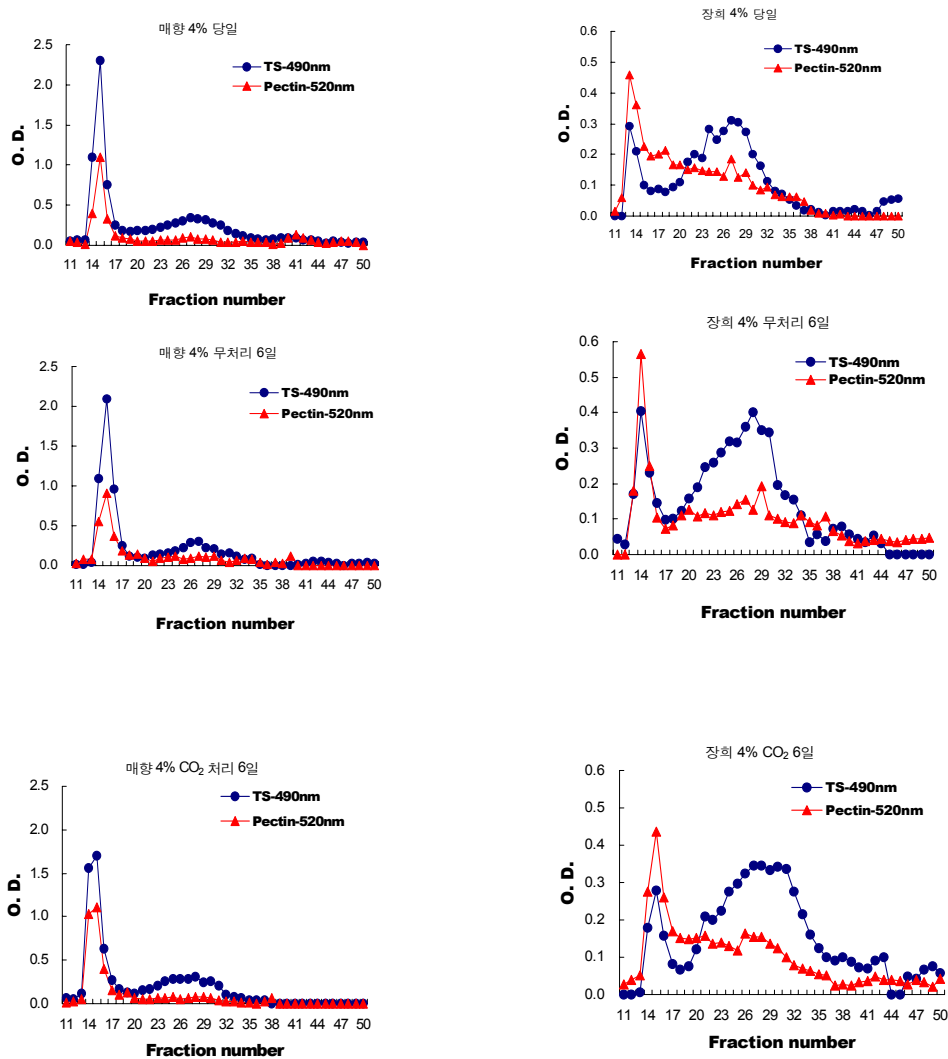


Fig. 37. Effect of high CO₂ treatment on the gel-filtration profiles of 4% KOH soluble fractions in ‘Maehyang’ and ‘Akihime’ strawberries.

대체적으로 4% KOH 용해성 성분은 펙틴 중 hemicellulose와 결합한 분획을 나타내는데(그림 38) 이러한 관점에서 볼 때 두 품종사이의 차이는 펙틴 중 헤미셀룰로스와 연계된 분획에서 구조적 차이를 보인 것으로 판단된다. 그러나 이 분획의 성분이 경도에 어떠한 영향을 미치는 것인지는 명확하지 않다.

24% KOH 용해성 성분은 hemicellulose로 간주되는데 품종간 또는 처리간 차이를 살펴보았을 때 다른 분획에 비하여 차이가 적어 헤미셀룰로스는 품종간 차이를 보이지 않으며 이산화탄소 처리의 영향을 거의 받지 않는 것으로 추정되었다(그림 38).

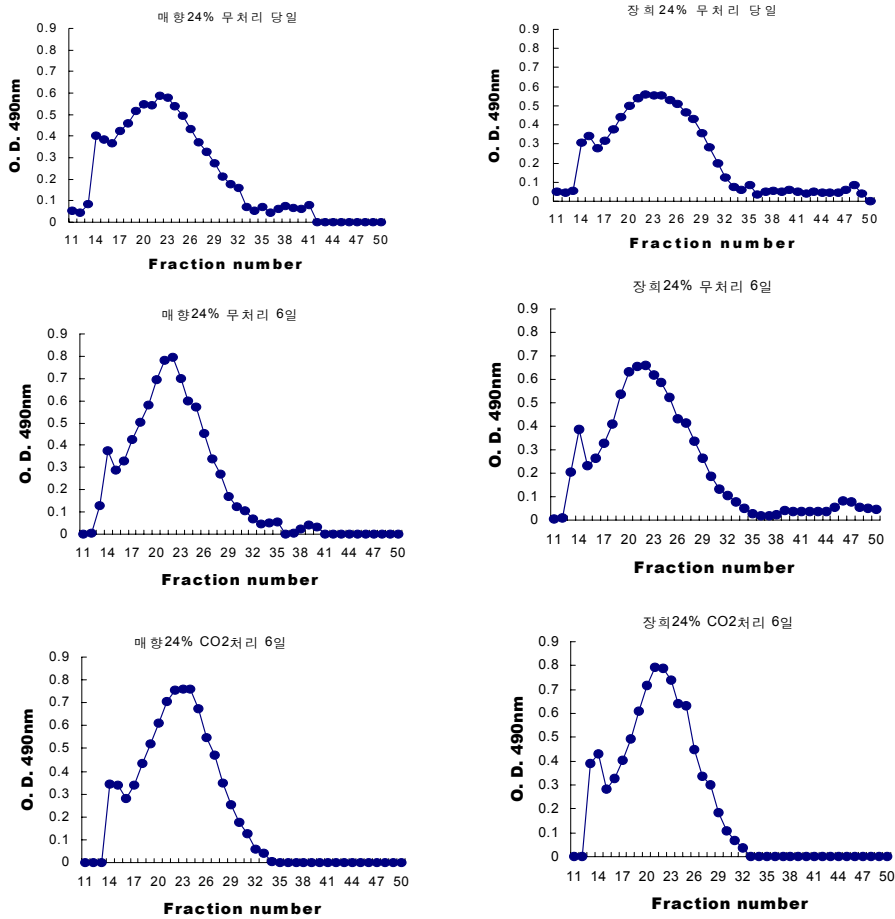


Fig. 38. Effect of high CO₂ treatment on the gel-filtration profiles of 24% KOH soluble pectins in 'Maehyang' and 'Akihime' strawberries.

식물 조직의 경도는 펙틴의 용해성과 밀접한 관련이 있으며 조직의 노화와 더불어 구조적 차이를 보이지 않는 경우에도 용해성 증가가 일반적으로 관찰되는 것으로 밝혀져 있다. 본 연구에서 이산화탄소 처리에 따른 경도 증가 반응에 많은 차이를 보이는 두 품종의 딸기에 대한 펙틴과 헤미셀룰로스의 구조적 변화를 분자량 변화 측면에서 관찰하였을 때 Na_2CO_3 용해성 분획의 차이를 제외하고는 현저한 차이를 보이지 않아 CO_2 처리가 딸기 펙틴의 전반적인 변화를 유도하는 것이 아니고 특정 분획의 변화를 유도하기 때문으로 추정할 수 있다.

1차년도에서 β -galactosidase 변화를 조사하였을 때 특징적인 차이를 확인할 수 없어 CO_2 처리에 따른 경도변화는 효소적 작용보다 비효소적 작용일 가능성을 제시한 바 있다. 2차년도 연구 결과에서 품종간 펙틴의 부분적 차이와 CO_2 처리 반응에 따른 미세한 변화가 관찰되어 이러한 변화를 경도 변화와 연관시켜 해석할 수 있는 가능성에 대한 보다 구체적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

II. 실용적 CO_2 처리 방안

이산화탄소 처리는 수확한 딸기 과실의 경도를 증진시키는 물론 부패를 지연시키므로 수확 후 처리의 유용한 수단으로 간주되고 있다. 해외의 경우 냉각시킨 과실을 파레트에 적재하고 plastic film으로 포장한 다음 포장내부에 CO_2 농도가 20%내외가 되도록 주입하여 수송하는 방식을 취하고 있으나 국내 딸기 재배지역의 실정을 고려할 때 생산농가로부터 선별장으로 수송하여 시간과 작업시간을 고려할 때 당일에 모든 처리를 마칠 수 없기 때문에 해외의 방식을 도입하기 어려운 점이 있다. 본 연구에서는 이러한 국내 딸기 생산지 실정을 고려하고 작업인부의 작업능력을 고려할 때 생산한 딸기의 수집시간이 대체적으로 오후에 해당되므로 냉각과 더불어 CO_2 처리를 병행하는 처리 체계에 대한 가능성을 검토하였다.

CO_2 처리는 가스분배로부터 직접 냉각실로 투입하였으며 이 때 냉각실의 CO_2 농도를 휴대용 가스 분석기를 통하여 조사하였다. 가스분배의 가스 투입량을 최대로 하였을 때 약 15분 후 5평 규모의 냉각실의 CO_2 농도는 16%에 도달하였다. 이후 가스 투입을 중단하였을 때 CO_2 농도는 서서히 감소되기 시작하였는데 16%에서 15% 농도까지 감소하는데 약 40분이 소요되었다. 본 연구를 수행한 냉각실의 경우 밀폐도가 낮아 투입한 가스농도가 비교적 빨리 감소되는 경향을 보여주었다(그림 39).

