

발간등록번호

11-1543000-003551-01

저장환경 조절을 통한 봄배추 저장성 향상 기술 연구

2021. 5. 24.

주관연구기관 / 세계김치연구소
협동연구기관 / 경기농협식품
협동연구기관 / (주)이킴
위탁연구기관 / (주) 하늘마음

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “저장환경 조절을 통한 봄배추 저장성 향상기술 연구”(개발기간 : 2018. 12. 21. ~ 2020. 12. 20)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021. 05. 24.

주관연구기관명 : 세계김치연구소
1협동연구기관명 : 경기농협식품
2협동연구기관명 : (주)이킴
위탁연구기관명 : (주)하늘마음

최학종
이만수
유 민
김주희



주관연구책임자 : 한응수
1협동연구책임자 : 이영근
2협동연구책임자 : 황의정
위탁연구책임자 : 박호성

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호		해 당 단 계 연 구 기 간	2018.12.21. ~ 2020.12.20.(2년)	단 계 구 분	(2단계)/ (총 2 단 계)
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	농축산물안전유통소비기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제 명	저장환경 조절을 통한 봄배추 저장성 향상기술 연구			
연구책임자	한응수	해당단계 참여연구원 수	총: 13 명 내부: 13 명 외부: 0 명	해당단계 연구개발비	정부: 250,000천원 민간: 85,000천원 계: 335,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 26 명 내부: 26 명 외부: 0 명	총 연구개발 비	정부: 500,000천원 민간: 170,000천원 계: 670,000천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	세계김치연구소 연구개발본부			참여기업명 경기농협식품, (주)이킴, (주)하늘 마음	
국제공동연구 위 탁 연 구	상대국명:	상대국 연구기관명:			
	연구기관명: (주)하늘마음	연구책임자: 박호성			

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반과제
-------------------------	------

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시 설장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호	3	1	1		1						

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

김치제조업체에서 여름철 원료배추를 안정적으로 확보할 수 있도록 봄배추를 6월에 저장하여 9월까지 90일 동안 중량 및 손상감모 10% 이내로 저장할 수 있는 실용 기술을 개발하는 것이 연구개발 목적이다.

봄배추 90일 저장 실용기술 실증: 봄배추의 90일 저장기술을 개발하여 김치공장 현장 저장고에서 실증저장을 하여 확인하였다. 개발된 기술은 봄배추 저장 현장에 그대로 적용할 수 있는 실용기술이다. 봄배추를 6월 중순에 결구가 90% 되었을 때 배추밭에 락스 100ml와 테부코나졸 200ml를 물 1,000L에 혼합하여 배추밭 300평에 살포하고, 다음날 새벽에 수확하여 배추상자에 4-6포기씩 담아 팰릿에 7단으로 쌓고 40공 필름으로 포장하여 저온저장고에 적재하였다. 저온저장고는 미리 청소하고 락스 0.01% 용액으로 소독(30L/30평)하고 밀폐한 다음 7°C로 냉각하였다. 봄배추는 30평 저온저장고에 1일 1회 14팰릿(약 7톤)씩 5회에 나누어 채우고 밀폐하여 2°C로 냉각하여 90일간 유지하였다. 이때 산소농도는 밀폐 후 2일차에 16.0%로 낮아졌다가 점차 올라가서 19.5%로 유지되었고 이산화탄소농도는 3.8%로 높아졌다가 0.04%로 낮아져서 유지되었다. 저장 90일차 봄배추의 중량은 6.11% 감소되었고 순정선손실률(90일차 정선손실률-0일차 정선손실률)은 4.71%로 저장 90일간의 중량 및 손상감모율은 10.5%였다.

김치 제조원가 절감: 김치공장에서 저장한 봄배추로 9월에 김치를 제조하면 원료배추의 톤당 가격이 1,285천원(여름배추 평균가격)에서 683천원(봄배추가격 톤당 497천원에 3개월 저장비용 121천원과 저장감모율 10.5% 고려)으로 감소하여 봄배추를 1,000톤 저장하면 602백만원을 절감할 수 있다. 김치의 제조원가 중 재료비가 60%를 차지하고 재료비의 50%를 배추가 차지한다고 보면 저장한 봄배추를 사용하여 여름에 김치를 생산함으로써 배추비용이 46.8% 절감(602/1,285)되고 재료비가 23.4% 절감되므로 제조원가는 14.1% 절감된다. 김치제조업체에서 여름철 원료배추를 안정적으로 확보할 수 있도록 봄배추를 6월에 저장하여 9월까지 90일 동안 중량 및 손상감모 10% 이내로 저장할 수 있는 실용 기술을 개발하는 것이 연구개발 목적이다.

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p>김치제조업체에서 여름철 원료배추를 안정적으로 확보할 수 있도록 봄배추를 6월에 저장하여 9월까지 90일 동안 중량 및 손상감모 10% 이내로 저장할 수 있는 실용 기술을 개발하는 것이 연구개발 목적이다.</p>				
<p>연구개발성과</p>	<p>가. 봄배추 90일 저장 실용기술 실증 봄배추의 90일 저장기술을 개발하여 김치공장 현장 저장고에서 실증저장을 하여 확인하였다. 개발된 기술은 봄배추 저장 현장에 그대로 적용할 수 있는 실용기술이다. 봄배추를 6월 중순에 결구가 90% 되었을 때 배추밭에 락스 100ml와 테부코나졸 200ml를 물 1,000L에 혼합하여 배추밭 30평에 살포하고, 다음날 새벽에 수확하여 배추상자에 4-6포기씩 담아 팰릿에 7단으로 쌓고 40공 필름으로 포장하여 저온저장고에 적재하였다. 저온저장고는 미리 청소하고 락스 0.01% 용액으로 소독(30L/30평)하고 밀폐한 다음 7°C로 냉각하였다. 봄배추는 30평 저온저장고에 1일 1회 14팰릿(약 7톤)씩 5회에 나누어 채우고 밀폐하여 2°C로 냉각하여 90일간 유지하였다. 이때 산소농도는 밀폐 후 2일차에 16.0%로 낮아졌다가 점차 올라가서 19.5%로 유지되었고 이산화탄소농도는 3.8%로 높아졌다가 0.04%로 낮아져서 유지되었다. 저장 90일차 봄배추의 중량은 6.11% 감소되었고 순정선손실률(90일차 정선손실률-0일차 정선손실률)은 4.71%로 저장 90일간의 중량 및 손상감모율은 10.5%였다.</p> <p>나. 김치 제조원가 절감 김치공장에서 저장한 봄배추로 9월에 김치를 제조하면 원료배추의 톤당 가격이 1,285천원(여름배추 평균가격)에서 683천원(봄배추가격 톤당 497천원에 3개월 저장비용 121천원과 저장감모율 10.5% 고려)으로 감소하여 봄배추를 1,000톤 저장하면 602백만원을 절감할 수 있다. 김치의 제조원가 중 재료비가 60%를 차지하고 재료비의 50%를 배추가 차지한다고 보면 저장한 봄배추를 사용하여 여름에 김치를 생산함으로써 배추비용이 46.8% 절감(602/1,285)되고 재료비가 23.4% 절감되므로 제조원가는 14.1% 절감된다.</p>				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p>우선 이번 연구에 참여한 봄배추 재배농가, 산지유통인 및 김치제조업체는 현재 보유하고 있는 저온저장고에 개발한 봄배추 장기저장 신기술을 적용하여 봄배추를 저장하여 사업화한다. 그리고 배추 수출업체와 농수산식품유통공사는 위 업체들의 사업화 실적을 확인한 다음에 대량의 봄배추를 저장하는 데에 확대하여 사업을 추진한다.</p>				
<p>국문핵심어</p>	<p>봄배추</p>	<p>저온저장</p>	<p>냉각속도</p>	<p>채움률</p>	<p>김치</p>
<p>영문핵심어</p>	<p>spring kimchi cabbage</p>	<p>cold storage</p>	<p>cooling rate</p>	<p>stacking ratio</p>	<p>kimchi</p>

* 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

<본문목차>

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	7
2. 연구수행 내용 및 결과	12
3. 연구개발 성과	220
4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	223
5. 연구결과의 활용 계획 등	228
붙임. 참고 문헌	230

제1장 연구개발 과제의 개요

제1절 연구개발의 목적

김치제조업체에서 여름철 원료배추를 안정적으로 확보할 수 있도록 봄배추를 6월에 저장하여 9월까지 90일 동안 중량 및 손상감도 10% 이내로 저장할 수 있는 실용 기술을 개발하는 것이 연구개발 목적이다.

제2절 연구개발의 필요성

1. 하절기 배추 공급 부족의 해소

김치산업에서 원료배추를 안정적으로 확보하는 것은 김치산업 경쟁력을 결정하는 중요한 요소이다. 특히 생산량이 절대적으로 부족한 여름배추를 확보하기 위해서는 봄배추를 장기 저장하여 여름에 사용하는 것이 좋은 대안이 될 수 있다. 배추는 주로 김치의 재료로 사용되는데 2019년 배추 총 생산량은 236만 톤이며, 계절 별 비중은 봄배추 32.5%, 여름배추 9.9%, 가을배추 44.9%, 겨울배추 12.7% 이다. 상품김치의 소비 증가로 하절기에도 배추 수요가 많으나, 배추는 더운 날씨에 생육하기 어렵고 이상고온과 태풍 등으로 여름배추는 수확량이 불안정하고 가격 폭등이 일어난다. 따라서 김치제조업체는 하절기에 배추를 안정적으로 조달하는 것이 중요하고 그 방법으로 봄배추를 6월에 수확하여 장기저장하면서 여름철에 사용하는 것이 필요하다.

2. 봄배추 실증저장 기술 개발

봄배추는 6월에 수확하여 수분함량이 많고 품온이 높아 저장이 어렵다. 이상기후로 여름배추 가격 폭등하므로 기후변화를 예측하고 저장물량을 확보하여 대비할 필요가 있다. 여러 가지 배추저장 방법이 연구되었으나 농업 현장에서 적용하기 어려운 실정이다. 특히 봄배추 저장기간 연장을 위한 방법으로 차압예냉, 진공예냉, 예건, CA(controlled atmosphere)저장, MA(modified atmosphere)저장 등 많은 연구가 수행되었다. 하지만, 실제 현장에 적용된 사례는 거의 없는데 이는 연구개발된 기술이 너무 번잡하고 까다로워서 대량을 취급해야 하는 봄배추 저장현장에서 적용하기 어렵고, 중소 김치제조업체들이 별도 시설을 구축하는 것이 어렵기 때문이다.

이에 지금까지 연구개발된 이론과 기술을 분석하고 이들을 현장에 적용할 수 있는 실용기술로 개발하여 봄배추 저장현장에 적용하여 실증함으로써 현장에서 적용할 수 있는 기술로 개발하는 것이 필요하다.

제3절 연구개발의 범위

1. 연구개발의 최종목표

최종목표는 김치용 봄배추를 중량과 손상감모 10% 이내로 90일간 저장하는 기술을 개발하는 것이다.

2. 연구개발 내용과 범위

연구기관	내용	범위
세계김치 연구소	<ul style="list-style-type: none"> -파일럿 규모의 배추 냉각온도와 냉각속도 최적화 시험 -시험용 저온저장고 냉각능력 측정 -봄배추 저장시스템 설계 -저장봄배추 김치가공적성 평가 -저장고 유형별 봄배추 최적 채움률 계산식 개발 -실증시험 저장고 선정과 실태조사 -실증 저장봄배추의 저장기간 판단 -봄배추 장기저장 시연회 	<ul style="list-style-type: none"> -겨울배추 30상자, 냉각온도와 냉각속도 5구간, 저장기간 90일, 온도 습도 기체농도 모니터링 -대규모1개, 중규모1개, 소규모1개, 지하1개의 저장고 냉각속도 측정 -저장고 유형별 최적 채움률 계산과 적용 -막김치 제조하여 4주간 품질평가 -저장고 냉각용량, 적재공간, 저장배추 품온 등 영향요인 반영 -실증시험 저장고 3개소 선정과 냉각능력 조사 -저장고 규모별 저장기간 예측과 현장 조사하여 판단 -관계자 초청 봄배추 장기저장 시연회 개최
경기농협 식품	<ul style="list-style-type: none"> -대규모 저장고 냉각능력 조사 -대규모 저장고 봄배추 저장과 평가 -소규모 저장고 냉각능력 조사 -소규모 저장고 봄배추 저장과 평가 -봄배추 장기저장 실증저장고 선정 -실증시험 저장고 리모델링 -봄배추 실증저장시험과 시연 -저장 봄배추 저장품질 평가 	<ul style="list-style-type: none"> -대규모 저장고 냉각속도 조사 -채움률 5종별 봄배추 90일간 저장과 품질평가 -소규모 저장고 냉각속도 조사 -채움률 2종별 봄배추 90일간 저장과 품질평가 -봄배추 실증저장용 대규모와 소규모 저장고 선정 -실증시험저장고 냉각용량, 단열성 평가와 리모델링 -봄배추를 최적 채움률로 90일간 저장 시험하고 시연 -저장 종료일에 저장품질과 김치가공적성 평가
이킴	<ul style="list-style-type: none"> -중규모 저장고 냉각능력 조사 -중규모 저장고 봄배추 저장과 평가 -봄배추 실증시험 저장고 선정 -실증시험 저장고 리모델링 -봄배추 실증저장시험과 시연 -저장 봄배추 저장품질 평가 	<ul style="list-style-type: none"> -중규모 저장고 냉각속도 조사 -채움률 3종별 봄배추 90일간 저장과 품질평가 -봄배추 실증저장시험용 중규모 저장고 선정 -실증시험저장고 냉각용량, 단열성 평가와 리모델링 -봄배추를 최적 채움률로 90일간 저장 시험하고 시연 -저장 종료일에 저장품질과 김치가공적성 평가
하늘마음	<ul style="list-style-type: none"> -소규모 지하저장고 냉각능력 조사 -지하 저장고 봄배추 저장과 평가 -질산태질소 시비 봄배추 재배 -파일럿저장고 설치 시운전 -봄배추 실증시험 저장고 선정 -실증시험 저장고 리모델링 -봄배추 실증저장시험과 시연 -저장 봄배추 저장품질과 김치가공적성 평가 	<ul style="list-style-type: none"> -소규모 지하저장고 냉각속도 조사 -채움률 2종별 봄배추 90일간 저장과 품질평가 -봄배추 질산태질소 48kg/10a, 36kg/10a 시비 재배 -1동 5칸 5팔레트배추 저장 규모(1팔레트/칸) -봄배추 실증저장용 소규모/대규모 지하저장고 선정 -실증시험저장고 냉각용량, 단열성 평가와 리모델링 -질산태질소 시비 재배 봄배추를 최적 채움률로 90일간 저장 시험하고 시연 -저장 종료일에 저장품질과 김치가공적성 평가

저장배추 품질평가: 무게손실, 중록갈변, 선단고사증, 깨씨무늬증, 앞반점, 부패율

* 김치가공적성 평가: 물리적(경도, 색도), 화학적(pH) 관능(맛,향,색, 조직감,외관)

제4절 연구개발의 성과

1. 기술적 성과

가. 봄배추 90일 저장 실용기술 실증

봄배추의 90일 저장기술을 개발하여 김치공장 현장 저장고에서 실증저장을 하여 확인하였다. 개발된 기술은 봄배추 저장 현장에 그대로 적용할 수 있는 실용기술이다. 봄배추 90일 저장 실용기술은 다음과 같다.

봄배추를 6월 중순에 결구가 90% 되었을 때 배추밭에 락스 100ml와 테부코나졸 200ml를 물 1,000L에 혼합하여 배추밭 30평에 살포하고, 다음날 새벽에 수확하여 배추상자에 4-6포기씩 담아 펠릿에 7단으로 쌓고 40공 필름으로 포장하여 저온저장고에 적재하였다. 저온저장고는 미리 청소하고 락스 0.01% 용액으로 소독(30L/30평)하고 밀폐한 다음 7℃로 냉각하였다. 봄배추는 30평 저온저장고에 1일 1회 14펠릿(약 7톤)씩 5회에 나누어 채우고 밀폐하여 2℃로 냉각하여 90일간 유지하였다. 이때 산소농도는 밀폐 후 2일차에 16.0%로 낮아졌다가 점차 올라가서 19.5%로 유지되었고 이산화탄소농도는 3.8%로 높아졌다가 0.04%로 낮아져서 유지되었다.