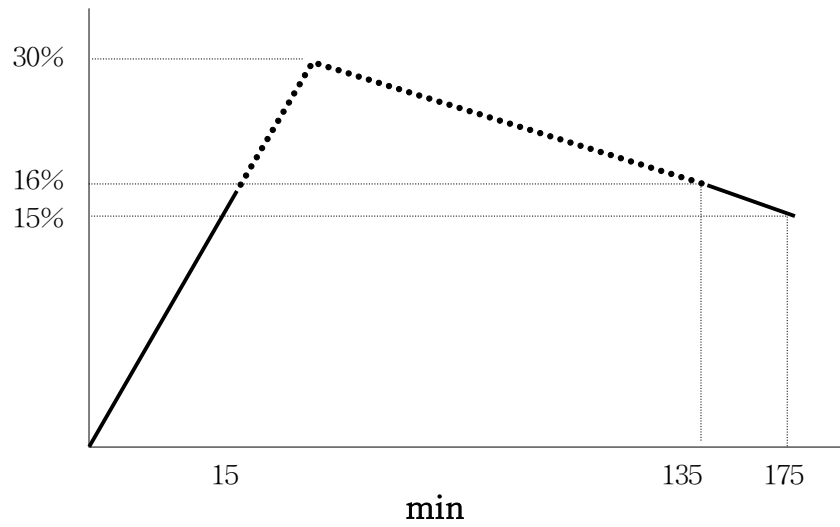


Fig. 39. Changes of CO₂ concentration in cooling room after input of CO₂. The CO₂ contents above 16% were calculated by the amount of input volume.

이러한 문제점을 보완하기 위하여 냉각실에 투입한 CO₂를 목표농도 30%로 투입한 다음 CO₂공급을 중단하고 15% 이상의 농도에 노출된 시간을 산출하였을 때 조건에 따라 1.5내지 2시간 정도 목표농도 이상의 CO₂에 과실을 노출시킬 수 있었다. 본 연구에서 처리한 방식을 수확 후 처리장에 사업적 규모로 적용하였다. 이 경우 냉각실의 과실을 5℃에 도달한 다음 CO₂를 투입하였으며 목표 농도, 15% 이상의 CO₂환경에 2시간 이상 노출시키고 CO₂ 투입을 중단하였으며 과실은 냉각실에 다음날 아침까지 보관하였다(약 12시간 경과).

상업적 규모로 처리한 딸기 과실의 품질을 조사하였을 때(표 32), CO₂처리에 의한 경도 증진 효과는 성숙상태에 관계없이 인정되었다. 외관 등 관능적 품질을 비교하였을 때에도 CO₂처리에 의한 부정적 영향이 관찰되지 않았다.

Table 32. Effect of high CO₂ treatment on the firmness, soluble solids and acidity between harvest maturity in strawberries.

Time of examination	Harvest maturity	Firmness(kg)	Solids(Brix)	Acid(%)
Harvest	Optimum	0.45±0.08	8.6±0.3	0.63±0.01
	Full ripe	0.43±0.07	9.3±0.2	0.65±0.01
CO ₂ treatment	Untreated (Optimum)	0.46±0.16	8.6±0.2	0.67±0.01
	Optimum	0.60±0.10	8.5±0.5	0.71±0.07
After 12 hrs	Full ripe	0.57±0.11	8.7±0.7	0.64±0.01

(Note)Data were collected in commercial field

이러한 결과를 바탕으로 실용적인 적용 가능성을 살피기 위하여 2차 실험을 실시하였다(표 33). 2차 실험에서는 모의 대일본 수출과정을 부여한 다음 상온 판매 조건에서의 품질 변화를 추적하였다.

Table 33. Effect of high CO₂ treatment on the quality of strawberry fruit during simulated shipment

Time of examination ^z	Harvest maturity	Firmness(kg)	Solids(°Brix)	Acid(%)
Harvest	Optimum	0.56±0.13	9.2±1.4	0.67±0.10
	Full ripe	0.53±0.13	10.5±0.3	0.67±0.01
CO ₂ treatment	Optimum	0.62±0.17	9.0±0.2	0.63±0.05
	Full ripe	0.64±0.07	8.4±0.3	0.65±0.00
3°C, 3 day storage (shipment)	Untreated (Optimum)	0.60±0.15	9.2±0.0	0.54±0.00
	Full ripe	0.67±0.03	9.5±0.4	0.64±0.06
	Over ripe	0.55±0.01	8.7±0.4	0.63±0.13

^zFruit were treated for 2 hours and stored for 3 days at 3°C in a small container similar to shipping container. Harvest maturity of fruit were determined by coloration(Optimum: 80-85% colored, full ripe: 90% colored, over-ripe; 100% colored)

모의 수송을 마친 단계까지 CO₂ 처리 과실은 같은 속도의 무처리 과실에 비하여 높은 경도를 유지하고 있었고 외관 등 관능품질도 우수하였다.

3차 실험에서는 과실의 속도를 3단계로 구분하였고 1, 2차 실험과 유사한 실증실험을 실시하였다. 과실 속도를 3단계로 구분하여 미숙은 70-80% 착색, 적숙은 80-90% 착색, 완숙은 90%이상 착색과로 구분하여 처리를 마친 다음 모의 수송조건을 부여하였다.

과실의 hue angle값은 전반적으로 속도가 진행될수록 낮은 결과를 보였으며 처리 후 일수가 경과할수록 감소하는 경향을 보여 과실의 착색이 점진적으로 진행되는 것으로 나타났다.

Table 34. Effect of high CO₂ treatment on the changes of strawberry fruit quality during simulated export.

Time of examination	Maturity	Color (hue angle)	Firmness(kg)	Solids(°Brix)	Acid(%)
Harvest	Untreated (Optimum)	47.9±3.9	0.54±0.03	10.3±0.2	0.77±0.03
	Immature	51.6±3.7	0.62±0.07	9.8±0.2	0.67±0.02
	Optimum	40.7±2.4	0.45±0.06	10.2±0.1	0.56±0.01
	Full ripe	36.6±2.6	0.44±0.03	10.1±0.0	0.53±0.02
CO ₂ treatment (24 hrs)	Untreated(24h)	45.8±4.2	0.58±0.07	10.1±0.1	0.89±0.05
	Immature	47.4±2.7	0.64±0.07	10.2±0.1	0.62±0.03
	Optimum	44.6±2.8	0.58±0.08	10.7±0.1	0.61±0.02
	Full ripe	35.3±2.3	0.47±0.05	10.3±0.3	0.53±0.01
Shipment (3d ays)	Immature	39.9±3.1	0.65±0.05	9.4±0.1	0.62±0.03
	Optimum	36.4±2.5	0.61±0.09	11.4±0.8	0.62±0.02
	Full ripe	32.4±3.3	0.49±0.06	10.0±0.4	0.53±0.01
Ambient (1 day)	Immature	34.7±3.6	0.47±0.07	9.8±0.1	0.70±0.03
	Optimum	37.9±2.6	0.49±0.04	10.1±0.1	0.65±0.01
	Full ripe	33.5±2.7	0.50±0.05	10.3±0.2	0.55±0.02
Ambient (2 day)	Immature	36.7±3.6	0.49±0.05	10.5±0.2	0.66±0.01
	Optimum	32.1±4.2	0.44±0.03	9.9±0.1	0.60±0.01
	Full ripe	28.7±2.8	0.43±0.06	10.0±0.1	0.50±0.02

과실 경도는 전술한 바와 같이 CO₂처리에 의하여 속도에 관계없이 명확히 증가한 결과를 보였으며 경도 증진 효과는 모의 수송 3일 후 상온에 노출시킨 1일까지 유지되었다. 그러나 상온 노출 2일에는 수확당시에 비하여 전반적으로 경도가 낮아진 결과를 보였다. 본 연구는 농가현장에서 실험을 수행하였으므로 대조구의 과실을 검토할 수 없었는데 수확당시의 경도와 비교하였을 때 CO₂처리 잔류효과는 모의수송기간 또는 그 이후 상온에서 판매되는 조건에서도 어느 정도 유지될 것으로 기대되었다.

수확한 딸기 과실의 품질을 크게 저하시키는 것은 수확, 선별, 포장 등의 작업과정에서 받은 과피의 상처부위가 변색되거나 부패하는 것으로 알려져 있어 각 모의 수출단계에서 받은 손상부위의 변화를 조사하였다(표 34).

선별, 포장을 마친 과실을 대상으로 모의 수송조건을 부여하였을 때 CO₂ 처리단계까지는 물리적 손상에 따른 관능적 품질저하가 관찰되지 않았으나 모의 수송 3일 후에는 모든 속도의 과실에서 다소간 손상부위가 명확히 들어나는 과실이 관찰되었다(표 35). 그 정도는 수확당시의 속도에 따라 차이가 있어 완숙한 과실의 경우 20.6%의 과실에서 상품가치가 크게 저하된 것으로 나타났다. 그러나 적숙 또는 완숙한 과실의 경우 상품성 저하가 심하지 않았지만 다소 저하된 과실의 비율이 증가하였다. 이러한 차이는 수확당시 속도의 영향을 크게 받는 것으로 판단되었다.

이러한 결과를 고려할 때 '매향'의 경우 수확당시의 속도 및 수확 후 관리의 적정성 여부에 따라 수출은 물론 국내 유통에서 일정기간 출하조절이 가능할 것으로 판단된다.

Table 35. Effect of high CO₂ treatment on the physical injury of strawberry fruit during simulated export.

Time of examination	Harvest maturity	Sound	Damaged ^z		
			Slight	Medium	Severe
				(%)	
Harvest	Immature	100.0	-	-	-
	Optimum	100.0	-	-	-
	Full ripe	100.0	-	-	-
CO ₂ Treatment (12 hrs)	Immature	100.0	-	-	-
	Optimum	100.0	-	-	-
	Full ripe	100.0	-	-	-
Simulated transport (3 days)	Immature	99.3	0.5	-	0.2
	Optimum	64.0	23.1	11.4	1.5
	Full ripe	26.6	19.4	37.2	16.8
Ambient (1 day)	Immature	81.8	9.5	8.7	-
	Optimum	86.1	8.5	1.5	3.9
	Full ripe	48.7	23.6	22.3	5.4
Ambient (2 days)	Immature	48.4	25.3	18.2	8.1
	Optimum	38.4	21.3	35.5	4.8
	Full ripe	10.3	9.2	37.0	43.5

^zPhysical damage were determined by the degree of surface discoloration in the range from slight (full market quality), medium (slight loss of market quality), and severe (loss of market quality). Samples were randomly collected in the packing house 2kg box per treatment. All fruit were examined without replication.

제4장 ‘매향’을 포함한 딸기 품종의 분자학적 선별기술 개발

제1절 서 언

딸기는 유전적으로 매우 다양한 특성을 지닌 과채류로 2배체에서 8배체까지 복잡한 분화양상을 보인다. 현재 재배되고 있는 대과성 딸기는 *Fragaria virginiana* 와 *F. chiloensis*의 교잡종에서 유래되었으며 대과종은 후자에서 비롯되었다. 대과종 딸기가 재배되기 시작한 것은 19세기 중엽이후로 딸기재배는 다른 작물에 비하여 비교적 짧은 역사를 지닌다(Galletta와 Bringhurst, 1990). 딸기는 유전조성이 복잡하고 영양번식에 의존하기 때문에 육묘과정에서 유사 품종 또는 상이한 품종이 혼입되어 육묘업체와 생산농가 사이에 분쟁이 발생하는 경우가 종종 있다. 육안으로 생육차이를 관찰하여 서로 다른 품종을 식별하는 것이 가능하지만 생육조건 또는 작물의 영양 상태에 따라 품종 고유의 특성이 나타나지 않을 경우 이를 정확하게 구별하는 것이 어려운 경우가 흔하므로 보다 객관적이고 구체적인 구분 방안을 마련할 필요가 있다. 최근 분자학적 기술에 의하여 영양 번식하는 작물의 품종 식별은 물론 근연종을 구분하는 기술이 널리 확립되고 있으므로 이러한 분자학적 기술을 이용하여 현재 국내에서 도입되어 이용되고 있거나 재배되는 품종 식별 방안을 모색하고자 하였다.

최근 국내에서 육성된 딸기 품종의 상업적 재배가능성이 제시되고 있고 또한 앞으로 육성될 품종을 차별화하고 이를 보호하기 위해서 품종식별기법의 개발은 더욱 필요한 실정이다.

딸기에서 추출한 DNA은 이물질(polysaccharides)이 혼입되어 있을 때 정확한 결과를 판독하지 어려운 점이 있어 본 연구에서는 DNA 추출 및 정제기법 확립과 재연성있는 RAPD 결과를 얻을 수 있는 실험 방법과 조건을 확립하고자 하였으며 본 연구에서 개발된 기법을 통하여 국내에서 재배되거나 보유하고 있는 ‘매향’을 비롯한 10개의 품종을 식별할 수 있는 기술을 개발하고자 하였다.

제2절 재료 및 방법

1. DNA 추출

딸기의 잎과 열매의 꽃받침에서 DNA를 추출하고, 딸기 조직에 축적된 높은 농도의 전분을 제거하여 DNA의 순도를 높인 다음 실험에 이용하였다. 관행적인 방법에 의하여 추출한 경우 증폭된 DNA가 명확하게 구분되지 않고 끌리는 현상이 관찰되어 추출한 DNA를 정제하는 방법을 개선하고자 하였다.

2. RAPD (Rapid Amplified Polymorphic DNA)를 위한 PCR 조건

재연성과 정확성이 높은 PCR 조건을 확립하여 딸기 품종식별에 있어 안정적인 조건을 밝히고자 하였다.

가. RAPD에 사용한 primers

Omega회사에서 총 178개의 10mer primer를 구입하여 이를 품종 식별에 사용 가능한지 여부를 확인하여 품종 선별에 유용한 최적의 primer 5개를 선별하여 PCR에 사용하였다.

나. RAPD를 통한 품종식별

국내 육성 품종인 ‘매향’을 포함한 총 10개의 품종 (‘아끼히메’, ‘도치오미네’, ‘시치노카’, ‘레드펠’, ‘도치오도매’, ‘아스카라바’, ‘도요노카’, ‘여봉’, ‘수홍’)을 대상으로 본 연구에서 선별되고 개선된 RAPD기술을 이용하여 이들 품종 식별이 가능한지 여부를 확인하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. Genomic DNA 추출 및 정제 기술 확립

가. 딸기 DNA 추출 및 정제

다른 식물 즉 벼나 옥수수 등 일반 작물에서 사용하는 urea를 사용하여 phenol/chloroform을 이용한 DNA 추출 방식을 사용하여 딸기의 잎이나 과실의 꽃받침으로 DNA를 추출하였을 경우에는 RAPD pcr을 통해서 DNA가 뚜렷하게 형성되지 않고 전체적으로 끌리는 현상이 나타났다. 그림 1은 전형적인 urea를 detergent로 사용하여 phenol/chloroform으로 DNA를 추출하여 RAPD pcr를 한 결과를 전기영동을 통하여 agarose gel상에서 보여 주고 있다.

4개의 품종을 대상으로 검토하였을 때 ‘아스카바라’(A), ‘아끼히메’(B), ‘레드필’(C), ‘여봉’(D)을 urea를 사용한 phenol/chloroform을 이용하여 DNA를 추출하여 RAPD pcr을 실시한 결과이다(그림 40). 뚜렷하게 증폭되는 DNA가 거의 없이 전체적으로 끌리는 현상(smear)이 나타나 명확한 결과를 보여주지 않았다.

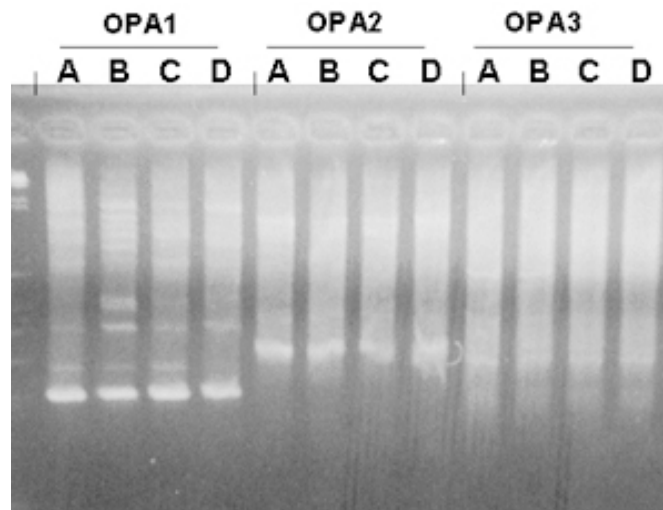


Fig. 40. Results of RAPD analysis using less purified genomic DNA.

PCR이 실패한 주 원인으로 딸기의 잎에 축적되어 있는 높은 농도의 polysaccharide가 DNA와 함께 침전되어 pcr에 지장을 주는 것으로 사료되었다. 따라서 잎을 마쇄하면서 같이 용해되어 나오는 polysaccharide를 제거하기 위하여 CTAB 추출방법을 이용했다. 즉, 액체질소를 이용하여 약 0.5 그램의 잎 조직을 분쇄한 후 약 10ml CTAB 용액을 첨가한 후 65°C에서 60분간 incubation 시킨다. 이렇게 열처리된 용액을 phenol/chloroform과 chloroform 추출 과정을 거치게 한다. DNA는 isopropanol를 통하여 침전시킨 후 TE를 이용하여 용해시킨다. 용해된 DNA에 다시 CTAB를 첨가하여 65°C에서의 열처리, phenol/chloroform, chloroform, 그리고 ethanol 침전을 2번 반복한다. 따라서 총 3번의 CTAB 추출 방법을 통한 후 DNA 양을 정량하여 이를 PCR에 이용하였다. CTAB 용액은 1.4M NaCl, 200mM EDTA, 3% CTAB, 1% BME 으로 구성되었다.

나. 재연성있는 PCR 조건 확립

다양한 조건에서 PCR를 수행한 결과 가장 재연성이 높은 PCR cycling의 조건은 다음과 같다. 1 cycle 94°C 5 min, 35 cycles (94°C 40 sec, 48°C 2 min, 72°C 2 min), 1 cycle 72°C 7min이 가장 재연성이 높은 PCR 조건으로 선발되었다. PCR volume을 25ul로 하였고 Taq Polymerase (1 unit/reaction)는 Takara회사에서 구입한 것을 사용하였다. MgCl₂의 농도는 2.5mM으로 고정시켰으며 primer에 따라 고농도(3.0mM)를 사용하기도 하였다. PCR product는 3.0% agarose gel상에서 정기영동을 실시한 후 EtBr로 염색하였다.

그림 41은 그림 40과 같은 품종의 잎에서 3번의 CTAB 추출을 통해 얻은 DNA를 template로 하여 위에 기술한 PCR 조건으로 실시하여 얻은 결과이다. 그림 1과 비교도 되지 않을 만큼의 뛰어나게 특정 DNA 들이 증폭된 것을 볼 수 있다.

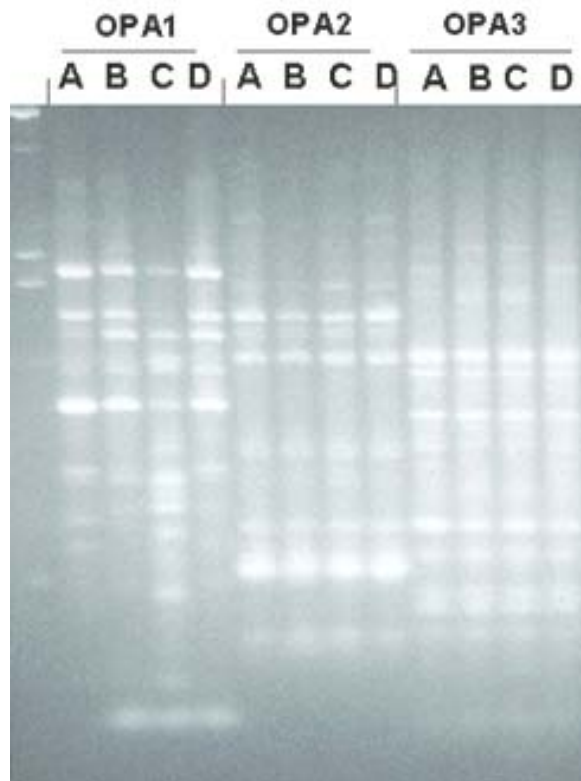


Fig. 41. Result of RAPD analysis through DNA template extracted by the improved method developed in this experiment.