저장 90일차 봄배추의 중량은 6.11% 감소되었고 순정선손실률(90일차 정선손실률-0일차 정선손실률)은 4.71%로 저장 90일간의 중량 및 손상감모율은 10.5%였다.

나. 기술개발을 통한 저장성 향상

연구 개발한 기술로 봄배추를 90일간 저장하면 저장감모율(중량 및 손상감모율)이 10.5%로 기존 관행저장의 19.9%보다 저장수율이 47.2% 증가였다. 관행저장의 중량감소율이 18.0%였고 순정선손실률이 2.3%(저장 90일 정선손실률 9.5%-저장 0일 정선손실률 7.2%)로 저장감모율은 19.9%였다. 그러나 신기술은 중량감소율이 6.1%였고 순정선손실률이 2.9%(저장 90일 정선손실률 10.1%-저장 0일 정선손실률 7.2%)로 저장감모율은 10.5%였다.

2. 경제적 성과

가. 김치 제조원가 절감

김치공장에서 저장한 봄배추로 9월에 김치를 제조하면 원료배추의 톤당 가격이 1,285천원(여름배추 평균가격)에서 683천원(봄배추가격 톤당 497천원에 3개월 저장비용 121천원과 저장감모율 10.5% 고려)으로 감소하여 봄배추를 1,000톤 저장하면 602백만원을 절감할 수 있다.

김치의 제조원가 중 재료비가 60%를 차지하고 재료비의 50%를 배추가 차지한다고 보면 저장한 봄배추를 사용하여 여름에 김치를 생산함으로써 배추비용이 46.8%

절감(602/1,285)되고 재료비가 23.4% 절감되므로 제조원가는 14.1% 절감된다.

나. 관련산업 기여도

이 기술을 봄배추 저장현장에 적용하여 과잉 생산된 봄배추(312천 톤)를 20,000톤 저장하여 시장격리하면 봄배추 가격이 안정되어(시장격리로 봄배추 가격이 톤당 40만원에서 50만원으로 상승 가정) 농가소득이 312억 원 증가하고, 6월에 봄배추를 톤당 50만원에 구입하여 9월까지 저장하고 100만원에 판매한다고 하면 100억원의 부가가치를 창출할 수 있다.

여름철 3개월간 김치의 제조원가를 14.1% 절감하면 김치공장의 여름철 적자경영을 해소할 수 있어서 김치산업 발전에 기여할 수 있다. 김치공장에서는 90일간 사용할 봄배추를 저장할 수 있는 저온저장고를 확보하는 것이 필요하다.

3. 정량적 연구 성과

정량목표는 특허등록 외에는 모두 달성하였고 고용창출, 학술발표, 교육지도는 초과 달성하였으며, 목표 외에 논문은 3편을 게재하였고 2편이 심사 중이다. 출원한 특허는 현재 심사 중이다.

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용홍보		기타	
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용 창출	투자유치		논문 SC I	논문 SC I	논문 평균 IF			학술 발표	정책 활용		홍보 전시
단위	건	건	건	건	백만원	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	건	명	건	건			
가중치	20	20		10				10					10	20			10			
최종목표	1	1		1				2					2	1			1			
소계	목표	1	1	1				2			0		2	1			1			
	실적	1	0	1				3			3		6	3			1			
종료 1차년도																				
종료 2차년도																				
소계																				
합계	1	0		1				3			3		6	3			1			

연구개발 성과물은 제3장에 자세하게 작성하였음

제5절 연구개발 성과의 활용방안

봄배추를 저장감모율 10.5%로 90일간 저장하는 실용 기술은 봄배추 재배농가, 봄배추 산지유통인, 김치제조업체, 봄배추 수출업체에서 봄배추를 장기 저장하는데 활용할 계획이다.

1. 연구개발성과의 사업화

우선 이번 연구에 참여한 봄배추 재배농가, 산지유통인 및 김치제조업체는 현재 보유하고 있는 저온저장고에 개발한 봄배추 장기저장 신기술을 적용하여 봄배추를 저장하여 사업화한다.

그리고 배추 수출업체와 농수산물유통공사는 위 업체들의 사업화 실적을 확인한 다음에 대량의 봄배추를 저장하는 데에 확대하여 사업을 추진한다.

2. 추가연구 계획

봄배추 포장필름의 타공 면적은 펠릿 당 61.5cm²(직경 14mm 40공)가 적합하였으나 타공 위치와 타공 크기에 대한 최적화 연구가 추가로 필요하다.

타공을 포장필름 상부 꼭지점 부근에 작게(직경 14mm) 4개 뚫고, 옆면 4곳 중앙에 크게(직경 140mm) 하나씩 뚫어 40공 타공 필름포장구와 비교할 계획이다.

또한 봄배추를 저온저장고 전체에 일시에 채우고 1일 3℃씩 냉각하여 0℃에 저장한 경우 저장감모율이 5.6%로 가장 우수하였으나 중륵이 갈변되었는데 이는 필름포장으로 냉기의 유통이 부족하였기 때문으로 분석하였다.

그래서 타공필름을 씌우고 일시에 적재한 다음 냉각속도를 1일 6℃씩 빠르게 냉각하는 연구를 협동기관과 협의하여 추가로 수행할 계획이다.

3. 기술 이전

협동연구기관 이킴의 자회사인 진미농산영농조합법인에 기술을 5년간 통상 실시하였다. 기술 이전을 원하는 봄배추 재배농가, 봄배추 산지유통인, 김치제조업체, 봄배추 수출업체에는 무상으로 통상실시권을 부여하여 기술을 이전함으로써 기술의 활용도를 높일 계획이다.

제 2장 수행 내용 및 결과

제 1절 봄배추 저장 시스템 설계와 저온저장고 리모델링

1. 김치업체 보유 저온저장고 실태 조사

가. 김치업체 봄배추 장기저장 현황

일반적으로 저온저장고 내부온도는 1℃로 설정하여 봄배추를 저장하고 있지만 1℃까지의 적정 도달 시간에 대한 연구는 거의 없다. 이론적으로는 예냉을 통해 빠르게 온도를 낮추는 것이 효과적이라고 알려져 있으나 설치 비용 문제로 설치된 현장이 적고 설치한 저장고에서도 10℃까지 예냉하여 저장하고 있다(대관령원예농협, 서안동농협). 본 연구팀은 선행연구에서 초기 냉각 속도가 느린 경우(1℃/1일) 봄배추의 부패율이 감소한 결과를 확인하여(농림축산식품부, 2018) 본 연구를 통해 최적의 냉각속도를 찾고자 하였다.

청원과수조합에서도 6월 중순에 봄배추를 5일간 분할하여 채우고 저장고를 밀폐한 다음 8월 중순에 꺼내어 김치 공장에 공급하는 사업을 10여년간 수행하였는데 저장 상태가 매우 양호하였다(조합장 현장 인터뷰, 2017).

기체 조성을 제어하여 봄배추를 저장하는 방식은 저장 수율은 좋으나 별도의 가스 조절 장치를 설치해야하기 때문에 높은 설치비와 운영비로 인해 현장 적용이 어렵다.

나. 김치업체 저온저장고 실태조사

봄배추를 저장하기 위한 저온저장고는 국내에서 널리 사용되고 있지만, 규모, 냉각기 용량, 냉각기 위치 등이 다양하다. 협동연구기관인 농협과 이کم 그리고 참여기업인 하늘마음의 저온저장고를 조사하였다.

대표적으로 농협 김치공장이 보유한 저온저장고 72개를 전수 조사한 결과 크기는 10평부터 200평 까지 다양하였는데 대형(50평), 중형(36평), 소형(25평)이 주종이었고 냉각기 용량도 평형별로 매우 다양했다. 일례로 50평형 저장고의 냉각기 용량은 5.6kW부터 38kW까지 다양하고 봄배추를 얼마나 저장해야 할지에 따라 일반화하기 어렵다.

건축유형으로는 철근콘크리트가 48개소, 우레탄판넬 12개소, EPS판넬 7개소가 주종 이었고, 냉각기 위치는 출입문 맞은편이 35개소로 가장 많았고 출입문 위와 측면 순이었다.

따라서 대표적인 저장고 유형을 선정하여 봄배추 저장 시험을 하고 이를 각 저장고 유형에 맞추어 채움률을 시뮬레이션하여 최적화하고 파일럿 저장고에서 시험한 결과를 분석하고 대표적인 저장고 유형에 실증을 거친 뒤 김치공장의 저온저장고에 보급하는 것이 필요하다.

표 1-1. 농협 저온저장고 현황 (총 72개소)

크기(평)	개소	냉각기 용량(kw)	유형	냉각기 위치 (출입문)
10	1	11	EPS판넬	위
20	5	-	철근콘크리트3	맞은편
		11	EPS판넬	측면
		7.5	벽돌우레탄	맞은편
23	1	15	우레탄판넬	맞은편
25	10	26	철근콘크리트4	맞은편
		7.5	철근콘크리트4	위
		22	EPS판넬2	위
26	1	11	철근콘크리트	위
30	3	19	철근콘크리트	위
		22	EPS판넬	측면
		7.5	벽돌우레탄	맞은편
34	1	11	철근콘크리트	위
35	4	11	철근콘크리트	위
		15	철근콘크리트2	맞은편, 측면
		15	우레탄판넬	맞은편
36	20	15	철근콘크리트3	측면
		11	철근콘크리트2	위
		15	우레탄판넬3	측면
		-	철근콘크리트12	맞은편
40	2	22	우레탄판넬2	맞은편
50	22	22	우레탄판넬2	측면
		19	철근콘크리트6	위4 측면2
		38	EPS판넬2	맞은편
		5.6	철근콘크리트	측면
		7.5	철근콘크리트	맞은편
		11	철근콘크리트2	위 측면
		15	철근콘크리트3	위
		22	벽돌우레탄3	맞은편
63	1	7.5	철근콘크리트	맞은편
200	1	80	철근콘크리트	맞은편

다. 농협 보유 저온저장고 실태

부귀농협은 45평 규모로 4개의 저장고를 보유하고 있고 우레탄판넬식이며 22.38kW의 냉각기를 출입문 측벽이나 맞은편에 설치하였다.

수안보농협은 50평 규모로 9개의 저장고를 보유하고 있고 철근콘크리트식이며 23.2kW의 냉각기를 출입문 위나 맞은편에 설치하였다.

순천농협은 200평 규모로 1개의 저장고를 보유하고 있고 철근콘크리트식이며 80kW의 냉각기를 출입문 맞은편에 설치하였다.

서안동농협은 36평 규모로 5개의 저장고를 보유하고 있고 철근콘크리트식이며 16.3kW의 냉각기를 출입문 위나 맞은편에 설치하였다.

여수농협은 22평 규모로 5개의 저장고를 보유하고 있고 스티로폼판넬식이며 17.9kW의 냉각기를 출입문 측벽이나 위에 설치하였다.

전곡농협은 45평 규모로 9개의 저장고를 보유하고 있고 철근콘크리트식이며 13.0kW의 냉각기를 출입문 측벽이나 위 또는 맞은편에 설치하였다.

웅천농협은 36평 규모로 8개의 저장고를 보유하고 있고 철근콘크리트식이며 12.1kW의 냉각기를 출입문 측벽이나 맞은편에 설치하였다.

화원농협은 36평 규모로 1개의 저장고를 보유하고 있고 철근콘크리트식이며 80kW의 냉각기를 출입문 맞은편에 설치하였다.

선도농협은 32평 규모로 4개의 저장고를 보유하고 있고 우레탄판넬식이며 15kW의 냉각기를 출입문 맞은편에 설치하였다.

북과주농협은 40평 규모로 5개의 저장고를 보유하고 있고 벽돌우레탄식이며 16.4kW의 냉각기를 출입문 맞은편에 설치하였다.

1) 부귀농협 저장고 현황

구분	저장고유형	평형	규격(가로×세로×높이, m)	냉각기 용량(KW)	냉각기 위치	비고
1	우레탄 판넬	50	12×12×10	22.38	출입문 측벽	
2	우레탄 판넬	40	11.5×10.5×10	22.38	출입문 맞은편	
3	우레탄 판넬	40	11.5×10.5×10	22.38	출입문 맞은편	
4	우레탄 판넬	50	12×11×10	22.38	출입문 측벽	
평균	-	45	11.8×11×10	22.38	-	

2) 수안보농협 저장고 현황

구분	저장고유형	평형	규격(가로×세로×높이, m)	냉각기 용량(KW)	냉각기 위치	비고
1	철근 콘크리트	50	11×11×4.5	19	출입문 좌측벽	
2	철근 콘크리트	50	11×11×4.5	19	출입문 위	
3	철근 콘크리트	50	11×11×4.5	19	출입문 위	
4	철근 콘크리트	50	11×11×4.5	19	출입문 위	
5	철근 콘크리트	50	11×11×4.5	19	출입문 위	
6	철근 콘크리트	50	11×11×4.5	19	출입문 좌측벽	
7	철근 콘크리트	50	11×11×4.5	19	출입문 위	
8	스티로폼판넬	50	11×11×4.5	38	출입문 맞은편	
9	스티로폼판넬	50	11×11×4.5	38	출입문 맞은편	
평균	-	50	11×11×4.5	23.2	-	

3) 순천농협 저장고 현황

구분	저장고유형	평형	규격(가로×세로×높이, m)	냉각기 용량(KW)	냉각기 위치	비고
1	철근 콘크리트	200	-	80	창고 제일 안쪽 벽면	

4) 서안동농협 저장고 현황

구분	저장고유형	평형	규격(가로×세로×높이, m)	냉각기 용량(KW)	냉각기 위치	비고
1	철근 콘크리트	25	7×12×6	10	출입문 위	4대
2	철근 콘크리트	50	14×12×6	10	창고 안쪽	4대
3	철근 콘크리트	25	7.4×12×6	35	창고 안쪽	멀티형 1세트
4	철근 콘크리트	20	7.5×8.0×5	-	창고 안쪽	3대
5	철근 콘크리트	63	14×15×4	10	창고 안쪽	2대
평균	-	36.6	10×11.8×5.4	16.3	-	-

5) 여수농협 저장고 현황

구분	저장고유형	평형	규격(가로×세로×높이, m)	냉각기 용량(KW)	냉각기 위치	비고
1	스티로폼 판넬	25	-	22.38	출입문 위	
2	스티로폼 판넬	25	-	22.38	출입문 위	
3	스티로폼 판넬	30	-	22.38	출입문 측면	
4	스티로폼 판넬	10	-	11.19	출입문 측면	
5	스티로폼 판넬	20	-	11.19	출입문 측면	
평균	-	22	-	17.90	-	-

6) 전국농협 저장고 현황

구분	저장고유형	평형	규격(가로×세로×높이, m)	냉각기 용량(KW)	냉각기 위치	비고
1	철근 콘크리트	50	12×13.8×4	11.2	출입문 좌측벽	
2	철근 콘크리트	50	12×13.8×4	5.6	출입문 위	
3	철근 콘크리트	50	12×13.8×4	11.2	출입문 위	
4	철근 콘크리트	50	12×13.8×4	14.9	출입문 위	
5	철근 콘크리트	50	12×13.8×4	14.9	출입문 위	
6	철근 콘크리트	50	12×13.8×4	14.9	출입문 좌측벽	
7	우레탄 판넬	36	9.2×13×8	14.9	출입문 위	
8	우레탄 판넬	36	9.2×13×8	14.9	출입문 맞은편	
9	우레탄 판넬	36	9.2×13×8	14.9	출입문 맞은편	
평균	-	45.33	11.1×13.5×5.3	13.04	-	

7) 용천농협 저장고 현황

구분	저장고유형	평형	규격(가로×세로×높이, m)	냉각기 용량(KW)	냉각기 위치	비고
1	철근 콘크리트	35	10.4×11.1×5.5	11.2	출입문 위	
2	철근 콘크리트	26	7.6×11.1×5.5	11.2	출입문 위	
3	철근 콘크리트	26	7.6×11.1×5.5	11.2	출입문 위	
4	철근 콘크리트	36	9.2×13×8	11.2	출입문 위	
5	철근 콘크리트	34	19×5.9×5.5	11.2	출입문 위	
6	철근 콘크리트	36	9.2×13×8	11.2	출입문 위	
7	우레탄 판넬	36	9.2×13×8	14.9	좌측 벽	
8	우레탄 판넬	36	9.2×13×8	14.9	좌측 벽	
평균	-	33.13	10.2×11.4×6.8	12.13	-	

8) 화원농협 저장고 현황

구분	저장고유형	평형	규격(가로×세로×높이, m)	냉각기 용량(KW)	냉각기 위치	비고
1	철근 콘크리트	36	-	80	출입문 맞은편	12동

9) 선도농협 저장고 현황

구분	저장고유형	평형	규격(가로×세로×높이, m)	냉각기 용량(KW)	냉각기 위치	비고
1	우레탄 판넬	35	7×13×8	15	출입문 맞은편	
2	우레탄 판넬	23	6×13×8	15	출입문 맞은편	
3	철근 콘크리트	35	7×13×6	15	출입문 맞은편	
4	철근 콘크리트	35	7×13×6	15	출입문 맞은편	
평균	-	32	6.8×13×7	15	-	-

10) 북과주농협 저장고 현황

구분	저장고유형	평형	규격(가로×세로×높이, m)	냉각기 용량(KW)	냉각기 위치	비고
1	벽돌 우레탄	50	17×10×6	22.38	출입문 맞은편	
2	벽돌 우레탄	20	7×10×6	7.46	출입문 맞은편	
3	벽돌 우레탄	30	10×10×6	7.46	출입문 맞은편	
4	벽돌 우레탄	50	17×10×6	22.38	출입문 맞은편	
5	벽돌 우레탄	50	17×10×6	22.38	출입문 맞은편	
평균	-	40	13.6×10×6	16.41	-	-

라. 이킴과 하늘마음 저온저장고 실태

이킴은 45평 규모로 5개의 저장고를 보유하고 있고 우레탄판넬식이며 62.4kW의 냉각기를 출입문 맞은편이나 측면에 설치하였다.