또한 PCR한 결과 독특한 특정 DNA들이 생성되었다. 본 연구를 통하여 확립된 DNA 추출방법과 PCR 조건으로 품종간 polymorphism을 관찰할 수 있게 되었다.

다. 우수 primer 선발

주어진 DNA template와 PCR 조건 하에서 딸기 품종 간에 변이를 보여 주는 primer를 선발하고자 Omega회사에서 구입된 178개의 10mer primer를 본 실험에 사용하였다.

다음은 본 실험에 사용한 primer이다.

OPA1,2,3,10,B1,2,3,4,5,C1,2,3,4,5,D1,2,3,4,5,H1,2,3,4,5,G1,2,3,4,5,I1,2,3,4,5,J1,2,3,4,5,K1,2,3,4,5,L1,2,3,4,5,M1,2,3,4,N1,2,3,4,O1,2,3,4,5,P2,3,4,5,Q1,2,3,4,5,R1,4,5,S1,2,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,T3,4,5,U1,2,3,4,5,V1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,18,19,20,W1,2,3,5,7,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,X1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,X16,17,19,20,Y1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, Z1,2,3,4,5,6,7,8,9,10. (이상 178개의 primer)

품종간의 polymorphism이 나타나는지를 알기 위한 primer screen 작업으로 ‘레드필’, ‘아스카바라’, ‘여봉’ 혹은 ‘레드필’과 ‘아스카바라’ genomic DNA를 이용하여 PCR를 실시하였다. 그림 3은 ‘레드필’, ‘아스카바라’, ‘여봉’을 한 set로 하여 딸기 genomic DNA에서 polymorphism이 관찰되는 지를 실험한 결과의 일부를 보여 주고 있다. 그림 4는 ‘레드필’과 ‘아스카바라’ genomic DNA를 template로 하여 PCR를 실시하여 어느 primer에서 polymorphism이 관찰되는 지를 실험한 결과의 일부이다.

확립된 DNA 추출방법과 PCR 조건하에서 딸기 품종간의 polymorphism을 보여주는 primer를 선별하기 위해서 총 178개의 primer를 이용하여 2개 혹은 3개의 딸기 품종을 이용하여 RAPD를 실시하였다. 본 그림과 같이 ‘레드필’(A), ‘아스카바라’(B), ‘여봉’(C)을 이용하여 3개의 품종 간에 polymorphism이 관찰될 수 있는 primer를 선별하였거나(그림 42) 두 품종, ‘레드필’(A)과 ‘아스카바라’(B)를 대상으로(그림 43) polymorphism band를 관찰하여 품종 식별에 적절한 primer를 선별하는 선별 과정을 보여주고 있다.

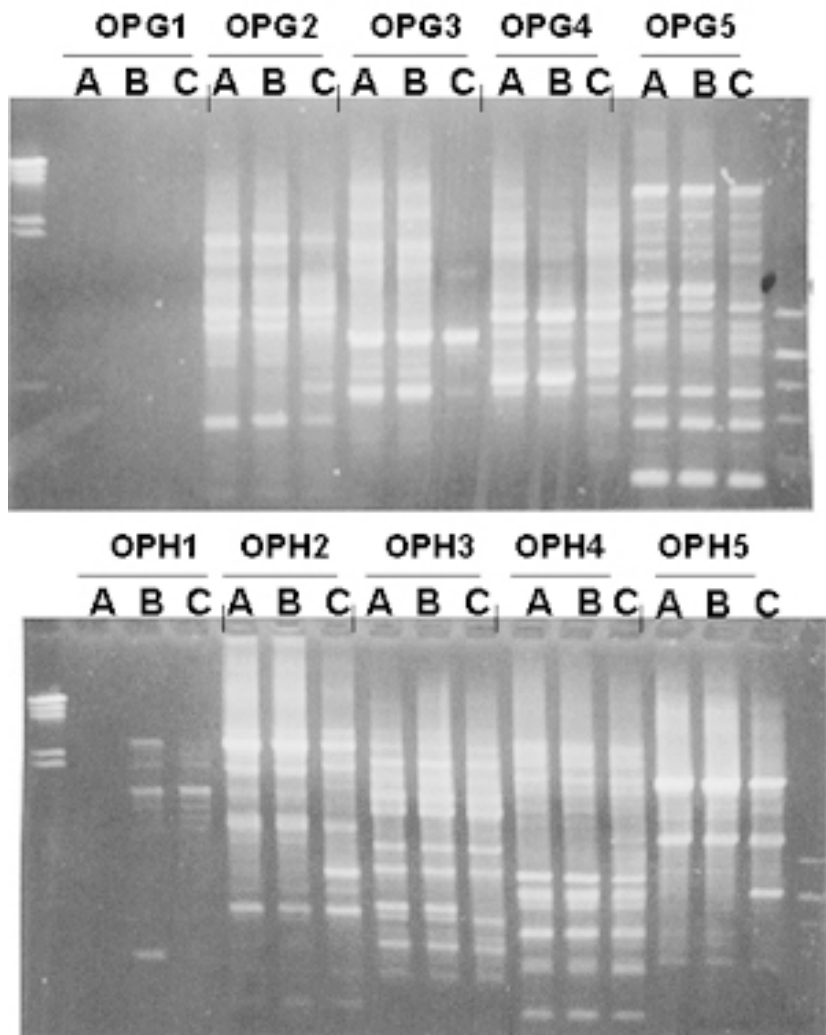


Fig. 42. Mass RAPD analysis for the selection of optimum primer I.

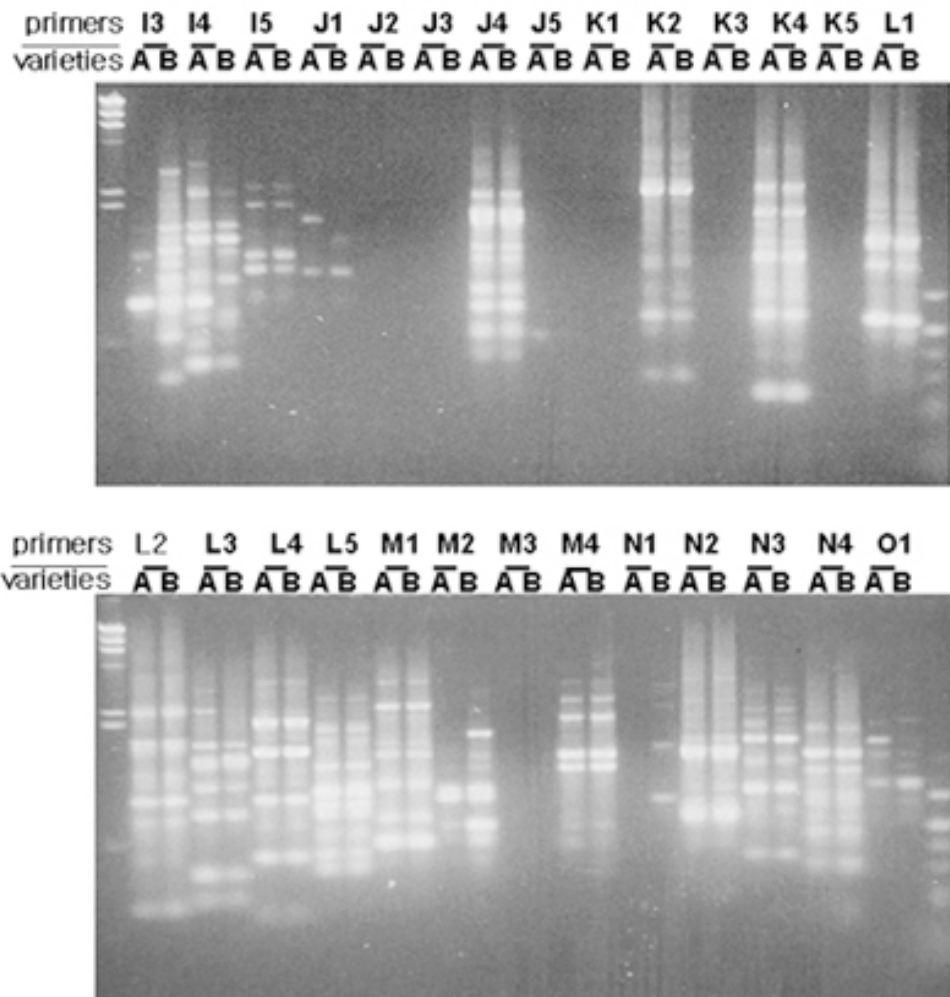


Fig. 43. Mass RAPD analysis for the selection of optimum primer II.

2. 표준 primers 선발을 위한 RAPD 결과

총 178개의 primer 중에 현재 161개의 primer에 대한 선발이 끝났다. 이들을 3가지 class로 나눌 수 있는데 2개나 3개의 품종 간에 한 개 이상의 DNA polymorphism을 보이는 것, polymorphism이 없는 것, 그리고 PCR product가 나오지 않는 것 등으로 나누었다. 표 36은 161개의 primer에 대해 분류한 것을 나타내

고 있다. 이렇게 선발된 primer는 제 2차년도에 다시 실험하여 여러 품종 간에 가장 다양한 polymorphic한 DNA를 생산하는 primer를 선발하여 표준 primer로 사용하였다.

Table 36. Classification of primers using in RAPD and PCR products.