하늘마음은 10평과 50평 규모의 지하저장고를 보유하고 있고 철근콘크리트 식이며 각각 3.5kW와 15kW의 냉각기를 출입문 맞은편과 측면에 설치하였다.

1) 이킴 저장고 현황

구분	저장고유형	평형	규격(가로×세로×높이, m)	냉각기 용량(KW)	냉각기 위치	비고
1	우레탄 판넬	32	-	52	출입문 맞은편	
2	우레탄 판넬	36	-	52	출입문 맞은편	
3	우레탄 판넬	39	-	52	출입문 측면	
4	우레탄 판넬	45	-	52	출입문 맞은편	
5	우레탄 판넬	72	-	104	출입문 측면	
평균	-	44.80	-	62.40	-	-

2) 하늘마음 저장고 현황

구분	저장고유형	평형	규격(가로×세로×높이, m)	냉각기 용량(KW)	냉각기 위치	비고
1	철근 콘크리트	10	-	3.8	출입문 맞은편	
2	철근 콘크리트	50	-	22	출입문 측면	
평균	-	30.00	13.6×10×6	12.90	-	-

마. 봄배추 저장실험 저장고 규모와 저장량

이번 봄배추 저장에 참여한 전곡농협과 수안보농협은 50평형 저장고 9개로 많이 보유하고 있음에도 불구하고 성수기 저장고가 부족하고 6월 중하순에 저장한 봄배추를 최대 8월 초순(약 50일)까지 사용하면 모두 소진되어 90일

까지 저장할 저장고가 없었다. 그래서 각 농협별로 어렵게 1개소씩 4개소, (주)이킴에서 3개소, (주)하늘마음에서 1개소 총 8개소에서 봄배추 장기저장시험을 실시하였다.

2. 봄배추 저장기술 수준과 시장현황

가. 국내 기술수준 및 시장현황

(1) 기술현황

계절과 기후 변화에 좌우되는 배추 수급 변동을 안정화시키기 위해서 봄배추 장기 저장 기술의 개발이 필요하며, 국내에서도 예냉, 예건, 저온유통용 배추 포장상자 개발 등에 대한 연구가 진행되었다.

한국식품연구원에서는 45℃에서 2분 동안 건식열처리를 하고 배추 상자에 뿌리를 상향 함입하여 다공성천연석으로 피복한 후, LDPE로 포장하여 MAP 병용처리하는 저장 기술을 개발하였다. 상기 전처리 기술을 적용하여 봄배추를 0℃에서 저장한 결과 100일까지 저장성을 연장할 수 있었다. 하지만, 배추를 밑에서 수확하여 전처리장으로 이송한 다음 하차하여 전처리하고 다시 상자에 담아 포장해야하기 때문에 현장 적용이 어렵다(농림축산식품부, 배추 수급 안정화를 위한 배추저장 및 소규모 절임배추 생산 현장 적용기술 개발, 2015).

또한, 봄배추의 선도를 연장하기 위해서 팔레트에 적재한 봄배추를 10℃로 24시간 동안 예냉하고 LDPE 필름을 이용하여 MAP 처리한 후, 플라즈마 발생 장치가 설치된 저온저장고에서 1℃로 12주간 저장하는 연구를 수행하였다. 저장 12주에 대조구보다 낮은 13%의 정선손실율을 보였고 관능검사 결과도 김치 가공이 가능한 6점 이상으로 나타났지만, 팔레트 단위로 기체 조성을 조절해야하기 때문에 50-100톤의 대량을 저장고 단위로 저장하는 봄배추 저장 현장에 적용하기에는 번거로움이 있다(한국 식품연구원, Pallet Unit MAP 포장과 플라즈마 복합처리가 봄배추의 선도 연장에 미치는 효과, 2018).

농촌진흥청에서도 팔레트 단위의 기체제어(CA) 저장시스템과 포장기를 개발하고 김장 채소를 대상으로 현장 시험을 하여 저장 기간을 2배 이상으로 연장시키는 연구를 진행 중이다. 하지만 하루에 200-1000개의 팔레트를 저장고에 입고해야하는 현장에서 팔레트 단위로 포장하는 기술을 적용하기에는 어려움이 있다(농촌진흥청, 팔레트 단위 기체제어 저장 시스템을 이용한 김장채소의 저장성 향상 연구, 2018).

(2) 시장현황

봄배추는 연평균 345천 톤이 6월에 집중 생산되어 공급 과잉으로 가격이 폭락하고, 여름배추는 3개월(7-9월)동안 179천 톤이 생산되어 공급량이 부

족하고 기상 환경에 따른 수확량도 불균일하여 가격이 폭등하는 현상이 매년 반복되고 있다.

표 1-2. 봄배추와 여름배추의 생산량

(천 톤)

년도	계	봄배추	여름배추	가을배추	겨울배추
평균(3년)	2,329(100%)	345(15%)	179(7%)	1,557(67%)	249(11%)
2013	2,388	384	201	1,538	267
2014	2,539	364	183	1,698	293
2015	2,060	287	150	1,436	187
경기	195	47	-	148	-
강원	263	26	137	100	-
충북	173	20	-	154	-
충남	176	17	-	159	-
전북	211	30	4	177	-
전남	653	62	-	410	180
경북	207	57	8	142	-
경남	89	11	1	77	-
제주	13	6	-	-	7
기타	80	12	-	68	-

(3) 지식재산권 현황

배추 저장 관련 특허는 5개의 등록 특허와 1개의 공개 특허가 있다.

온습도의 균일 제어가 가능한 저온저장고는 2017년에 등록된 특허로 온도와 습도의 편차를 최소화하여 농산물을 장기간 저장하기 위한 방법이다. 하지만 부패되기 쉬운 봄배추에 적용하면 저장 수율이 감소할 우려가 있으므로 본 연구에서는 온도 및 습도 뿐만 아니라 채움률을 조절하여 기체 조성까지 고려한 최적의 봄배추 저장 기술을 개발하기로 하였다.

농산물 저장 시스템 및 이를 이용한 농산물 저장 방법 특허는 2017년에 등록된 것으로 저장고의 에틸렌 농도를 낮춤으로써 농산물의 품질 변화를 억제하는 방안이지만, 에틸렌이 배추에 큰 영향을 미치지 않으므로 본 연구에서는 산소 및 이산화탄소 농도를 주로 고려하기로 하였다.

농산물 저장 시스템 방법 특허는 2016년에 등록된 것으로 농산물의 호흡 작용을 억제시킴으로써 장기간 신선하게 저장하기 위해서 저장고의 산소 농도를 낮추고 이산화탄소 농도를 증가시키는 방안이지만, 높은 설치비와 운영비로 인해 김치 제조 업체 현장 적용이 어렵다. 본 연구에서는 기존

저온저장고를 최대한 활용하여 채움률에 따른 기체의 자연적 조정으로 배추의 저장성을 향상시키고자 하였다.

한국식품연구원에서도 배추 저장을 다년간 연구하였으며 현재 몇 가지 기술은 현장 적용을 추진하고 있고, 농촌진흥청에서도 배추를 팔레트 단위로 포장하여 기체를 조절하는 연구를 하고 있으나 하루에 수백톤의 봄배추를 저장해야하는 현장에서 적용하기에는 번거로움이 있으므로 추가연구를 지속하고 있다.

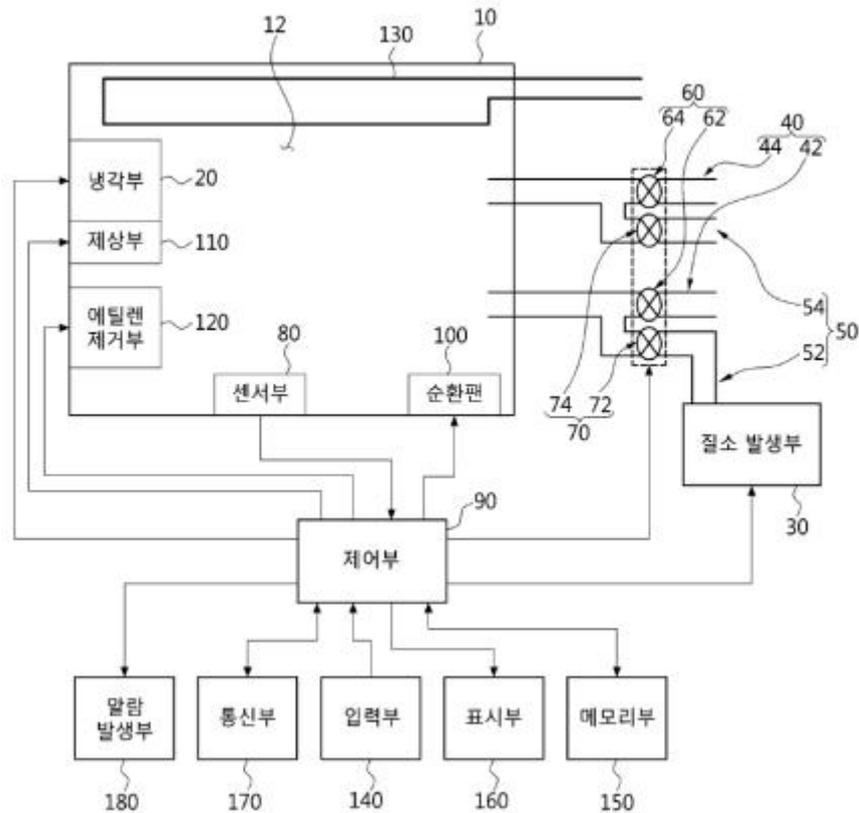


그림 1-1. 농산물 저장 시스템 및 이를 이용한 농산물 저장 방법

나. 국외 기술수준 및 시장현황

(1) 기술현황

국외에서는 저장고의 산소 농도를 낮추고, 이산화탄소 농도를 증가시킴으로써 농산물의 호흡 작용을 억제시켜 저장 기간을 연장하는 CA(controlled atmosphere) 저장 기술을 활발하게 연구되고 있다.

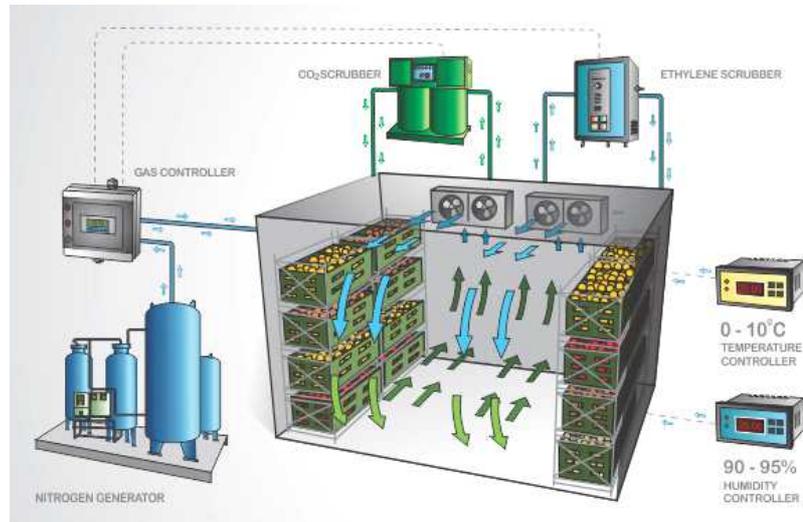


그림 1-2. 농산물 CA 저장고 개념도

(2) 시장현황

이탈리아, 미국, 일본 등 수확 후 관리 기술이 선진화된 국가에서는 고급 농산물 저장의 60% 이상에서 기체 조성 제어를 이용한 저장 시설을 이용하고 있다.

(3) 경쟁기관현황

이탈리아 Isolcell, 미국 Storex, 네덜란드 Besseling 등은 기체 조성 제어를 이용한 저온저장고를 개발하여 판매하고 있으나, 설치 및 운영 비용이 비싸기 때문에 저가격 대용량의 봄배추에 적용하기에는 어려움 있다.

(4) 지식재산권현황

국외에서는 온습도 및 기체 조성 제어에 의한 농산물 장기저장 기술이 범용화 되어 있기 때문에 특허로 보호되는 경우가 적다.

3. 저장 시스템 설계

가. 저장실 크기

저장실의 빈번한 입·출고는 냉기손실을 초래하여 저장실 내의 적정온도의 유지가 어렵고 과도한 전력비 지출의 원인이 된다. 따라서 1회 입고물량을 고려하여 저장실 규모를 결정하되 저장품의 종류와 저장온도, 입출고 기간 등에 따라 저장실의 수와 크기를 계획하여야 한다. 공사비와 유지관리비 등을 고려할 때 과도하게 저장실 수를 계획하는 것은 바람직하지 않으며 현재 임대 국내 수요가 많은 저장고 규모는 30-50평으로 알려져있다. 현장 조사결과도 저장고는 평균 37.7 평으로 확인되어 배추 저장고의 크기는 30-40평이 적절하다고 보여진다.

나. 냉동기 설계

(1) 냉각방식: 고내온도와 냉각기 표면온도차를 작게 유지하는 간접냉각방식

(2) 냉매: 자연냉매인 암모니아(NH₃) 또는 탄산가스(CO₂)

(3) 냉각 및 설비

- 건식 냉각방식을 적용하여 -5℃까지 냉각 가능하게 함
- 유니트 쿨러는 천정형을 선택하여 취출된 냉각공기는 가능한 저정물품에 골고루 접하도록 함
- 콘덴싱 유니트는 저장실별로 개별 설치함
- 온도식(감온식) 자동팽창변에 의한 냉매공급·증발이 되게 하고, 냉매의 자동급액을 위하여 액관에도 전자변(Solenoid valve)을 설치함

(4) 냉동기 부하계산

① 벽체, 천정, 바닥 등으로 부터의 외부침입 열량(Q1)

② 입출고에 따른 환기에 의한 외기침입 열량(Q2)

③ 저장물품의 냉각에 필요한 열량(Q3)

④ 저장물품의 호흡열 냉각에 필요한 열량(Q4)

⑤ 작업원에 의한 발생열량(Q4)

⑥ 동력(전등, 모터, 히터 등)에 의한 발생열량(Q5)

⑦ 안전율(15%)

⑧ 부하합계(Q6) : $\sum(Q1+ \dots + Q5) \times 1.15$

부하합계는 ⑧과 같이 계산되며, 현장 조사결과 평당 냉동기 용량은 0.7kW로 저장고 30평 기준의 용량은 21kw 이었다.