Class	Name of primer
Polymorphism	X,A1,A10,A13,B1,B5,C1,H2,H3,H4,H5,G2,G3,G4,G5,I1,I2,I4,J1,M2,O1,O2,U5,V1,V2,V6,W1,W3,W11,W16,X3,X4,X6,Y3,Z6,Z12(35) (Primers showing multi-polymorphism)
No Polymorphism	A2,A3,D4,I3,I5,J4,K2,K4,L1,L2,L3,L4,L5,M1,M4,N2,N3,N4,O5,S1,S5,S7,S9,S11,S13,S15,S17,S19,U2,V4,V7,V10,V12,V14,V15,V16,V18,V19,V20,W5,W7,W9,W10,W13,W15,W18,W19,W20,X1,X2,X7,X14,X17,X19,Y1,Y2,Y4,Y5,Y6, Z1, Z3, Z9, Z11, Z13, Z17, Z18, Z19, (66)
No Product	B2,B3,B4,C2,C3,C4,C5,D1,D2,D3,D5,H1,G1,J2,J3,J5,K1,K3,K5,M3,N1,O3,O4,S2,S4,S6,S8,S10,S12,S14,S16,S18,S20,T3,T4,T5,U1,U3,U4,V3,V5,V8,V9,V11,V13,W2,W12,W14,W17,X5,X8,X9,X10,X15,X16,X20,Z8, Z14, Z15, Z16 (60)

선별된 primer를 이용하여 각각의 primer별로 나타난 DNA product에 따른 품종관별 결과를 기술한 것이다.

가. Primer OPB5를 통한 딸기 품종간의 polymorphism 비교

Primer OPB5을 이용하여 10개의 딸기 품종에서 추출한 DNA를 template로 사용하여 PCR를 실시하였다. PCR product 중에 1.3kb, 1.15kb, 0.85kb, 그리고 0.4kb의 크기의 DNA를 품종간 구별에 사용하였다(그림 44의 화살표). 이들 PCR product band는 재현성이 높으며 각 품종간에 차이를 나타냈다. 따라서 각각의 DNA band가 marker로 사용될 수 있었다.

B5-1.3kb는 ‘도치오미네’와 ‘도치오도매’ 품종에서만 band가 나타났으며 B5-1.15kb

는 ‘아스카라바’에는 나타나지 않은 band가 나머지 9품종에는 같은 크기의 band가 관찰되었다. B5-0.87kb는 ‘도요노카’를 제외한 모든 품종에서 band가 나타나지만 B5-0.4kb는 ‘아끼히메’, ‘시치노카’, ‘아스카라바’ 그리고 ‘수홍’에는 band가 존재하지 않으나 같은 크기의 band가 나머지 품종에서는 관찰되었다.

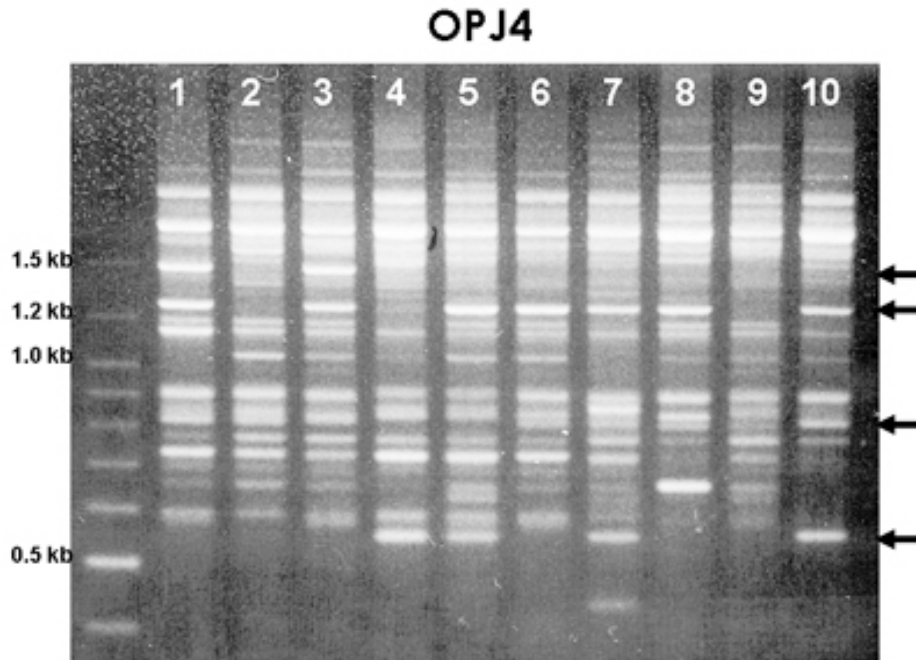


Fig. 44. Polymorphism between strawberry cultivars using Primer OPB5.

Primer OPB5을 이용하여 10개의 딸기 품종에서 추출한 DNA를 template로 사용하여 PCR를 실시하였다. PCR product 중에 1.3 kb, 1.15kb, 0.87kb, 그리고 0.4kb의 크기의 DNA를 품종간 구별에 사용하였다. 각 lane의 품종은 1. ‘아끼히메’ 2. ‘도치오미네’ 3. ‘매향’ 4. ‘시치노카’ 5. ‘레드펠’ 6. ‘도치오도매’ 7. ‘아스카라바’ 8. ‘도요노카’ 9. ‘여봉’ 10. ‘수홍’을 나타낸 것이다.

나. Primer OPJ4를 통한 딸기 품종간의 polymorphism 비교

Primer OPJ4를 이용하여 10개의 딸기 품종에서 추출한 DNA를 template로 사용하여 PCR를 실시한 결과 1.5 kb, 1.2kb, 0.85kb, 그리고 0.55kb의 크기의 PCR product가 품종간의 차이를 보여 주었다 (그림 45의 화살표). 각각의 PCR product band 사이에 각 품종 간에 차이를 나타내어 각각의 DNA band가 marker로 사용될 수 있었다.

J4-1.5kb는 ‘아끼히메’와 ‘매향’에서만 관찰되는 PCR product이다. J4-1.2kb는 ‘도치오미네’, ‘시치노카’ 그리고 ‘여봉’에는 나타나지 않는 DNA로 관찰되었다. J4-0.87kb는 ‘시치노카’와 ‘레드필’에는 관찰되지 않았고 나머지 품종에서는 관찰되는 band이다. J4-0.55kb는 ‘시치노카’, ‘레드필’, ‘아스카라바’, 그리고 ‘수홍’에만 나타나고 그밖의 ‘아끼히메’, ‘도치오미네’, ‘매향’, ‘도치오도메’, ‘도요노카’ 그리고 ‘여봉’에는 없는 band이다.

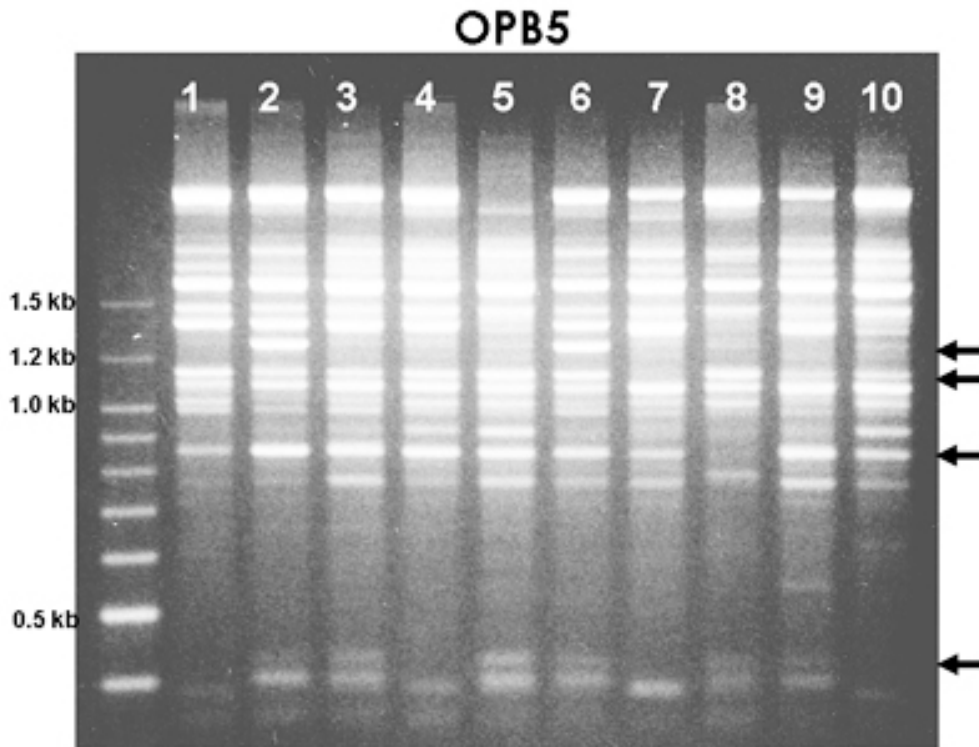


Fig. 45. Polymorphism between strawberry cultivars using Primer OPJ4.

Primer OPJ4을 이용하여 10개의 딸기 품종에서 추출한 DNA를 template로 사용하여 PCR을 실시하였다. PCR product 중에 1.5kb, 1.2kb, 0.85kb, 그리고 0.55kb의 크기의 DNA를 품종간 구별에 사용하였다. 각 lane의 품종은 1. '아끼히메' 2. '도치오미네' 3. '매향' 4. '시치노카' 5. '레드펠' 6. '도치오도메' 7. '아스카라바' 8. '도요노카' 9. '여봉' 10. '수홍'을 나타낸 것이다.

다. Primer OPV2를 통한 딸기 품종간의 polymorphism 비교

Primer OPV2를 이용한 10개의 딸기 품종 판별 PCR은 2개의 band를 통해서 이루어 진다. 0.95kb와 0.8kb 크기로 품종 간의 차이를 보여 주었다(그림 46의 화살표).

V2-0.95kb는 '아끼히메'에서 나타나지 않으며 '도치오도메', '아스카라바', 그리고 '도요노카'에서는 두개의 band로 나타나며 나머지 '도치오미네', '매향', '시치노카', '레드펠', '여봉', 및 '수홍'에서는 하나의 band로 나타난다. V2-0.8kb는 뚜렷하게 '도치오미네', '레드펠', '아스카라바', 그리고 '도요노카'에서 나타나며 나머지 품종에서는 관찰되지 않는다.

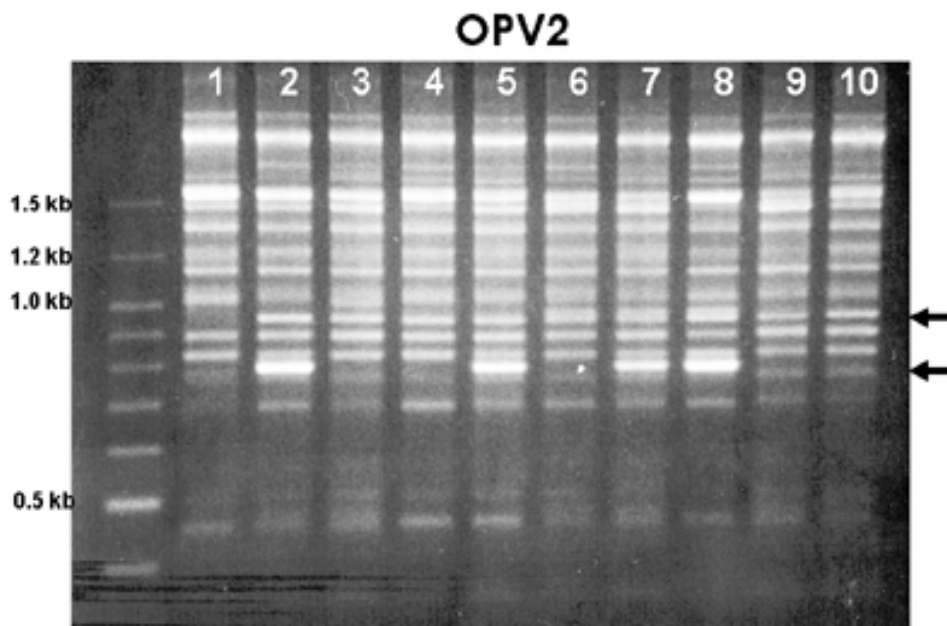


Fig. 46. Polymorphism between strawberry cultivars using Primer OPV2.

Primer OPV2을 이용하여 10개의 딸기 품종에서 추출한 DNA를 template로 사용하여 PCR을 실시하였다. PCR product 중에 0.95kb, 그리고 0.8kb의 크기의 DNA를 품종간 구별에 사용하였다. 각 lane의 품종은 1. '아끼히메' 2. '도치오미네' 3. '매향' 4. '시치노카' 5. '레드펠' 6. '도치오도매' 7. '아스카라바' 8. '도요노카' 9. '여봉' 10. '수홍'을 나타낸 것이다.

라. Primer OPW3를 통한 딸기 품종간의 polymorphism 비교

Primer OPW3를 이용한 10개의 딸기 품종 판별 PCR은 1개의 band의 존재여부를 통해서 이루어 진다(그림 47의 화살표). 매우 뚜렷하게 0.65kb의 RAPD-PCR product가 '아끼히메', '도치오미네', '매향', '시치노카', '여봉' 및 '수홍'에서는 관찰되었으나 '도치오미네', '아스카라바', 그리고 '도요노카'에서는 band가 관찰되지 않았다.

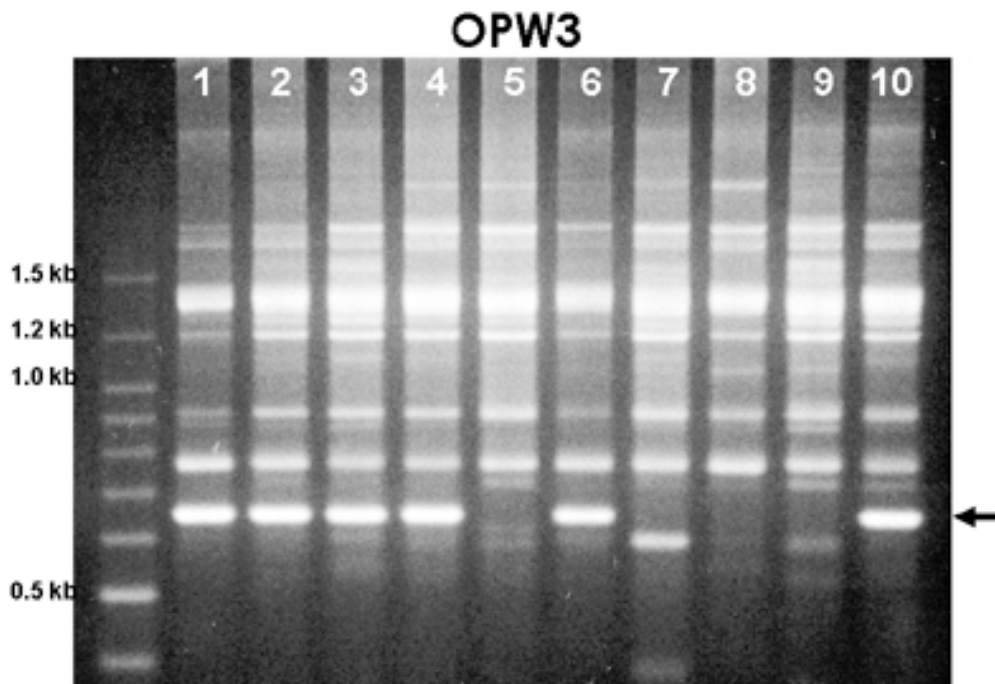


Fig. 47. Polymorphism between strawberry cultivars using Primer OPW3.

Primer OPW3를 이용하여 10개의 딸기 품종에서 추출한 DNA를 template로 사용하여 PCR을 실시하였다. PCR product 중에 0.65kb크기의 DNA를 품종간 구별에 사용하였다. 각 lane의 품종은 1. '아끼히메' 2. '도치오미네' 3. '매향' 4. '시치노카' 5. '레드필' 6. '도치오도매' 7. '아스카라바' 8. '도요노카' 9. '여봉' 10. '수홍'을 나타낸 것이다.

마. Primer OPX3를 통한 딸기 품종간의 polymorphism 비교

Primer OPX3를 이용한 PCR에서는 1.7kb, 0.8kb, 0.55kb, 그리고 0.48kb의 크기의 PCR product에서 품종간의 차이를 보여 주었다(그림 48의 화살표).

X3-1.7kb는 '아끼히메', '매향', '시치노카', '레드필', '도요노카', 그리고, '수홍'에서만 관찰되는 PCR product이다. X3-0.8kb는 '아끼히메', '도치오미네', '매향', '시치노카', '레드필', '여봉', 및 '수홍'에서만 관찰되었다. X3-0.55kb는 '아끼히메', '도치오미네', '매향', '아스카라바', '여봉'에서만 관찰되는 PCR product로 관찰되었다. X3-0.48kb는 '아끼히메', '매향', '도치오도매', '아스카라바', '도요노카', '여봉', '수홍'에서는 하나의 band가 관찰되었으나 '도치오미네', '시치노카', '레드필'에서는 두개의 band가 나타났다.

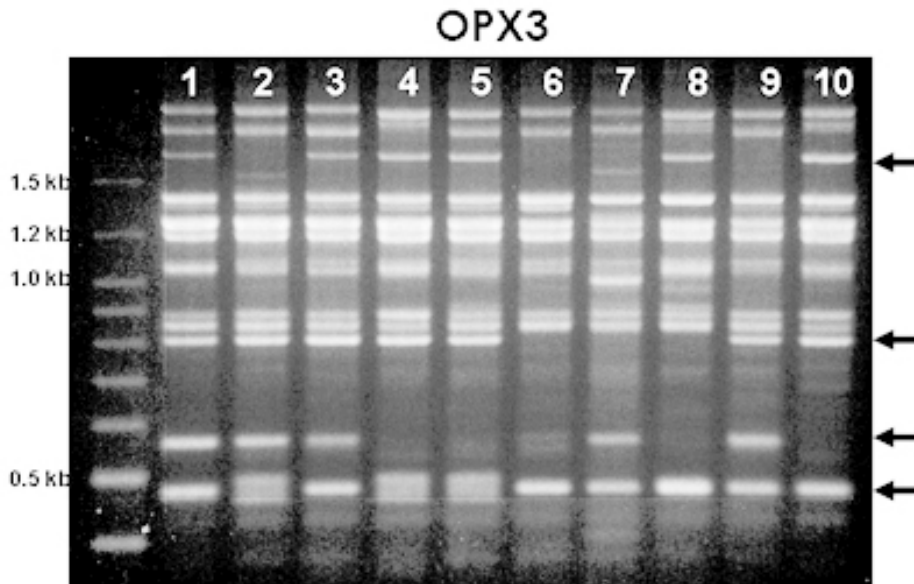


Fig. 48. Polymorphism between strawberry cultivars using Primer OPX3.



Primer OPX3를 이용하여 10개의 딸기 품종에서 추출한 DNA를 template로 사용하여 PCR을 실시하였다. PCR product 중에 1.7kb, 0.8kb, 0.55kb, 그리고 0.48kb의 크기의 DNA를 품종간 구별에 사용하였다. 각 lane의 품종은 1. ‘아끼히메’ 2. ‘도치오미네’ 3. ‘매향’ 4. ‘시치노카’ 5. ‘레드펄’ 6. ‘도치오도매’ 7. ‘아스카라바’ 8. ‘도요노카’ 9. ‘여봉’ 10. ‘수홍’을 나타낸 것이다.

3. 결론

이상의 5개의 primer를 통해 총 15개의 PCR products가 품종간 구별에 사용하였다. 아래 표 41은 이들 PCR product의 존재 여부 혹은 single 혹은 double band

Table 41. Classification of strawberry cultivars through RAPD analysis developed in this research.

Cultivars \ Primer	Akihime	Tochi- mine	Mae- hyang	Sachi- noka	Red Pearl	Tochio- tome	Askara- ba	Toyo- noka	Nohyo	Suhomg
B5-1.3kb										
B5-1.15kb										
B5-0.87kb										
B5-0.4kb										
J4-1.5kb										
J4-1.2kb										
J4-0.85kb										
J4-0.55kb										
V2-0.95kb										
V2-0.8kb										
W3-0.65kb										
X3-1.7kb										
X3-0.8kb										
X3-0.55kb										
X3-0.48kb										

Note: ;No products, ;single product, :double products.