다. 방열설계(단열성, 기밀성)

저온저장의 목적은 입고된 물품의 품질을 양호하게 유지하는 것으로 저장실 온도가 항상 적정한 온도로 유지되어야 한다. 벽체를 통해 침입하는 열량은 단열재 종류, 두께에 차이는 있지만 냉동부하의 약 30%를 차지하고 있어 벽체를 통해 침입하는 열량을 낮추기 위해 단열을 해야 한다. 단열재 중 열전도도가 낮은 공기층에 의한 것으로 공기를 함유하고 있는 단열재일수록 효과가 좋고 프레온가스를 충전한 경질 우레탄폼도 양호하다.

현장 조사결과 건축유형은 철근콘크리트가 48개소(66%)로 가장 많았고 단열재는 대부분 우레탄 폼을 사용하는 것으로 분석되었다.

저장고 문도 방열문을 사용해야 하는데, 문의 회전은 지도리식(hinge type)이 아닌 미닫이식(sliding door type)을 사용하고 방열문 개폐는 레일을 사용하였다.



그림 1-3. 미단이식 저온저장고 방열문

라. 결로방지 설계

공기를 냉각하여 포화온도 이하가 되면 공기 중의 수분은 제습되는데 0℃ 이상에서는 물의 형태로 0℃ 이하에서는 서리의 형태로 제습된다. 서리는 냉각관에 붙어서 열저항을 발생시키고 냉각기의 전열성능을 저하시키므로 적절한 시간에 착상상태를 확인하여 제상해야 한다. 제상방법은 고온가스 제상(Hot gas defrost) 방법 이 가장 효율적이고 에너지 절약면에서도 우수하다.

마. 냉기순환시스템 설계

유니트 쿨러는 출입문 반대편 상단에 배치하고 저장고 내 온도분포를 고르게 하기 위해서 팠릿과 벽면 사이, 천장 사이에 공기통로가 확보되도록 적재해야한다. 일반적으로 중앙통로 50cm, 팠릿과 벽면 및 팠릿 열간 10-20cm, 천장으로부터는 50cm 이상의 바람통로 공간을 확보해야 한다.

현장 저장고 조사결과, 냉각기 위치는 저장고의 구조에 따라 달라지지만 일반적으로 출입문 맞은편이 가장 많았고, 유니트 쿨러 하단의 바닥에서 1m 위의 벽면에 덕트를 설치하여 냉기가 바닥을 거쳐 흡입되도록 벽면덕트를 설치하는 경우도 있었다.

마. 온습도 설계

(1) 개요: 배추의 저장조건은 0-1℃, 90-95%RH, O₂ 2%, CO₂ 5-10%로 알려져 있지만 이러한 조건에 이르는 시간, 즉 1℃까지 냉각하는 데 걸리는 시간(냉각속도)이 어느 정도가 최적인지 연구된 바가 없다.

(2) 설계모델

(가) 채움률에 따른 냉각속도와 냉각온도 조절

1차년도에서는 저장고의 채움률을 달리하여 냉각온도와 냉각속도를 구현할 수 있는 봄배추 채움률을 계산하여 1일 100%, 50%, 33, 25%, 20%

로 차등 저장하여 실험을 수행하였으나, 채움률에 따른 냉각속도 조절이 이뤄지지 않아서 2차년도에서 실제 저장고 온도를 조절하는 것으로 변경하였다.

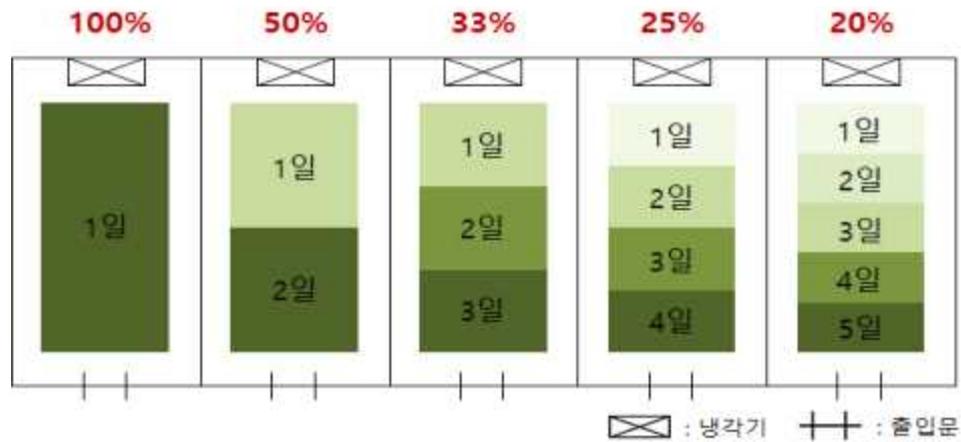


그림 1-4. 봄배추 채움률 시험

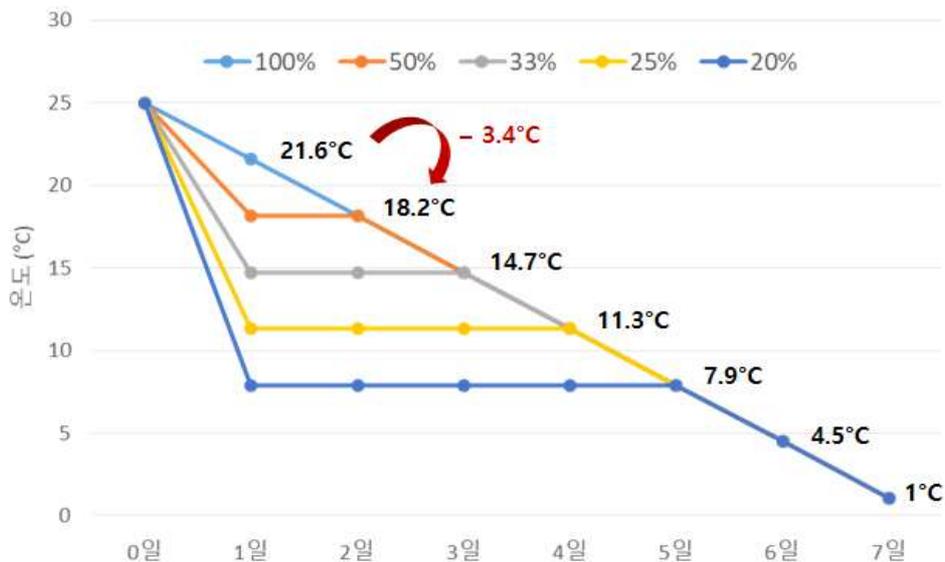


그림 1-5. 채움률별 냉각속도와 냉각온도 예상모델

(나) 저장고 냉각속도별 냉각온도 조절

2차년도는 냉각속도를 달리하여 저장고의 냉각온도를 조절하였다. 저장시험을 위해 0.5HP 유니트쿨러가 설치된 파일럿 저장고 5칸에 1일 8°C씩(고중속냉각), 1일 6°C씩(중중속냉각), 1일 4°C씩(저중속냉각), 1일 2°C씩(완만냉각), 1일 1°C씩(초완만냉각) 냉각하는 속도로 설정하고, 급속냉각과 비교하기 위해 1HP 유니트쿨러가 설치된 파일럿 저장고 1칸을 대조구로 1일 24°C(급속냉각) 냉각속도로 설정하였다. 저장 0일차에 모든 처리구와 대조구에 배추를 30상자씩 입고하여 실험을 수행하였다.

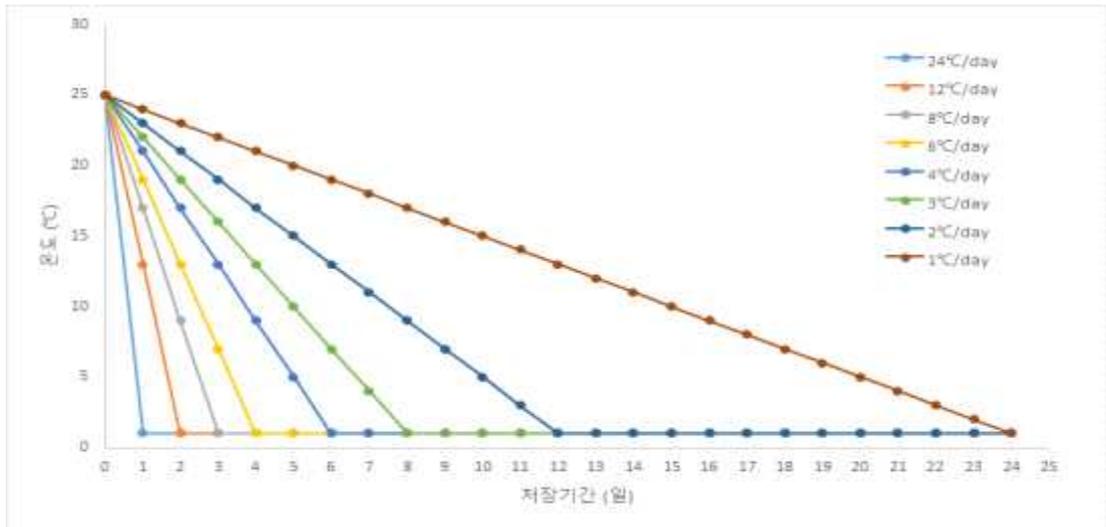


그림 1-6. 봄배추 냉각속도와 냉각온도 예상모델

(다) 냉각속도 변형모델 설계

냉각속도 변형모델은 초기 25°C에서 1°C까지 16일간 냉각하는 속도(1.5°C/day) 기준으로 급냉, 완냉, 저냉, 고냉, 저장, 고장, 저단, 고단 방식으로 냉각하는 속도로 설정하고 개별 저장고의 냉각능력(속도)를 측정하면서 실험에 수행하였다.

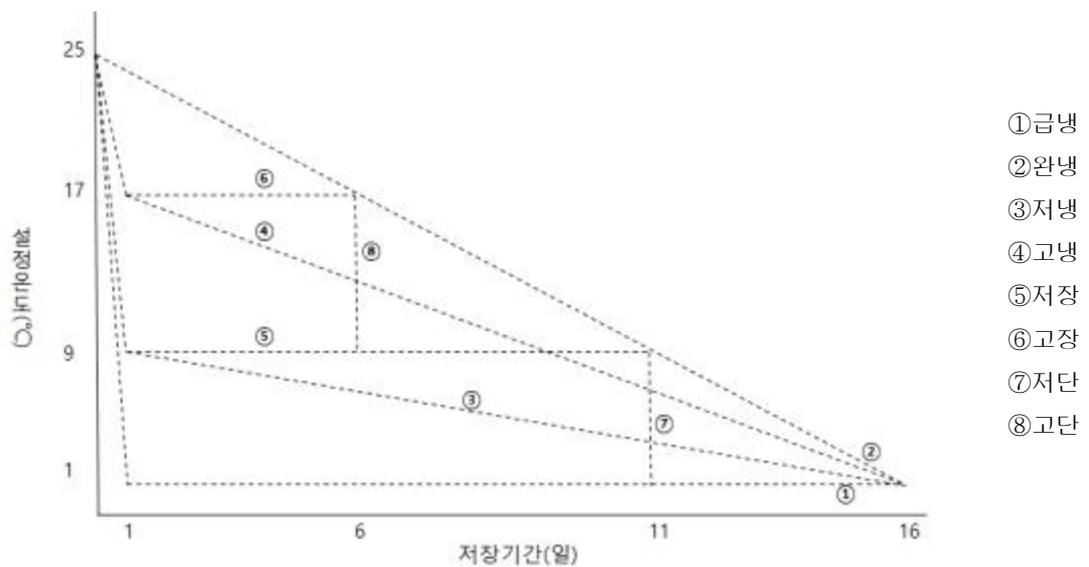


그림 1-7. 봄배추 냉각속도 변형모델

(라) 결과요약

냉각속도가 너무 느리면(약 20일) 배추가 부패하고 너무 빠르면(1일) 냉

장 장애가 발생되고 저장성이 나빠졌다. 봄배추 장기저장 온도는 동절기 배추저장에 비해 1-2℃ 가량 높은 1-2℃, 90-95%RH 가 적합하며 냉각 속도는 냉동기 용량, 채움률에 따라 다를 수 있지만 1일 4-6℃도 단계적으로 냉각하는 것이 바람직하였다.

바. 가스농도(산소/이산화탄소) 제어시스템 설계

저장고의 산소 및 이산화탄소 농도는 인위적으로 조절(CA)할 수 있으나 시설과 비용이 많이 소요되어 현장 배추 저장고에 적용하기는 어렵다. 저장 배추 호흡으로 저장고 내부의 산소 농도는 감소하고 이산화탄소 농도는 증가되는데 저온저장 시에서는 변화량이 적고 채움률에 따라서도 달라진다. 저장고 내부에 CA 등의 별도 제어시스템 운영보다는 MAP(modified atmosphere packaging) 포장을 통해 간접적으로 조절하는 것이 효과적이라고 판단된다.

표 1-3. 온도별 배추 호흡속도와 저장고내 산소 예상 감소량

배추 온도 (℃)	호흡속도 (CO2 L/ton/h)	O2 감소량 (L/day)	O2 10% 도달일수 (day)
25	8.75	210	2.5
20	7.25	174	3.0
15	5.75	138	3.8
10	4.25	102	5.0
5	2.75	66	8.0
0	1.60	38	14.0

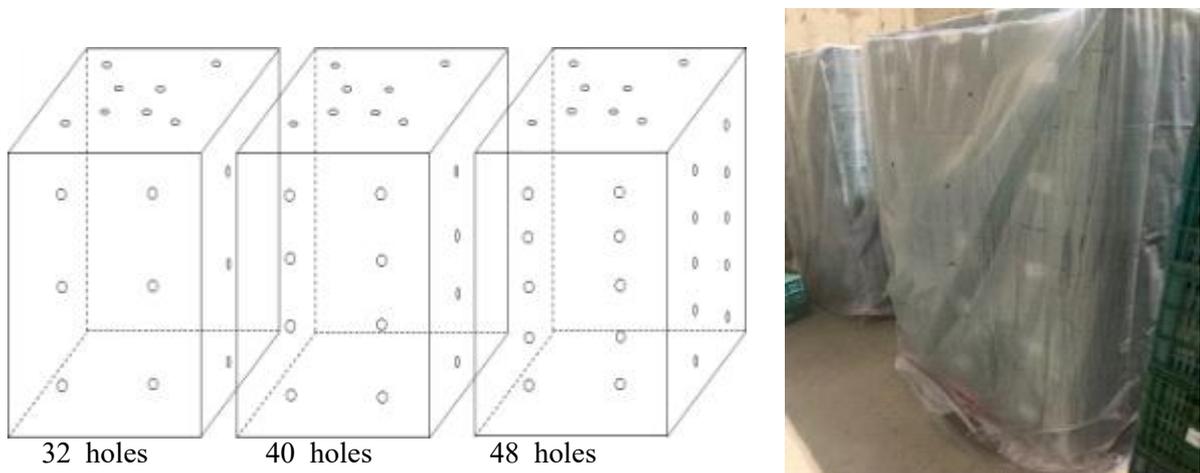


그림 1-8. 배추 펠릿 단위 MAP 포장방법

4. 온습도와 기체조성 통합센서 구성 및 설치

온습도와 기체조성(산소, 이산화탄소)은 냉기가 잘 순화하는 구조에서는 위치별로 큰 차이를 보이지 않지만 저장고 내부 환경을 모니터링하기 위해서는 유니트 쿨러가 부착된 벽면과 맞으편 벽의 지상에서 1.5m 위치에 설치하는 것이 바람직하다.

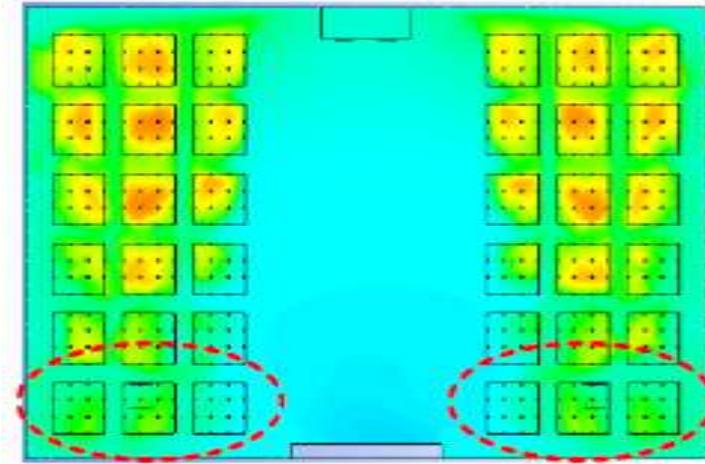


그림 1-9. 시뮬레이션을 활용한 저장고 내부의 온도분포

5. 기존 저온저장고의 리모델링

가. 파일럿 저장고 설계와 건축

파일럿 시험용 저장고는 보은 하늘마음 지하저장고 내부 공간에 설치하여 사용하였다. 저장고는 냉각속도 시험을 수행하기 위하여 대조구를 포함하여 6개 저장고와 입구 전실을 이용하였고, 저장고는 내부치수가 가로 1300mm, 깊이 1500mm, 높이 2000mm로 하고 내부 뒷부분에 0.5HP 쿨러를 설치하고 외부 윗공간에 실외기를 설치(대조구는 1HP)하고 내부의 열을 빼내기 위하여 전실에 3HP 용량의 냉각기를 추가로 설치하였다.

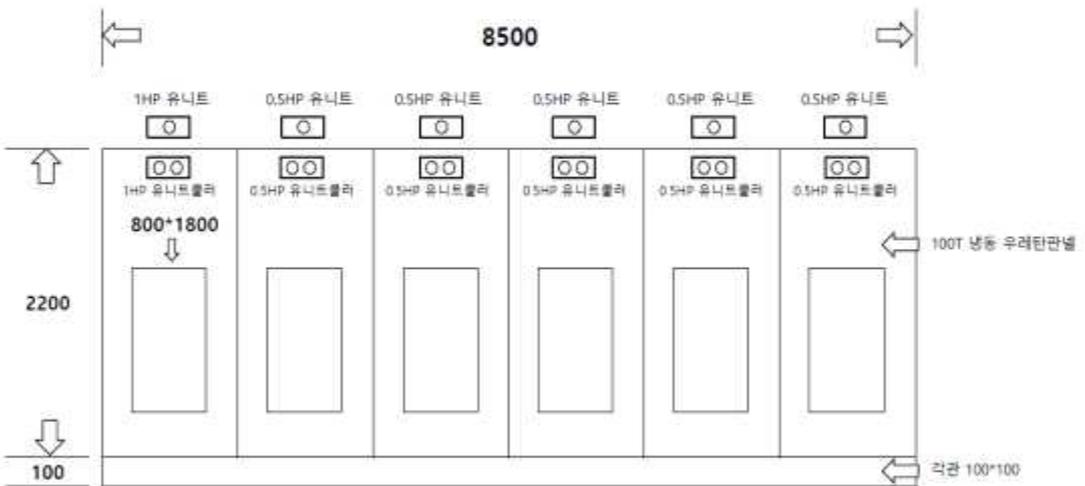
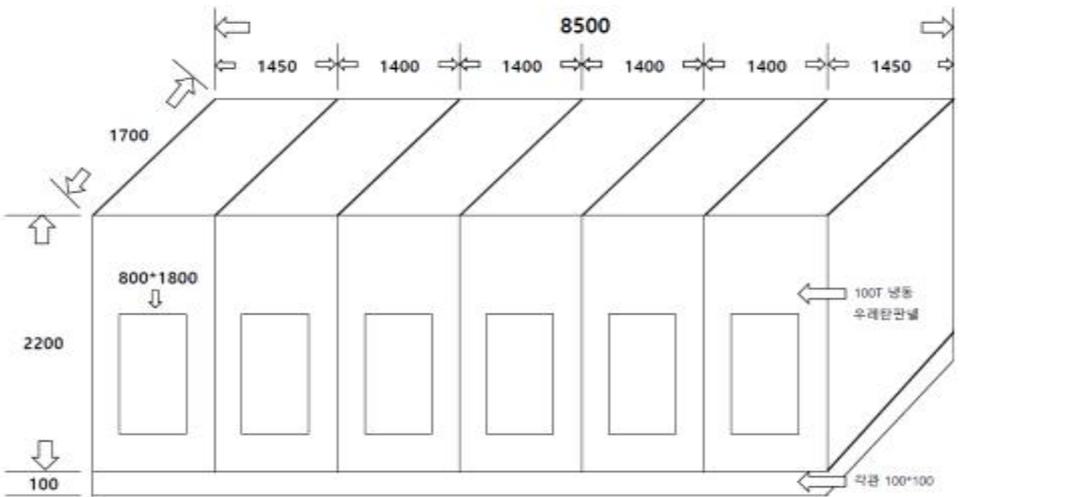
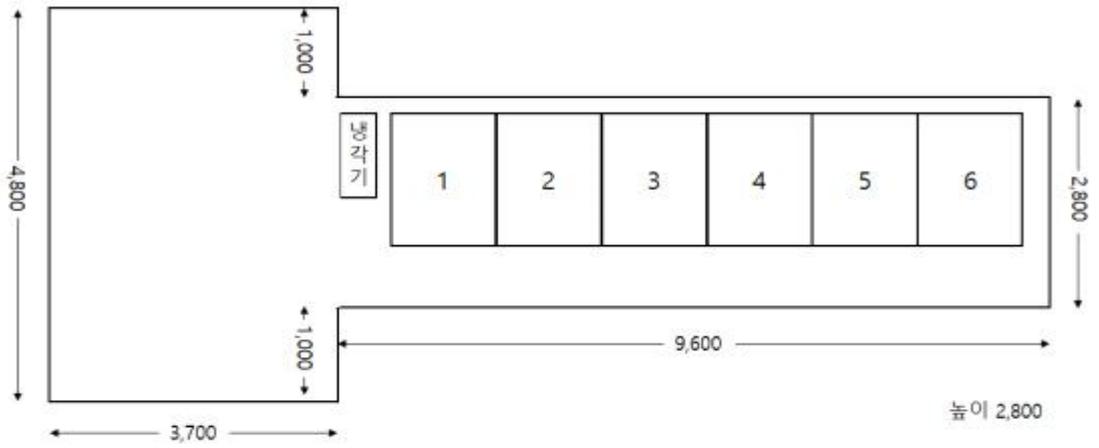




그림 1-10. 파일럿 저장고 도면 및 설치 사진

나. 현장 저장고 리모델링

- (1) 단열: 벽체를 통해 침입하는 열량을 낮추기 위한 단열방법은 벽면에 우레탄폼을 시공하였다.
- (2) 냉각기 용량: 1차 실험에서 봄배추의 초기품온으로 인해 저장고 온도를 조절하지 못하여 기존(5 HP) 유니트쿨러 1대를 제거하고 냉동기 3마력 용량 2개를 설치하여 사용하였다.
- (3) 출입문: 기존 저장고의 지도리식(hinge type)의 밀폐부복을 개선하기 위하여 미닫이식(sliding door type) 방열문으로 교체하였다. 방열미닫이식 문으로 냉기가 유출되는 것을 방지하고 문의 개폐는 레일을 사용하여 기밀성을 유지하도록 하였다.

제 2절 봄배추 분할채움 저장기술 개발

1. 채움률별 저장온도 변화 및 장기저장 특성 평가

가. 시험개요

채움률별 저장고 내부의 온도변화를 조사하기 위하여 겨울배추를 대상으로 예비시험 하였다. 배추는 2019년 1월 28일 오전에 진도에서 수확한 청남 품종으로 플라스틱 배추상자에 4-5포기씩 담아서 트럭에 1000상자를 싣고 보은 파일럿 저장고 전실에 하역하였다.

채움률 저장 시험을 위해 0.5HP 유니트쿨러가 설치된 파일럿 저장고 5칸에 채움률을 100%, 50%, 33%, 25%, 20%로 차등하여 저장하였다. 급속냉장과 비교하기 위해 1HP 유니트쿨러가 설치된 파일럿 저장고 1칸을 대조구로 설정하였다.

저장 1일차에는 채움률별로 5개 저장고에 100%는 30상자 전부, 50%는 15상자 1/2, 33%는 10상자 1/3, 25%는 8상자 1/4, 20%는 6상자 1/5로 적재하였고, 대조구 1개 저장고에 15상자를 적재하였다. 2일차에는 채움률 100%를 제외한 4개 저장고에 50%는 15상자 전부, 33%는 10상자 2/3, 25%는 7상자 2/4, 20%는 6상자 2/5로 적재하였다. 3일차에는 채움률 100%와 50%를 제외한 3개 저장고에 33%는 10상자 전부, 25%는 8상자 3/4, 20%는 6상자 3/5로 적재하였다. 4일차에는 채움률 100%, 50%, 33%를 제외한 2개 저장고에 25%는 7상자 전부, 20%는 6상자 4/5 적재하였다. 5일차에는 채움률 100%, 50%, 33%, 25%를 제외한 1개 저장고(20%)에 6상자 전부를 적재하였다.

겨울배추는 2℃에서 90일간 저장하면서 60, 70, 80, 90일차에 각각 2상자씩 꺼내어 품질을 평가하였다. 품질은 중량감소율, 정선손실률, 건전률, 부패율, 장해발생률, 김치원료사용률을 측정하였다.

최적 냉각온도와 냉각속도를 구명하기 위해 각 저장고에 실시간 온습도 기록계(Saveris 2-H1, Testo, Lenzkirch, Germany)와 복합가스 측정기(GasAlert Micro5, Honeywell, Charlotte, North Carolina, USA)를 설치하여 저장 기간 동안 온도, 습도, 산소, 이산화탄소농도의 변화를 분석하였다.



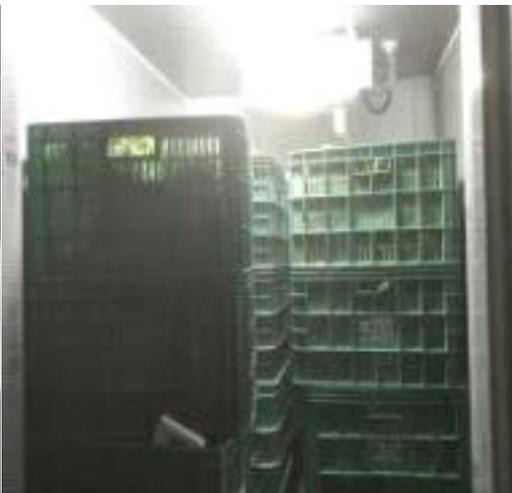
겨울배추 저장고 전실에 하역



배추 상자에 표지부착



겨울배추 품질확인



파일럿 저장고에 배추 입고



산소, 이산화탄소 가스기록계



저장고 온도설정

그림 2-1. 겨울배추 파일럿 저장 시험사진

나. 저장 겨울배추의 품질 측정 방법

(1) 중량감소율

배추의 무게를 처리구 당 5상자씩 상자 단위로 측정하여 다음 식에 의해 저장기간 동안 초기 무게에 대한 감소율을 백분율로 나타내었다.

$$\text{중량감소율(\%)} = \frac{\text{저장 전 중량} - \text{저장 후 중량}}{\text{저장 전 중량}} \times 100$$

(2) 정선손실률

건조되거나 부패하여 이용이 불가능한 배추의 겉잎을 제거하여 정선된 배추의 중량을 측정한 다음 정선 전 중량에 대한 변화량을 백분율로 표기하였다.

$$\text{정선손실률(\%)} = \frac{\text{정선 전 중량} - \text{정선 후 중량}}{\text{정선 전 중량}} \times 100$$

(3) 건전율

배추 2상자 10포기를 꺼내 파손되거나 마른 잎을 떼어내고 표면을 육안으로 관찰하여 김치 원료로 사용 가능 여부를 (가/부)로 평가하였다.

(4) 부패율

건전율을 측정한 배추를 이절하여 내부의 부패 여부를 (가/부)로 평가하였다.

(5) 장해발생률

배추 2상자 10포기를 꺼내 육안으로 관찰하여 깨씨무늬증, 괴사반점, 무름병, 중록괴사를 대표 사진과 비교하여 조사하였다. 장해발생률은 한 잎에서라도 장해가 발생하면 발병한 배추로 판단하여 다음 식으로 측정하였다.

$$\text{장해발생률(\%)} = \frac{\text{장해 발생 배추 포기}}{\text{총 배추 포기}} \times 100$$

(6) 김치원료 사용률

부패 발생 부위를 제거하고 김치 원료로 쓸 수 있는 배추의 무게를 측정하여 김치 원료 사용률로 측정하였다.

$$\text{김치원료사용률(\%)} = \frac{\text{장해부위 제거 후 무게}}{\text{장해부위 제거 전 무게}} \times 100$$

(7) 온습도 변화

저장고의 온도와 습도는 온습도기록계(Saveris 2-H1, Testo, Lenzkirch, germany)를 이용하여 배추상자 중단에 설치하여 측정하였다.

(8) 기체 농도 변화

저장고의 기체 농도는 온습도기록계(Gas Alert Micro5, BW technologies, Calgary, Canada)를 이용하여 배추상자 하단에 설치하여 측정하였다.

다. 겨울배추의 저장 결과

(1) 저장 0일차 겨울배추의 품질

(가) 배추의 초기중량

채움률별 겨울배추 5상자의 초기무게는 평균 17.55 kg으로 한 포기 무게는 평균 3.51 kg 이었다.

표 2-1. 저장 0일차 겨울배추의 초기중량

채움률	대조구	100%	50%	33%	25%	20%	평균
1	17.60	18.65	16.65	18.70	16.25	17.90	17.63±1.01
2	18.45	19.30	18.55	16.40	17.70	19.55	18.33±1.15
3	17.40	15.70	18.40	15.10	18.15	15.95	16.78±1.38
4	18.05	18.45	16.35	15.50	18.10	17.65	17.35±1.16
5	18.50	18.15	20.05	15.60	17.00	16.55	17.64±1.59
평균	18.00±0.49	18.05±1.38	18.00±1.52	16.26±1.44	17.44±0.81	17.52±1.39	17.55±0.68

(나) 정선손실률

배추 10포기의 초기 중량은 33.35 kg, 정선 후 중량은 29.45 kg으로 정선손실률은 11.69%이었다.

(다) 건전율

저장 0일차 배추는 모두 김치원료로 사용 가능하여 건전율은 100%로 평가되었다.

(라) 부패율

저장 0일차 배추는 부패하지 않아서 부패율은 0%로 평가되었다.

(마) 장해발생률

저장 0일차 배추의 겉잎에서 괴사반점이 다수 관측되었으나 겉잎을 3-5장 제거하면 깨끗하였다. 깨씨무늬증, 무름병, 중록갈변은 발생하지 않았다.

① 깨씨무늬증 : 발생없음

② 괴사반점 : 겉잎을 3-5장 제거하면 깨끗하였다.

③ 무름병 : 발생없음

④ 중록갈변 : 발생없음

그리고 김치원료 사용률은 100%였다.

(2) 저장 60일차 겨울배추의 품질

(가) 겨울배추의 중량감소율

채움률별 중량감소율은 저장 60일차에 평균 $7.33 \pm 0.51\%$ 였는데 대조구가 $7.13 \pm 2.27\%$, 채움률 100%가 $7.57 \pm 1.85\%$, 채움률 50%가 $6.93 \pm 0.66\%$, 채움률 33%가 $8.20 \pm 1.47\%$, 채움률 25%가 $7.37 \pm 1.13\%$, 채움률 20%가 $6.80 \pm 1.32\%$ 였다. 그리고 5단으로 적재한 상자의 상단 1번과 하단 5번 상자의 중량이 냉풍의 영향으로 더 많이 감소하였다.

표 2-2. 저장 60일차 겨울배추의 중량감소율(%)

채움률	대조구	100%	50%	33%	25%	20%	평균
1	11.08	6.17	6.23	7.22	8.62	5.87	7.53 ± 2.01
2	5.69	5.18	7.95	10.06	7.34	5.12	6.89 ± 1.94
3	5.75	9.55	7.07	9.27	7.71	7.21	7.76 ± 1.44
4	6.09	8.94	6.47	6.45	5.52	7.37	6.81 ± 1.21
5	7.03	7.99	6.91	8.01	7.65	8.46	7.68 ± 0.60
평균	7.13 ± 2.27	7.57 ± 1.85	6.93 ± 0.66	8.20 ± 1.47	7.37 ± 1.13	6.80 ± 1.32	7.33 ± 0.51

(나) 겨울배추의 정선손실률(%)

저장 60일차 정선손실률은 평균 $16.91 \pm 1.23\%$ 였는데 채움률별 정선손실률은 대조구가 $18.11 \pm 3.79\%$, 100% 채움률이 $17.10 \pm 6.50\%$, 50% 채움률이 $17.96 \pm 6.32\%$, 33% 채움률이 $17.07 \pm 2.97\%$, 25% 채움률이 $14.73 \pm 3.95\%$, 20% 채움률이 $16.47 \pm 4.28\%$ 로 나타났다. 특히 저장고에 배추를 25% 채웠을 경우 정선손실률이 가장 낮게 나타났다.