여부를 품종별로 표시한 것이다. 검정 box는 이들 PCR product 중에 single로 존재하는 것이며 하얀색의 box는 이들 PCR product가 관찰되지 않은 품종이며 점박이 box는 double band로 존재하는 것을 표시한 것이다. 따라서 이들 PCR products의 존재여부 및 양상을 품종의 finger print로 이용하여 분류가 가능하다. 표 41에서와 같이 ‘매향’은 다른 9개의 딸기 품종과는 확연한 차이를 보이고 있으나 ‘아끼히메’와는 매우 비슷한 RAPD 분석이 나오고 있다. OPB5-0.4kb만이 ‘아끼히메’와 ‘매향’의 차이를 보이고 있을 뿐이다. 이것으로 보아 ‘매향’과 ‘아끼히메’는 가까운 유전적 유연관계가 있는 것으로 추정된다.

제5장 종합고찰

1. 국내 육성 딸기 신품종 ‘매향’의 재배기술 확립

신품종 ‘매향’은 육성이 되면서부터 과실 품질의 우수성이 인정되어 농가나 소비자들로부터 좋은 호응을 얻고 있다. 맛과 모양, 향기 등에서 매우 뛰어나 기존 재배 품종보다 높은 가격이 형성되면서 재배에 세밀한 관리가 요구됨에도 불구하고 ‘매향’을 재배하려는 농가는 계속 늘고 있다.

본 연구 수행 중 밝혀진 결과를 토대로 ‘매향’ 재배에서 주의해야 하는 요인들을 살펴보면 매향은 품종특성상 ‘아끼히메’나 ‘레드필’에 비해 생육 속도가 다소 늦으며 그에 따른 자묘확보나 정식 후 묘 관리에 세심한 주의가 요구된다. 또한 육묘기에 탄저병에 취약한 특징을 보이므로 육묘기에 탄저병 억제에 주의해야 한다. 온도나 건조 등 환경에도 비교적 민감하여 적정조건이 맞지 않으면 2차 휴면이 발생하므로 생육이 저조해지는 현상이 나타난다. 혹한기 저온에 의한 생육저조는 수량의 저하를 가져오므로 겨울철에 5℃이하로 내려가지 않게 관리해야 하고, 과습은 뿌리손상의 주원인이며 건조는 자묘발생에 영향을 미친다.

성숙과일의 착색속도가 빨라 고온기 품질저하와 과다착색으로 인한 외관품질이 떨어지는 현상이 ‘매향’ 과실의 품질저하 원인이 되기도 한다. 다만 이것은 환경조건과 생육상태에 따라 어느 정도 경감시킬 가능성이 있다. 적정 수분이나 온도, 영양관리측면이 다루어지지 않아 이 부분에 대한 연구가 더 진행된다면 기존 재배품종 이상의 수량과 고품질의 딸기를 생산할 것으로 판단된다. 앞으로 ‘매향’은 과실 품질의 차별화가 가능하고 저장성도 좋아 수출활로 개척에도 유용할 것으로 생각된다. 2002년 100톤 이상 수출이 이루어졌고, 연구 수행 중 시범수출을 시행하여 일본 현지에서 높은 호응을 받은 바 있다. 2006년 품종 보호지정과 기존 도입품종에 대한 로얄티 지급 문제로 ‘매향’에 대한 선호도는 더욱 증가할 것으로 생각되며, 현재 전국의 약 10%재배에서 20%이상 재배면적이 증가할 것으로 예상된다. ‘매향’에 대한 소비자의 인식이 확산되면 ‘매향’의 재배면적은 훨씬 증가할 것으로 생각된다.

1) '매향'의 생리 생태적 특성

딸기시험장에서 육성한 신품종 '매향'은 과실 모양과 맛에서 뛰어나 소비자들로부터 높은 호응을 얻고 있다. 그러나 환경에 매우 민감하고 병해충에 약한 특성을 가지고 있어 재배농가에서 매우 어려움을 겪고 있다. 이에 본 실험에서는 '매향'의 특성 파악과 재배기술개선, 품질향상 방법을 찾아 최적의 재배 모델을 개발하고자 하였다. 결과를 요약하면 다음과 같다.

'매향'의 화아분화는 '아끼히메'와 유사하게 빠른 편이나 화아의 발육은 다소 늦고, 자묘생육이나 뿌리발근 속도도 늦은 편이었다. 휴면타파에 필요한 저온요구 시간은 50~150시간의 범위로 매우 적어 축성재배에 유리하였다. 병충해 저항성은 탄저병과 잿빛곰팡이병에 약하고, 흰가루병은 '레드필' 수준의 저항성을 보였다. 충해는 진딧물 발생이 많았고, 응애도 다른 품종에 비해 약간 발생이 많은 편이었다.

2) 재배기술

수량을 높이기 위한 재배작형은 초축성 재배가 축성재배보다 약간 유리하지만 과실크기가 작고, 인위적인 화아분화 처리, 정식 후 온도관리 등 재배상 어려운 점이 많아 축성재배가 가장 적당할 것으로 판단되고, 반축성은 수량이 떨어졌다. 적정 정식시기는 9월 10일, 재식거리는 15cm, 묘소질은 관부직경 5mm 이상의 포트묘를 사용하는 것이 좋았다. 품종간 비교에서도 '매향'은 주 재배 품종보다 생육이 왕성하고 개화일이나 수확일이 빠른 특성을 보였으며 수량에서도 대과 다수성으로 알려져 있는 '레드필'나 '아끼히메'에 비해 뒤지지 않으면서 상품과율이 오히려 좋은 결과를 보였다.

'매향'의 과실 품질도 수확기간 동안 당도가 11% 정도를 일정하게 유지하면서 타 품종보다 높은 당도를 유지하는 경향을 보였다. 당산비도 높게 유지되고 경도도 월별 변화폭이 적으면서 높게 유지되어 겨울철의 저온기부터 늦은 봄철까지 장기간 수확에 적합하였다.

3) 품질향상

'매향'은 과숙되면 급격히 경도가 감소하기 때문에 수확기의 성숙도가 품질유지에 중요하였다. 따라서 기존 품종보다 수확간격을 좁혀 자주 수확하는 것이 유리한데 2-3일 간격 수확이 적당하였다.

당도 및 경도 증진을 위한 약제처리는 처리시기별, 품종간 차이가 있었지만 복살

은 경도 증진에, 규산칼륨과 브릭스 업은 당도와 경도 증진에 다소 효과를 나타냈다. 그러나 정상적인 재배관리기 이루어질 경우 이러한 처리 없이도 당도가 우수한 과실을 생산할 수 있었다.

과다착색과 품질저하 방지를 위한 차광처리는 3월 말은 10-20%, 4월은 35%, 5월은 55% 정도 차광으로 품질저하를 어느 정도 억제할 수 있었다.

2. 딸기의 CO₂ 처리에 따른 경도증가 반응해석 및 수확후 처리 방안

딸기는 수확시기가 오랫동안 유지되므로 수확기와 성숙단계에 따른 품질 변화를 살피고 아울러 수확한 딸기의 유통 과정 중 품질을 증진시키기 위한 방안을 찾기 위하여 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 성숙단계에 따른 딸기 과실의 품질 변화

성숙이 진행될수록 검토한 모든 품종에서 과실 경도가 감소하였는데 아끼히메의 경우 다른 품종에 비하여 같은 숙기에서도 경도가 낮았고 90%이상 착색된 상태에서는 경도가 매우 낮아 수확 후 관리 과정에서 물리적 손상에 취약할 것으로 판단된다. 가용성 고형물 함량은 같은 숙도에서 ‘매향’이 다른 품종보다 높았고 산함량은 품종간 차이가 크지 않았으나 숙도가 진행될수록 감소하였다. 당산비 또한 숙기가 진행될수록 증가하였는데 ‘아끼히메’의 당산비가 다른 품종에 비하여 낮은 수준이었다. 과피색은 착색진행에 따라 더욱 짙은 적색을 보여주었는데 ‘매향’의 경우 재배지역에 따라서도 hue angle에 차이를 나타내었다.

2) 수확시기에 따른 딸기 과실의 품질 변화와 CO₂ 처리 반응

수확시기가 늦어질수록 4 품종 모두 당함량이 감소되었고 반면에 산함량은 증가하였다. 따라서 당/산비는 수확시기가 늦어질수록 전반적으로 감소하였다. 이러한 변화는 품종에 관계없이 관찰되었다. 이산화탄소 처리에 의한 경도 증진 효과는 모든 품종에서 확인되었지만 경도 증가폭은 ‘매향’에서 가장 우수하였고 ‘아끼히메’ 품종에서 가장 낮았으며 CO₂처리에 따른 내적 품질, 즉 용해성 당함량 및 구성변화, 유기산 함량 및 조성변화 등은 관찰되지 않았다.

3) 이산화탄소 처리에 의한 딸기 과실의 경도 증진 반응

이산화탄소 처리는 과피 조직의 수축을 일으켰고 경도 증진 반응이 우수한 ‘매향’의 경우 과육 조직이 찢길 때 내부 조직의 세포가 건실한 상태를 유지하였으나 CO₂ 처리 반응이 저조한 ‘아끼히메’의 경우 세포가 더욱 심하게 파괴된 것으로 확인되었다. 처리간 AIS 함량의 변화는 일정하지 않았으나 CO₂ 처리구에서 AIS 감소가 낮았으며 매향의 AIS 함량이 ‘아끼히메’보다 높았다. 이산화탄소 처리에 따른 세포벽 변화는 수용성 펙틴, CDTA 용해성 펙틴 및 Na₂CO₃ 용해성 펙틴에서 양적 변화가 다소 관찰되었는데 특히 수용성 펙틴은 감소하고 CDTA 펙틴은 증가하여 CO₂ 처리에 따른 경도 증가는 펙틴 구성비율의 변화와 연관이 있었다. 그러나 생산시기에 따른 차이도 인정되었다.