표 2-3. 저장 60일차 겨울배추의 정선손실률

채움률	대조구	100%	50%	33%	25%	20%	평균
정선 전 중량	2.58 ± 0.50	2.91 ± 0.65	3.39 ± 0.82	2.65 ± 0.38	3.27 ± 0.44	3.47 ± 0.77	3.05 ± 0.38
정선 후 중량	2.13 ± 0.50	2.41 ± 0.57	2.82 ± 0.81	2.19 ± 0.30	2.78 ± 0.28	2.90 ± 0.68	2.54 ± 0.34
정선 손실률	18.11 ± 3.79	17.10 ± 6.50	17.96 ± 6.32	17.07 ± 2.97	14.73 ± 3.95	16.47 ± 4.28	16.91 ± 1.23

(다) 겨울배추의 건전율

저장 60일차 배추는 모두 김치원료 사용 가능하여 건전율은 100%로 평가되었다.

(라) 겨울배추의 부패율

저장 60일차 배추는 부패하지 않아서 부패율은 0%로 평가되었다.

(마) 겨울배추의 장해발생률

저장 60일차에는 무름병이 1포기 발생하였고 중륵갈변이 겉잎에 1포기 발생하였다.

① 깨씨무늬증 : 발생없음

② 피사반점 : 발생없음

③ 무름병 : 대조구와 채움률 33%에서 각각 10%, 11% 발생하였다.

④ 중륵갈변 : 채움률 20%에서 25% 발생하였다.

표 2-4. 저장 60일차 겨울배추의 장해발생률(%)

채움률	대조구	100%	50%	33%	25%	20%
깨씨무늬증	0	0	0	0	0	0
피사반점	0	0	0	0	0	0
무름병	10	0	0	11	0	0
중륵 갈변	0	0	0	0	0	25

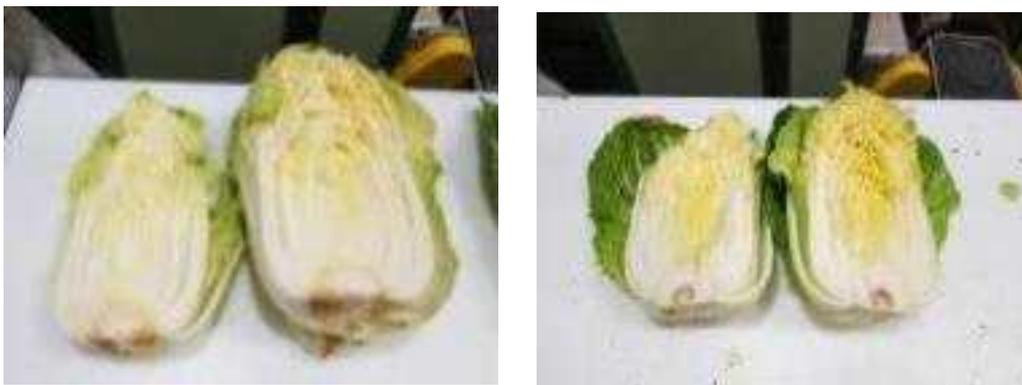


그림 2-2. 저장 60일차 겨울배추 대조구(좌)와 채움률 33%(우)의 무름병

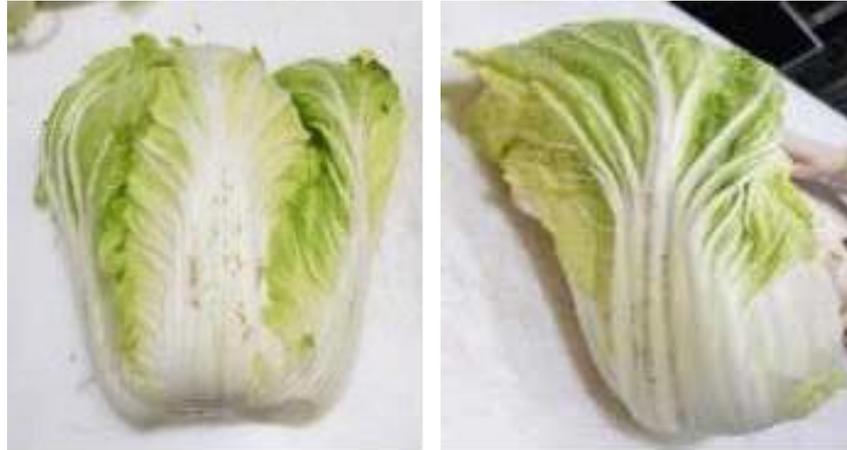


그림 2-3. 저장 60일차 겨울배추 채움률 20%의 중륵갈변

(바) 김치원료 사용률

저장 60일차 겨울배추의 무름병이 발생한 부위를 제거한 김치원료사용률은 98-100%였다.

표 2-5. 저장 60일차 겨울배추의 김치원료 사용률 (%)

채움률	대조구	100%	50%	33%	25%	20%	평균
김치원료 사용률	98	100	100	99	100	100	99.5±0.84

(3) 저장 70일차 겨울배추의 품질

(가) 겨울배추의 중량감소율

채움률별 중량감소율은 저장 70일차에 평균 8.69±0.50%였고 대조구가 8.62±2.46%, 채움률 100%가 8.96±2.18%, 50%가 8.27±0.93%, 33%가 9.55±1.55%, 25%가 8.57±1.20%, 20%가 8.19±1.49%였다. 채움률 33%에서 많이 감소하고 채움률 20%에서 적게 감소하였다. 상자 위치별로 대조구와 채움률 25%는 최상단 1번 상자와 최하단 5번 상자의 감소가 많았고 그 외 처리구는 중간에 위치한 상자의 감소가 많았다.

표 2-6. 저장 70일차 겨울배추의 중량감소율(%)

채움률	대조구	100%	50%	33%	25%	20%	평균
1	12.78	7.51	7.48	8.56	9.85	7.26	8.91±2.13
2	7.05	5.96	9.79	11.59	8.47	6.14	8.17±2.22
3	6.90	11.15	8.42	10.60	9.09	8.78	9.16±1.54
4	7.48	10.57	7.55	7.74	6.63	8.78	8.13±1.38
5	8.92	9.64	8.11	9.29	8.82	9.97	9.13±0.66
평균	8.62±2.46	8.96±2.18	8.27±0.93	9.55±1.55	8.57±1.20	8.19±1.49	8.69±0.50

(나) 겨울배추의 정선손실률

저장 70일차 채움률별 정선손실률은 평균 15.76±5.03%였고 저장 70일차에 대조구가 13.71±1.60%, 채움률 100%가 16.51±2.49%, 50%가 17.10±4.28%, 33%가 18.75±9.79%, 25%가 14.04±3.86%, 20%가 15.21±2.65%였다. 채움률 33%에서 높았고 대조구에서 낮았다.

표 2-7. 저장 70일차 겨울배추의 정선손실률(%)

채움률	대조구	100%	50%	33%	25%	20%	평균
정선 전 중량	2.88±0.58	2.72±0.43	3.29±0.66	2.60±0.74	2.93±0.69	3.13±0.70	2.93±0.25
정선 후 중량	2.49±0.53	2.27±0.35	2.73±0.56	2.13±0.61	2.53±0.68	2.65±0.60	2.47±0.23
정선 손실률	13.71±1.60	16.51±2.49	17.10±4.28	18.75±9.79	14.04±3.86	15.21±2.65	15.76±5.03



대조구



채음률 100%



채음률 50%



채음률 33%



채음률 25%



채음률 20%

그림 2-4. 저장 70일차 겨울배추 정선 전 비교

(다) 겨울배추의 건전율

저장 70일차 겨울배추는 모두 김치원료 사용 가능하여 건전율은 100%로 평가되었다.

(라) 겨울배추의 부패율

저장 70일차 겨울배추는 내부가 부패하지 않아서 부패율은 0%로 평가되었다.



대조구



채움률 100%



채움률 50%



채움률 33%



채움률 25%



채움률 20%

그림 2-5. 저장 70일차 겨울배추 정선 후 이질 하여 부패율 측정

(마) 겨울배추의 장해발생률

저장 70일차에는 깨씨무늬증, 괴사반점, 무름병, 중륵갈변이 발생하였다.

- ① 깨씨무늬증 : 대조구와 채움률 25%에서 각각 10%, 24% 발생하였다.
- ② 괴사반점 : 대조구와 채움률 100%에서 각각 60%, 40% 발생하였다.
- ③ 무름병 : 모든 처리구에서 발생하였다.
- ④ 중륵갈변 : 채움률 100%, 25%, 20%에서 각각 10%, 25%, 25% 발생하였다.

표 2-8. 저장 70일차 겨울배추의 장해발생률(%)

채움률	대조구	100%	50%	33%	25%	20%
깨씨무늬증	10	0	0	0	24	0
괴사반점	60	40	0	0	0	0
무름병	40	10	38	50	50	25
중륵 갈변	0	10	0	0	25	25



그림 2-6. 저장 70일차 대조구와 채움률 25% 깨씨무늬증



그림 2-7. 저장 70일차 대조구와 채움률 100% 괴사반점



그림 2-8. 저장 70일차 채움률 100%, 25%, 20% 중륙갈변

(바) 김치원료 사용률(%)

저장 60일차 겨울배추의 무름병이 발생한 부위로 제거한 김치원료사용률은 95-99%였다.

표 2-9. 저장 70일차 겨울배추 김치원료 사용률 (%)

채움률	대조구	100%	50%	33%	25%	20%	평균
김치원료 사용률	94	99	96	95	95	97	96±1.79

(4) 저장 80일차 겨울배추의 품질

(가) 겨울배추의 중량감소율

저장 80일차 채움률별 중량감소율은 저장 80일차에 평균 9.60±0.55%였고 대조구가 9.34±1.98%, 채움률 100%가 9.93±2.76%, 50%가 9.08±1.30%, 33%가 10.54±1.66%, 25%가 9.54±1.30%, 20%가 9.15±1.50%였다. 상자 위치별로 대조구와 25% 채움률은 최상단 1번 상자와 최하단 5번 상자의 감소가 높았고 그 외 처리구는 중간에 위치한 상자의 중량감소율이 높았다.

표 2-10. 저장 80일차 겨울배추의 중량감소율(%)

채움률	대조구	100%	50%	33%	25%	20%	평균
1	12.50	6.97	8.73	9.36	10.77	8.10	9.41±1.98
2	7.86	6.99	11.01	12.80	9.32	7.16	9.19±2.33
3	7.76	12.74	9.51	11.59	10.47	9.72	10.30±1.74
4	8.59	11.92	8.63	8.71	7.46	9.92	9.21±1.54
5	10.00	11.02	7.51	10.26	9.71	10.88	9.90±1.27
평균	9.34±1.98	9.93±2.76	9.08±1.30	10.54±1.66	9.54±1.30	9.15±1.50	9.60±0.55

(나) 겨울배추의 정선손실률

저장 80일차 채움률별 정선손실률은 저장 80일차에 평균 15.37±대조구가 16.52±2.20%, 채움률 100%가 14.75±3.25%, 50%가 14.58±2.08%, 33%가 14.61±1.97%, 25%가 15.59±4.27%, 20%가 15.40±4.24%였다. 대조구에서 높고 채움률 50%에서 낮았다.

표 2-11. 저장 80일차 겨울배추의 정선손실률(%)

채움률	대조구	100%	50%	33%	25%	20%	평균
정선 전 중량	2.64±0.63	2.32±0.48	2.99±0.67	3.09±0.58	2.97±0.50	2.72±0.51	2.79±0.29
정선 후 중량	2.21±0.53	1.98±0.44	2.56±0.57	2.65±0.54	2.50±0.42	2.28±0.46	2.36±0.25
정선 손실률	16.52±2.20	14.75±3.25	14.58±2.08	14.61±1.97	15.59±4.27	15.40±4.24	15.37±3.10

(다) 겨울배추의 건전율

저장 80일차 겨울배추는 모두 김치원료 사용 가능하여 건전율은 100%로 평가되었다.



대조구



채움률 100%



채움률 50%



채움률 33%



채움률 25%

채움률 20%

그림 2-9. 저장 80일차 겨울배추 정선 전후 비교



그림 2-10. 저장 80일차 외관 품질로 평가한 건전률
(왼쪽부터 채움률 100%, 50%, 33%, 25%, 20%, 대조구)

(라) 겨울배추의 부패율

저장 80일차 겨울배추는 부패하지 않아서 부패율은 0%로 평가되었다.



대조구



채움률 100%



채움률 50%



채움률 33%



채움률 25%



채움률 20%

그림 2-11. 저장 80일차 겨울배추 정선 후 이절하여 부패율 측정

(마) 겨울배추의 장해발생률

저장 80일차에는 깨씨무늬증, 괴사반점, 무름병, 중륵갈변이 발생하였다.

- ① 깨씨무늬증 : 채움률 100%, 50%, 33%, 25%에서 각각 30%, 30%, 11%, 10% 발생하였다.
- ② 괴사반점 : 모든 처리구에서 발생하였다.
- ③ 무름병 : 모든 처리구에서 발생하였다.
- ④ 중륵갈변 : 모든 처리구에서 발생하였다.

표 2-12. 저장 80일차 겨울배추의 장해발생률(%)

채움률	대조구	100%	50%	33%	25%	20%
깨씨무늬증	0	30	30	11	10	0
괴사반점	70	100	70	89	100	90
무름병	40	50	20	56	50	40
중륵갈변	40	40	70	89	60	10



채움률 100%



채움률 50%



채움률 33%



채움률 25%

그림 2-13. 저장 80일차 겨울배추 깨씨무늬증



대조구



채움률 100%



채움률 50%



채움률 33%



채움률 25%



채움률 20%

그림 2-14. 저장 80일차 겨울배추 괴사반점



대조구



채움률 100%



채움률 50%



채움률 33%



채움률 25%



채움률 20%

그림 2-15. 저장 80일차 겨울배추의 무름병



대조구



채움률 100%



채움률 50%



채움률 33%



채움률 25%



채움률 20%

그림 2-16. 저장 80일차 겨울배추의 중륙갈변

(바) 김치원료 사용률

저장 80일차 겨울배추의 무름병이 발생한 부위로 제거한 김치원료사용률은 93-98%였다.

표 2-12. 저장 80일차 겨울배추 김치원료 사용률 (%)

채움률	대조구	100%	50%	33%	25%	20%	평균
김치원료 사용률	94	93	98	97	94	96	95.33±1.97

(5) 저장 90일차 겨울배추의 품질

(가) 겨울배추의 중량감소율

채움률별 중량감소율은 저장 90일차에 평균 11.20±0.54%였고 대조구가 11.57±2.79%, 채움률 100%가 11.64±2.42%, 50%가 10.89±1.00%, 33%가 11.96±1.63%, 25%가 10.93±1.45%, 20%가 10.53±1.43%였다. 대조구나 채움률 100%에서 중량감소율이 높았고, 채움률 20%에서 낮았다. 상자위치별로 대조구와 25% 채움률은 최상단 1번 상자와 최하단 5번 상자의 감소가 높았고 그 외 처리구는 중간에 위치한 상자의 중량감소가 높았다.