용해성 펙틴을 대상으로 CO₂ 처리 펙틴 또는 헤미셀룰로스의 분자량 변화를 조사하였으나 구조적 변화를 확인할 수 없어 CO₂ 처리에 의한 경도 증가는 이외에 다른 요인이 관여할 가능성을 보여주었다. 특히 처리한 과실의 미세환경 변화 중 pH 증가, AIS와 결합한 칼슘의 증가 현상이 관찰되어 이러한 변화가 펙틴의 용해성에 영향을 미치므로 과실 경도를 높여줄 가능성을 제시하였다.

4) 딸기의 수확 후 처리 방안

딸기에 대한 수확 후 처리는 유통계획에 따라 달리 적용하는 것이 바람직하여 국내 유통의 경우 저온기에는 예냉만으로 유통기간 동안 신선도 유지효과가 충분하였다. 그러나 출하조절을 위한 저장을 실시할 경우 CO₂ 처리를 병행하는 것이 유리하였다. 수출과 같이 장기간 수송 또는 저장이 필요할 때에는 예냉과 더불어 CO₂ 처리를 실시할 경우 경도 부패억제는 물론 증진효과를 얻을 수 있어 유리하다. 특히 국내에서 육성한 ‘매향’의 CO₂ 처리에 의한 경도증진 반응이 탁월하여 앞으로 수출을 대비한 수확 후 처리로 필요하며 고온기의 과피색의 변화를 지연시키는 효과도 확인되어 유리하였다.

3. '매향'을 포함한 딸기 품종의 분자학적 선별기술 개발

기존의 방법으로 딸기에서 추출한 DNA는 순도가 낮아 이를 이용하여 RAPD를 수행하였을 경우 분리가 잘 되지 않고 끌리는 현상이 나타났다. 따라서 추출한 DNA를 3회 정제하여 순도를 높일 경우 이러한 현상을 극복할 수 있었다. 개선된 방법으로 추출한 DNA에 대하여 총 178개의 primer를 선정하여 비교하여 딸기 품종 선별력이 우수한 5개의 primer를 통해 총 15개의 PCR products가 품종 구별에 이용될 수 있음을 확인하였다. 즉, 이들 PCR product의 존재 여부 혹은 single 혹은 double band 여부를 finger print로 이용하여 국내에서 보유한 10개 품종간의 식별이 가능하였다. 국내에서 육성된 '매향'은 다른 8개의 딸기 품종과는 확연한 차이를 보이고 있으나 '아끼히메'와는 매우 비슷한 RAPD 분석 양상을 보여주었고 단지 primer OPB5-0.4kb만이 '아끼히메'와 '매향'의 차이를 보이고 있을 뿐이다. 이런 점으로 볼 때 '매향'과 '아끼히메'는 가까운 유전적 유연관계가 있는 것으로 추정된다.

본 연구에서 얻어진 결과는 딸기의 육종에서 품종간의 근연관계 혹은 유래를 구명하는데 활용할 수 있어 육종 소재발굴과 이미 육성된 품종 보호에 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

인용문헌

Agar, I.T and J. Strief, F. Bangerth. 1997. Effect of high CO₂ and controlled atmosphere (CA) on the ascorbic and dehydroascorbic acid content of some berry fruits. *Postharvest Biology Technology*. 11:47-55.

Ahmed, A.E. and J.M. Labavitch. 1980a. Cell wall metabolism in ripening fruit. I. Cell wall changes in ripening □□Bartlett□□pears. *Plant Physiol*. 65:1009-1013.

Ahmed E.R. and M.L John. 1980b. Cell wall metabolism in ripening fruit. II. Changes in carbohydrate-degrading enzymes in ripening 'Bartlett' pears. *Plant Physiol*. 65:1014-1016.

Assis, J.S., R. Maldonado, T. Munoz, M.I. Escribano, and C. Merodio. 2001. Effect of high carbon dioxide concentration on PAL activity and phenolic contents in ripening cherimoya fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 23:33-29.

Atta-Aly, M. A., J. K. Brecht, D. J. Huber. 2000. Ethylene feedback mechanisms in tomato and strawberry fruit tissues in relation to fruit ripening and climacteric patterns. *Postharvest biology and technology* 20:151-162.

Barens, M.F. and B.J. Patchett. 1976. Cell wall degrading enzymes and the softening of senescent strawberry fruit. *J. Food. Sci*. 41:1392-1395.

Blumenkrantz, N. and G. Asboe-Hanson. 1973. New method for quantitative determination of uronic acids. *Anal. Biochem*. 54:484-489.

Cheour, F., C. Willemot, J. Arul, Y. Desjardins, J. Makhoulouf, P. M. Charest, A.

- Chingying, L. and A.A. Kader. 1989. Residual effects of controlled atmospheres on postharvest physiology and quality of strawberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114:629-634.
- Chung, H.D., K.Y. Kang, S.J. Yun, B.Y. Kim. 1994. Effect of foliar application of calcium chloride on shelf-life and quality of strawberry fruits. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 34:7-15.
- Dubois, M.K.A., J.K. Hamilton, P.A. Rebers, and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substance. *Anal. Chem.* 28:350-356.
- El-Chaouth, A., J. Arul. J. Grenier, A. Asselin. 1992. Antifungal activity of chitosan on two postharvest pathogens of strawberry fruits. *Phytopathology* 82:398-402.
- Galletta, G.J. and R.S. Bringhurst. 1990. Strawberry management. pp. 83-91. (In) *Small fruit crop management* (Ed.) G.J. Galletta and D.G. Himelrick. Prentice Hall. USA.
- Gil, M.L., D.M. Holcroft, A.A. Kader. 1997. Changes in strawberry anthocyanin and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. *J. Agric. Food. Chem.* 45:1662-1667.
- Gongiu, L., Chicca, M., Cella, R., and Bernacchia, G. 2000. The use of random amplified polymorphic DNA (RAPD) makers to identify strawberry varieties. "a forensic application". *Mol. Ecol.* 9: 229-232.
- Groeelein. 1990. Foliar application of calcium chloride delays postharvest ripening of strawberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:789-792.

Gross, K.C. 1982. A rapid and sensitive spectrophotometric method for assaying polygalacturonase using 2-cyanoacetamide. *HortScience*. 17:933-934.

Harker F.R., H.J. Elagr, and C.B. Watkin, P.J. Jackson, I.C. Hallett. 2000. Physical and mechanical changes in strawberry fruit after high carbon dioxide treatments. *Postharvest Biology Technology*. 19:139-146.

Holcroft, D.F. and A.A. Kader. 1999. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. *Postharvest Biology Technology*. 17:19-32.

Huber, D.J. 1984. Strawberry fruit softening: The potential roles of polyuronides and hemicelluloses. *J. Food Sci.* 49:1310-1315.

Hwang, Y.S., Y.A. Kim, and W.S. Lee. 1999. Effect of postharvest CO₂ application time on the flesh firmness and quality in 'Nyoho' strawberries. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:179-182.

Ke, D., L. Zhou, and A.A. Kader. 1994. Mode of oxygen and carbon dioxide action on strawberry ester biosynthesis. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119:971-975.

Ke, D., L. Goldstein, M. O'Mahony, A.A. Kader. 1991. Effects of short term exposure to low O₂ and high CO₂ atmospheres on quality attributes of strawberries. *J. Food Sci.* 56:50-54.

Knee, M., J.A. Sargent, and D.J. Osborn. 1977. Cell wall metabolism in developing strawberry fruits. *J. Exp. Bot.* 28:377-396.

Larsen, M., C.B. Watkins. 1995. Firmness and concentration of acetaldehyde, ethyl acetate and ethanol in strawberries stored in controlled and modified atmospheres. *Postharvest biology and technology* 5:39-50.

- Larsen, Mette and C.B. Watkins. 1995. Firmness and concentrations of acetaldehyde, ethyl acetate and ethanol in strawberries stored in controlled and modified atmospheres. *Postharvest Biol. Technol.* 5:39-50.
- Li, C. and A.A. Kader. 1989. Residual effects of controlled atmospheres on postharvest physiology and quality of strawberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114:629-634.
- Liu, F. W. 1978. Modification of apple quality by high temperature. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103:730-732.
- Montero, T.M., E.M. Molla, R.M. Esteban, and F.J. Lepez-Andreu. 1996. Quality attributes of strawberry during ripening. *Sci. Hort.* 65:239-250.
- Nogata. Y., H. Ohta, and A.G. Voragen. 1993. Ploygalacturonase in strawberry fruit. *Phytochemistry.* 34:617-620.
- Nunes, M.C.N, K.J. Brechk, A.M.M.B. Morais, S.A. Sargent. 1995. Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooling. *Postharvest biology and technology* 6:17-28.
- Redgwall, R.J., E. MacRae, I. Hallett, M. Fischer, J. Perry, and R. Harker. 1997a. In vivo and in vitro swelling of cell walls during fruit ripening. *Planta.* 203:162-173.
- Redgwell, R.J., M. Fischer, E. Kendal, and E.A. MacRae. 1997b. Galactose loss and fruit ripening: high-molecular-weight arabinogalactans in pectic polysaccharides of fruit cell walls. *Planta.* 203:174-181.
- Ritenour, M. A., M. E. Mangrich, J. C. Beaulieu, A. Rab, M. E. Saltveit. 1997. Ethanol effects on the ripening of climacteric fruit. *Postharvest biology and*

technology 12:35-42.

Smith, R. B. 1992. Controlled atmosphere storage of Redcoat strawberry fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117:260-264.

Smith, R.B., L.J. Skog, J.L. Maas. 1992. Enhancement and loss of firmness in strawberries stored in atmosphere enriched with carbon dioxide. Acta Hort. 348:328-333.

Smith, R.B., L.J. Skog. 1993. Postharvest carbon dioxide treatment enhances firmness of several cultivars of strawberry. HortScience 27:420-421.

Ueda, Y. and J.H. Bai. 1993. Effect of short term exposure of elevated CO₂ on flesh firmness and ester production of strawberries. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 62:457-464.

Wills, R.B.H., and G.H. Kim. 1995. Effect of ethylene on postharvest life of strawberries. Postharvest biology and technology 6:249-255.

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.