표 2-13. 저장 90일차 겨울배추의 중량감소율(%)

채움률	대조구	100%	50%	33%	25%	20%	평균
1	16.19	10.19	9.98	10.70	12.31	9.78	11.53±2.46
2	9.76	8.29	12.54	14.02	10.73	8.44	10.63±2.29
3	9.48	14.33	10.87	12.91	11.85	11.29	11.79±1.68
4	10.25	13.28	10.24	10.00	8.56	11.05	10.56±1.56
5	12.16	12.12	10.81	12.18	11.18	12.08	11.76±0.60
평균	11.57±2.79	11.64±2.42	10.89±1.00	11.96±1.63	10.93±1.45	10.53±1.43	11.20±0.54

(나) 겨울배추의 정선손실률

채움률별 정선손실률은 저장 90일차에 평균 16.05±3.56%였고 대조구가 15.76±2.92%, 채움률 100%가 17.13±3.30%, 50%가 13.80±3.50%, 33%가 14.56±3.28%, 25%가 18.13±4.00%, 20%가 17.18±3.48%였다. 채움률 33%, 채움률 50%에서 정선손실률이 낮았고, 채움률 25%에서 높았다.

표 2-14. 저장 90일차 겨울배추의 정선손실률(%)

채움률	대조구	100%	50%	33%	25%	20%	평균
초기 중량	3.04±0.69	2.39±0.42	2.70±0.49	2.65±0.64	2.48±0.54	2.90±0.56	2.69±0.25
정선 후 중량	2.56±0.57	1.98±0.35	2.34±0.47	2.26±0.56	2.03±0.44	2.43±0.55	2.27±0.23
정선 손실률	15.76±2.92	17.13±3.30	13.80±3.50	14.56±3.28	18.13±4.00	17.18±3.48	16.05±3.56

(다) 겨울배추의 건전율

저장 90일차 배추는 모두 김치원료 사용 가능하여 건전율은 100%로 평가되었다.



대조구



채움률 100%



채움률 50%



채움률 33%



채움률 25%



채움률 20%

그림 2-17. 저장 90일차 겨울배추 정선 전후 비교



그림 2-18. 저장 90일차 겨울배추 외관 품질로 평가한 건진률
(왼쪽부터 채움률 100%, 50%, 33%, 25%, 20%, 대조구)

(라) 겨울배추의 부패율

저장 90일차 배추는 부패하지 않아서 부패율은 0%로 평가되었다.



대조구



채움률 100%



채움률 50%



채움률 33%



채움률 25%



채움률 20%

그림 2-19. 저장 90일차 겨울배추 정선 후 이절 배추

(마) 겨울배추의 장해발생률

저장 90일차에는 겨울배추 모든 처리구에서 깨씨무늬증, 괴사반점, 무름병, 중
 륙갈변이 발생하였다.

- ① 깨씨무늬증 : 모든 처리구에서 발생하였다.
- ② 괴사반점 : 모든 처리구에서 발생하였다.
- ③ 무름병 : 모든 처리구에서 발생하였다.
- ④ 중륙갈변 : 모든 처리구에서 발생하였다.

표 2-15. 저장 90일차 겨울배추의 장해발생률(%)

구분	대조구	100%	50%	33%	25%	20%
깨씨무늬증	80	90	56	90	33	22
괴사반점	40	30	22	10	11	22
무름병	40	70	44	70	55	67
중륙 갈변	50	50	33	60	22	44





대조구



채움률 100%



채움률 50%



채움률 33%



채움률 25%



채움률 20%

그림 2-21. 저장 90일차 겨울배추의 괴사반점



대조구



채움률 100%



채움률 50%



채움률 33%



채움률 25%



채움률 20

그림 2-22. 저장 90일차 겨울배추의 무름병

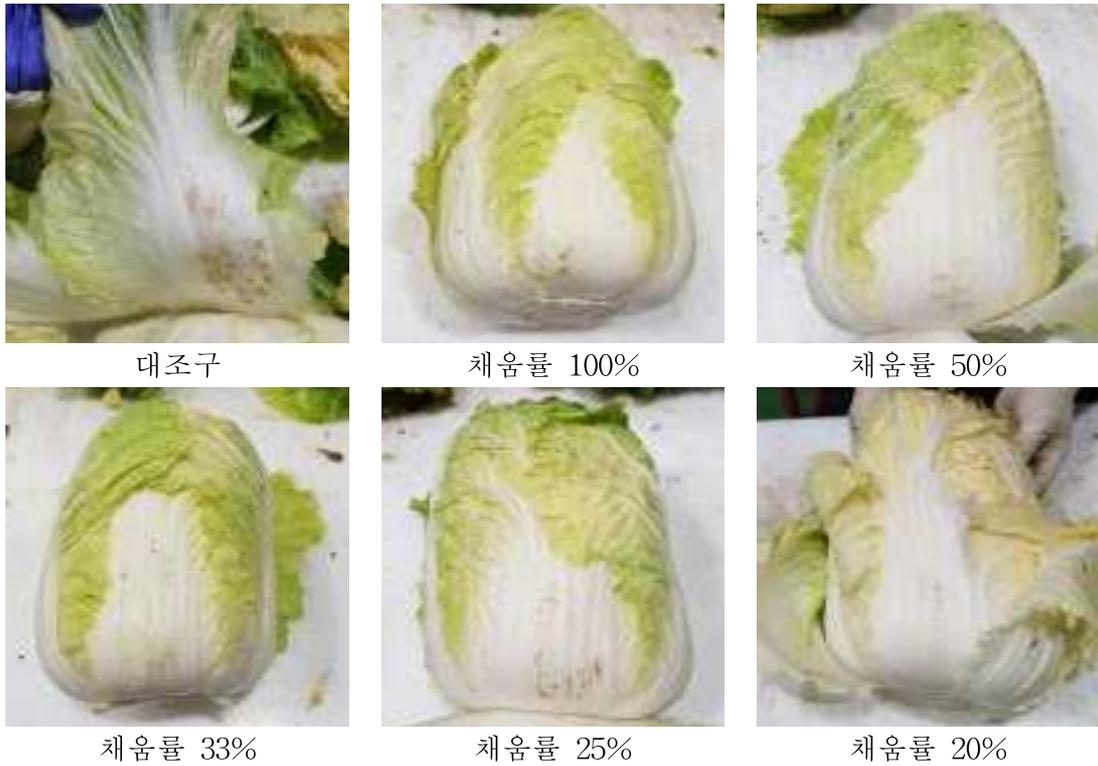


그림 2-23. 저장 90일차 겨울배추의 증류갈변

(바) 김치원료 사용률

저장 90일차 겨울배추의 무름병이 발생한 부위로 제거한 김치원료사용률은 91-94%였다.

표 2-16. 저장 90일차 겨울배추 김치원료 사용률 (%)

채움률	대조구	100%	50%	33%	25%	20%	평균
김치원료 사용률	94	93	93	91	92	92	92.50±1.05

라. 겨울배추 채움률 별 파일럿 저장시험 결론

채움률로 겨울배추 소규모 저장시험에서 저장고의 온도를 조절하기는 어렵다. 따라서 인위적으로 온도조절이 필요하다.

2. 봄배추 냉각온도와 냉각속도 최적화

가. 시험개요

소규모 파일럿 저장시험에서는 채움률 별로 저장고 내부의 온도변화를 확인하기 어려워 인위적으로 저장고 온도를 조절하는 방식으로 시험하였다. 배추는 2019년 6월 12일 오전에 보은 회인면 용촌리에서 수확한 청나 품종 배추를 플라스틱 배추상자에 4-5포기씩 담아서 트럭에 180상자를 싣고 파일럿 저장고 전실에 하역하였다.

냉각속도별 저장 시험을 위해 0.5HP 유니트쿨러가 설치된 파일럿 저장고 5칸에 냉각속도를 1일 8℃씩(고중속냉각), 1일 6℃씩(중중속냉각), 1일 4℃씩(저중속냉각), 1일 2℃씩(완만냉각), 1일 1℃씩(초완만냉각)냉각하는 방식으로 설정하고, 급속냉각과 비교하기 위해 1HP 유니트쿨러가 설치된 파일럿 저장고 1칸을 대조구로 1일 24℃(급속냉각) 냉각속도로 설정하였다.

저장 0일차에 모든 처리구와 대조구에 배추를 30상자씩 입고하였다. 이 중 5상자씩은 무게를 측정하여 저장 중 감소율을 측정하였고, 0℃로 냉각하여 90일간 저장하면서 저장 60, 70, 80, 90일차에 현장에서 5상자씩 무게를 측정하고 처리구별로 각각 2상자씩 세계김치연구소로 운반하여 품질을 평가하였다.

최적 냉각속도를 구명하기 위해 각 저장고에 실시간 온습도 기록계 (Saveris 2-H1, Testo, Lenzkirch, Germany)와 복합가스 측정기(GasAlert Micro5, Honeywell, Charlotte, North Carolina, USA)를 설치하여 저장 기간 동안 온도, 습도, 산소, 이산화탄소의 변화를 분석하였다.

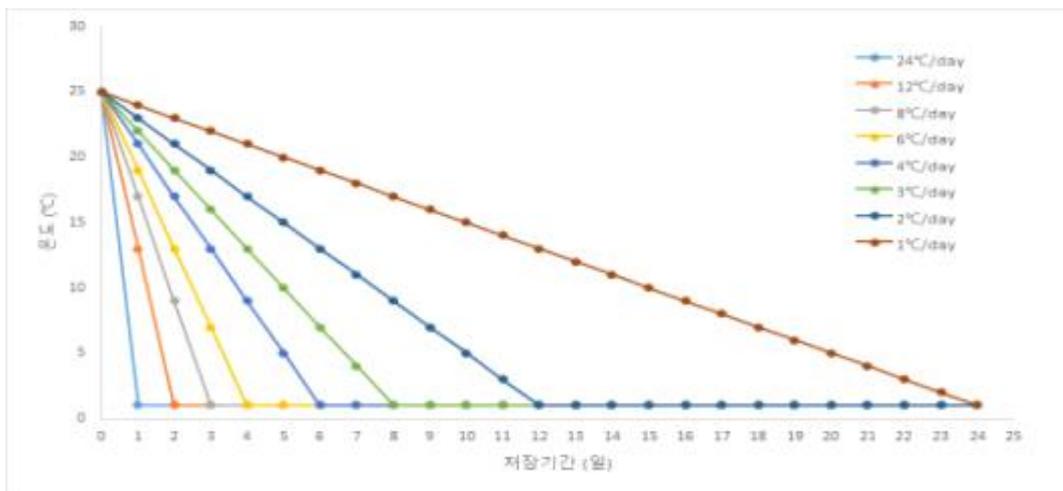


그림. 봄배추 냉각속도와 냉각온도 설계

표 2-17. 봄배추 저장고 냉각온도 설정

구분	24℃/day	12℃/day	8℃/day	6℃/day	4℃/day	3℃/day	2℃/day	1℃/day
0일	25	25	25	25	25	25	25	25
1일	1	13	17	19	21	22	23	24
2일	1	1	9	13	17	19	21	23
3일	1	1	1	7	13	16	19	22
4일	1	1	1	1	9	13	17	21
5일	1	1	1	1	5	10	15	20
6일	1	1	1	1	1	7	13	19
7일	1	1	1	1	1	4	11	18
8일	1	1	1	1	1	1	9	17
9일	1	1	1	1	1	1	7	16
10일	1	1	1	1	1	1	5	15
11일	1	1	1	1	1	1	3	14
12일	1	1	1	1	1	1	1	13
13일	1	1	1	1	1	1	1	12
14일	1	1	1	1	1	1	1	11
15일	1	1	1	1	1	1	1	10
16일	1	1	1	1	1	1	1	9
17일	1	1	1	1	1	1	1	8
18일	1	1	1	1	1	1	1	7
19일	1	1	1	1	1	1	1	6
20일	1	1	1	1	1	1	1	5
21일	1	1	1	1	1	1	1	4
22일	1	1	1	1	1	1	1	3
23일	1	1	1	1	1	1	1	2
24일	1	1	1	1	1	1	1	1



봄배추 수확 전 포장



봄배추 수확 과정



봄배추 상자 수확 과정



봄배추 파일럿 저장 시험 현장

그림 2-24. 시험용 봄배추의 수확과 운반

나. 저장 봄배추의 품질 측정 방법

(1) 중량감소율

배추의 무게를 처리구 당 5상자씩 상자 단위로 측정하여 다음 식에 의해 저장기간 동안 초기 무게에 대한 감소율을 백분율로 나타내었다.

$$\text{중량감소율(\%)} = \frac{\text{저장 전 중량} - \text{저장 후 중량}}{\text{저장 전 중량}} \times 100$$

(2) 정선손실률

건조되거나 부패하여 이용이 불가능한 배추의 겉잎을 제거하여 정선된 배추의 중량을 측정한 다음 정선 전 무게에 대한 변화량을 백분율로 표기하였다.

$$\text{정선손실률(\%)} = \frac{\text{정선 전 중량} - \text{정선 후 중량}}{\text{정선 전 중량}} \times 100$$

(3) 건전율

배추 2상자 10포기를 꺼내 파손되거나 마른 잎을 떼어내고 표면을 육안으로 관찰하여 김치 원료로 사용 가능 여부를 (가/부)로 평가하였다.

(4) 부패율

건전율을 측정한 배추를 이절하여 내부의 부패 여부를 (가/부)로 평가하였다.

(5) 장해발생률

배추 2상자 10포기를 꺼내 육안으로 관찰하여 깨씨무늬증, 괴사반점, 무름병, 중록괴사를 대표 사진과 비교하여 조사하였다. 발생률은 한 잎에서라도 장해가 발생하면 발병한 배추로 판단하여 다음 식으로 측정하였다.

$$\text{장해발생률(\%)} = \frac{\text{장해발생 배추 포기}}{\text{총 배추 포기}} \times 100$$

(6) 김치원료 사용률

부패 발생 부위를 제거하고 김치 원료로 쓸 수 있는 배추의 무게를 측정하여 김치 원료 사용률로 측정하였다.

$$\text{김치원료사용률(\%)} = \frac{\text{장해부위 제거 후 무게}}{\text{장해부위 제거 전 무게}} \times 100$$

(7) 배추의 수분함량

배추를 부위별로 겉잎, 중간잎, 속잎을 채취하고 각각을 가로 1 cm, 세로 0.5 cm로 절단한 뒤 칭량접시 위에 겹치지 않게 펼쳐서 칭량접시를 수분측정기에 넣고 건조하여 배추의 수분함량을 측정하였다.

(8) 배추의 당도

배추를 3 cm씩 자른 뒤 부위별로 고르게 채취하여 마쇄하고 2겹의 거즈로 짜서 여과한 것을 시료로 사용하였다. 착즙시료 1 mL의 당도를 굴절당도계 (Atago)를 이용해 측정하였다.

(9) 배추의 pH

배추를 3 cm씩 자른 뒤 부위별로 고르게 채취하여 마쇄하고 2겹의 거즈로 짜서 여과한 것을 시료로 pH meter를 이용해 pH를 측정하였다.

(10) 배추의 총균수

배추를 3 cm씩 자른 뒤 부위별로 고르게 채취하여 마쇄하고 2겹의 거즈로 싸서 여과한 것을 시료로 사용하였다. 시료를 10, 100, 1000, 1000 배 희석한 것을 PCA 배지에 100 μ l씩 분주하여 도달한 뒤 30°C에서 2일간 배양하여 총균수를 측정하였다.

다. 봄배추의 냉각속도별 저장 결과

(1) 저장고 온도와 습도 변화

봄배추 저장 중 최적 냉각속도를 구명하기 위해서 냉각속도를 달리 처리하여 측정하였다. 봄배추를 90일 동안 저장한 저장고의 온도는 저장 초기에서 큰 차이점을 나타내었다. 급속냉각과 초완만냉각 저장고를 제외한 고중속냉각, 중중속냉각, 저중속냉각, 완만냉각 저장고는 1°C에 도달한 후 유지했다. 급속냉각 저장고는 -1°C까지 내려간 후 유지했고, 초완만냉각 저장고는 1일 1°C씩 감소시켰지만 냉각기의 용량이 배추 호흡열을 감당하지 못하여 초기 입고 온도 (22°C)보다 높아지면서 4일차에 부패되었다. 저장고에서 저장 초기온도에서 냉각속도에 따라 감소, 유지되었는데 이는 배추의 호흡열로 인한 온도변화로 보인다. 급속냉각 저장고의 경우 빠른 냉각속도로 인해 2일차에 -1°C에 도달했다. 1일 2°C씩 냉각시키는 완만냉각 저장고는 2일차에 온도가 약 24°C까지 증가하였고 이후 점차 감소하여 13일 차에 1°C까지 내려갔다. 봄배추의 냉각 속도는 최소 1일 2°C 이상으로 냉각해야 함을 알 수 있다. 저중속냉각 저장고는 저장 4일후 급속히 감소되었다. 따라서 봄배추 저장 냉각속도는 급속냉각, 고중속냉각, 중중속냉각, 저중속냉각, 완만냉각, 초완만냉각 순서로 작동되는 것이 확인되었다.

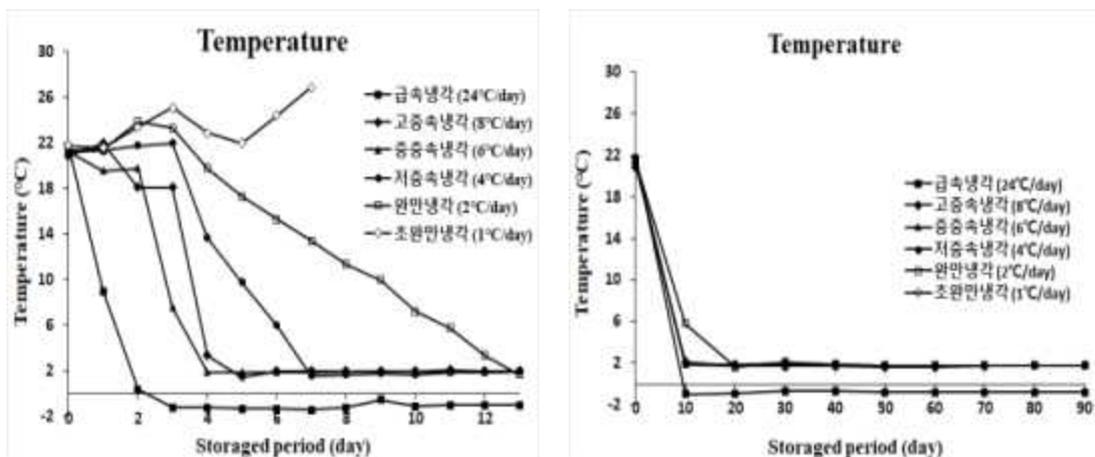


그림 2-25. 냉각속도에 따른 봄배추 저장고의 온도변화

봄배추 냉각속도에 따른 상대습도 변화를 측정하였다. 모든 봄배추 저장고의 상대습도는 봄배추 초기 저장 온도변화와 마찬가지로 초기 상대습도 변화가 크게 나타났으며, 약 13일 이후 모든 저장고의 상대습도는 안정적으로 유지했다. 봄배추 저장고의 초기 상대습도는 냉풍으로 6개 저장고 모두 증가하였다. 특히 급속냉각을 제외한 고중속냉각, 중중속냉각, 저중속냉각, 완만냉각, 초완만냉각 저장고는 상대습도가 2일차에 약 90%에 도달하였고, 초완만냉각 저장고는 높은 온도로 인해서 4일차에 부패가 되었다. 반면에 급속냉각 저장고의 상대습도는 1일차에 상대적으로 낮은 약 80%에 도달하여 유지했다. 따라서 저장고의 냉각속도가 빠를수록 상대습도의 변화가 낮게 측정되었다.

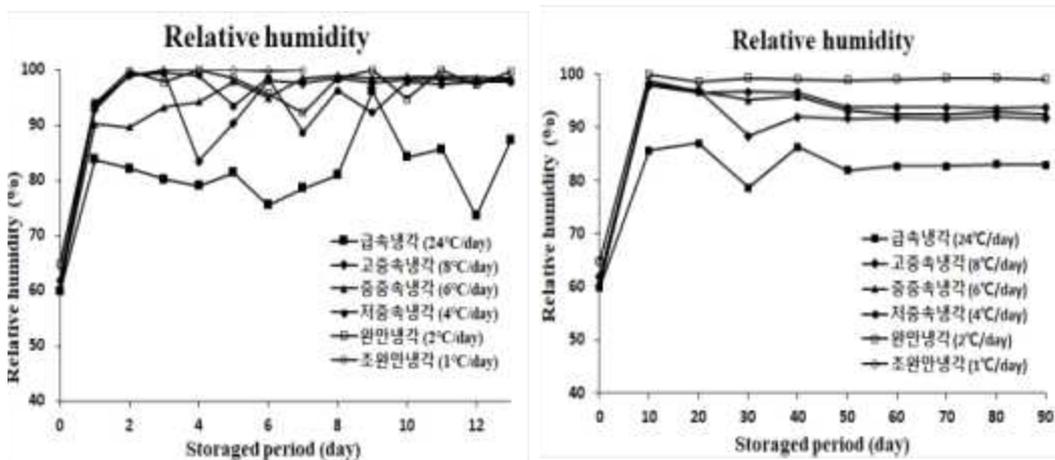


그림 2-26. 냉각속도에 따른 봄배추 저장고의 습도변화

(2) 저장고 산소와 이산화탄소 농도 변화

배추 저장 중 냉각속도에 따른 산소농도 변화를 측정했다. 모든 봄배추 저장고의 산소농도 변화는 봄배추 초기 저장 온도변화와 마찬가지로 저장 초기에 산소농도 차이가 크게 나타났으며, 8일차 이후 산소농도는 안정적으로 유지되었다. 0일차에서 2일차 봄배추 저장고의 산소농도변화는 급속냉각이 1.7%, 고중속냉각이 1.8%, 중중속냉각이 1%, 저중속냉각이 2.6%, 완만냉각이 1.7%, 초완만냉각이 0.7%가 감소되었다. 2일차 이후 모든 저장고의 산소농도는 증가하였으며, 중중속냉각과 저중속냉각의 산소농도는 0일차 산소농도와 동일한 값이 되었다. 특히 고중속냉각과 완만냉각은 0일차 산소농도 수치보다 더 높아졌다. 따라서 냉각속도에 따라 저장된 배추의 호흡으로 인해 2일차 까지 저장고의 산소농도가 감소되었으며, 2일차 이후에는 증가하여 8일차부터 일정하게 유지되었다.

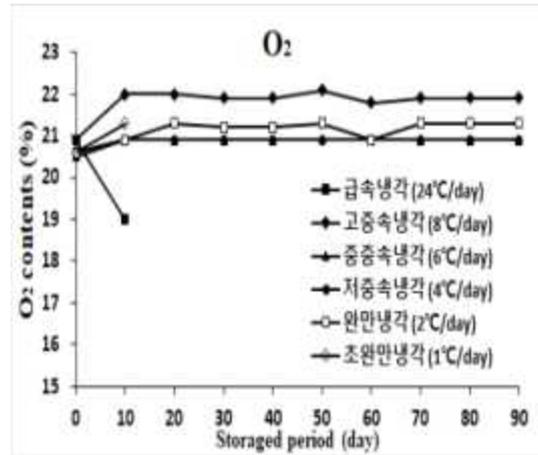
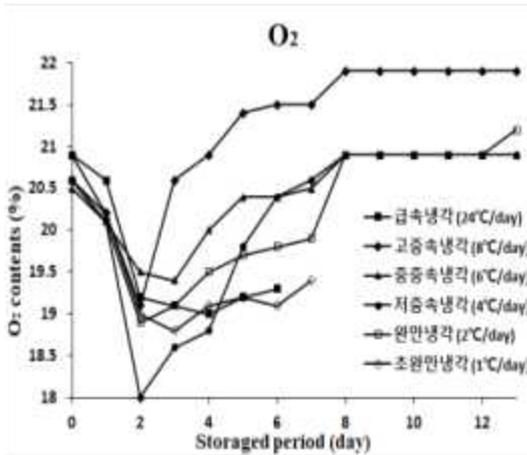


그림 2-27. 냉각속도에 따른 봄배추 저장고의 산소 농도변화

봄배추 저장 중 냉각속도에 따른 이산화탄소농도 변화를 측정했다. 모든 봄배추 저장고의 이산화탄소 농도변화는 봄배추 초기 저장 온도변화와 마찬가지로 저장 초기에 이산화탄소 변화가 크게 나타났으며, 8일차 이후 이산화탄소 농도는 안정하게 유지되었다. 0일차에서 2일차 봄배추 저장고의 이산화탄소농도변화는 급속냉각이 1.19%, 고중속냉각이 1%, 중중속냉각이 1.09%, 저중속냉각이 2.35%, 완만냉각이 1.44%, 초완만냉각이 1.37%증가하였다. 3일차 이후 모든 저장고의 이산화탄소 농도는 감소되었으며, 8일차 이후 천천히 감소된 이산화탄소 농도는 0일차 이산화탄소 농도보다 더 낮게 나타났다. 따라서 이산화탄소 농도는 냉각속도에 따라 배추의 호흡으로 인한 2일차 까지 저장고의 이산화탄소가 증가되었으며, 2일차 이후 감소되었고 8일차부터 일정하게 유지되었다. 따라서 저장초기에 배추의 호흡으로 이산화탄소 증가를 나타내었다.

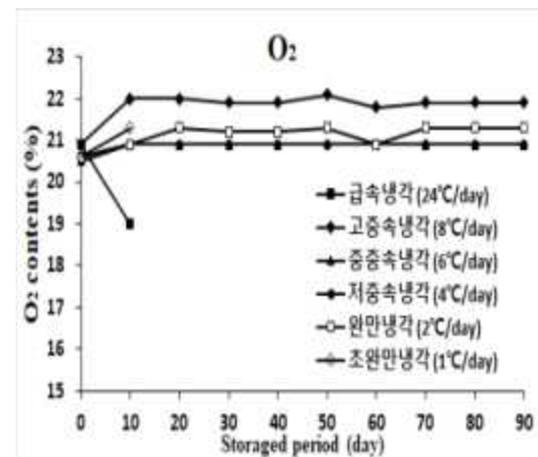
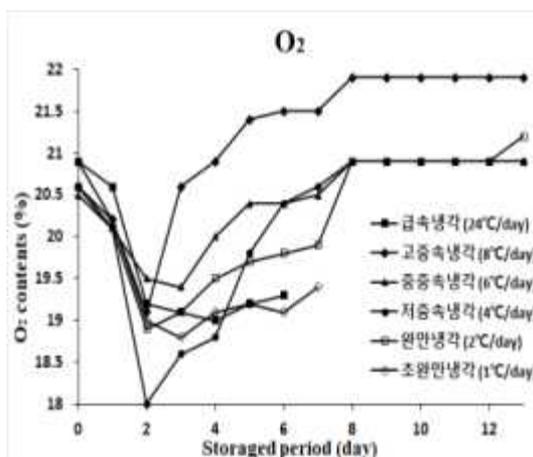


그림 2-28. 냉각속도에 따른 봄배추 저장고의 이산화탄소 농도변화

(3) 저장 0일차 봄배추의 품질

(가) 봄배추의 품질과 중량

봄배추 결구기인 5월 하순에 기온이 30℃ 이상으로 상승하여 1주일간 지속되어 배추의 품질이 양호하지 못하였다. 저장 0일차 봄배추의 무게는 상자 당 평균 16.03±1.47 kg으로 배추 한 포기 무게는 평균 3.21 kg 이었다.

표 2-18. 저장 0일차 봄배추의 중량 (kg)

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	초완만냉각
1	16.50	16.20	16.90	17.75	14.35	17.45
2	17.20	13.25	17.30	18.10	17.50	13.05
3	16.15	15.25	16.85	14.50	17.10	18.10
4	14.15	16.80	14.45	13.40	17.10	14.30
5	15.85	15.85	16.80	16.25	16.45	15.90
평균(kg)	15.97±1.02	15.47±1.22	16.46±1.02	16.00±1.82	16.50±1.13	15.97±1.14

(나) 봄배추의 정선손실률

저장 0일차 봄배추의 정선손실률은 평균 15.25±4.22%로 겉잎이 손상되어 배추의 품질이 양호하지 못하였다.

표 2-19. 저장 0일차 봄배추의 정선손실률(%)

배추번호	1	2	3	4	5	6	7	8	평균
정선손실률	16.85	11.85	8.11	15.87	14.51	19.63	21.33	13.73	15.25±4.22

(다) 봄배추의 건전율

저장 0일차 봄배추의 건전율은 평균 100%로 봄배추의 품질이 건전하였다.



그림 2-29. 저장 0일차 봄배추의 건전율(좌)과 부패율(우)

(라) 봄배추의 부패율

저장 0일차 봄배추의 건전율은 평균 0%로 봄배추의 품질이 양호하였다.

(마) 봄배추의 장해발생률

저장시험용 배추를 육안으로 관찰한 결과 깨씨무늬증, 괴사반점, 무름병, 중
특괴사는 발생하지 않았다.

(4) 저장 60일차 봄배추의 품질

(가) 봄배추의 중량감소율

저장 60일차 봄배추의 무게는 저장 0일차 상자 당 평균 16.03±1.47 kg에서
10.68±0.99%로 감소하였다. 냉각속도별 배추의 중량감소율은 급속냉각
10.07±1.95%, 고중속냉각 11.12±1.23%, 중중속냉각 9.26±1.11%, 저중속냉각
11.37±0.84%, 완만냉각이 11.61±1.74%로 측정되었다. 저장 60일의 중량감소율
은 1일 6℃씩 냉각한 중중속냉각에서 가장 낮았고 완만냉각에서 높았다.

하루 1℃씩 냉각한 초완만냉각저장은 냉각속도가 호흡열을 감당하지 못하여
저장 1주일만에 부패하였다. 상자 위치별 중량감소율은 급속냉각에서는 상단
과 하단 배추상자에서 높았고 그 외 처리구에서는 상단에서는 높았으나 하단
에서는 높지 않아서 겨울배추와는 다르게 나타났다.

표 2-20. 저장 60일차 봄배추의 중량감소율(%)

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
1	10.30	11.73	10.36	10.42	13.24	11.21±1.28
2	7.56	12.45	10.40	12.43	11.71	10.91±2.05
3	9.29	11.80	9.20	10.69	12.87	10.77±1.59
4	10.25	9.82	8.30	11.94	11.40	10.34±1.43
5	12.93	9.78	8.04	11.38	8.81	10.19±1.98
평균	10.07±1.95	11.12±1.23	9.26±1.11	11.37±0.84	11.61±1.74	10.68±0.99

(나) 봄배추의 정선손실률

저장 60일차 봄배추의 정선손실률은 평균 22.99±10.66%로 저장 0일차 봄배추
의 정선손실률 15.24±4.22% 보다 7.74% 포인트 증가하였다. 급속냉각 정선손
실률이 41.72±21.68%로 가장 높았고, 고중속냉각이 16.00±1.43%로 가장 낮았
다. 그 외에 중중속냉각이 21.42±4.72%, 저중속냉각이 17.30±5.00, 완만냉각이
18.51±4.61%로 나타났다.

표 2-21. 저장 60일차 봄배추의 정선손실률(%)

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
1	23.32	15.84	31.52	14.47	13.04	19.64±7.74
2	20.66	14.86	15.92	13.75	23.49	17.74±4.16
3	23.36	13.64	25.43	25.04	20.13	21.52±4.88
4	41.95	17.50	20.75	14.37	22.67	23.45±10.82
5	76.54	15.10	23.91	25.15	20.53	32.25±25.07
6	32.75	16.15	21.74	13.75	10.40	18.96±8.75
7	30.41	15.65	16.65	17.92	17.48	19.62±6.09
8	51.13	16.90	21.10	13.95	20.35	24.69±15.06
9	75.35	18.34	20.49			38.06±32.31
평균	41.72±21.68	16.00±1.43	21.42±4.72	17.30±5.00	18.51±4.61	22.99±10.66

(다) 봄배추의 건전율

저장 60일차 배추의 외엽을 다음은 후 건전율을 측정한 결과 전체가 양호하여 건전율은 100%로 평가되었다. 급속냉각에서 저장한 봄배추의 외엽이 선명한 녹색으로 건전해 보였으며 완만냉각이 연녹색으로 변화였고 중중속냉각과 저중속냉각은 그 중간이었다.



그림 2-30. 저장 60일차 봄배추의 외관 품질로 본 건전율
(왼쪽부터 급속냉각, 완만냉각, 저중속냉각, 중중속냉각, 고중속냉각)



급속냉각



고중속냉각



중중속냉각



저중속냉각



완만냉각

부패폐기

초완만냉각

그림 2-31. 저장 60일차 봄배추의 정선 전 품질

(라) 봄배추의 부패율

급속냉각은 냉해를 입어 중륵이 검게 변하였고 엽신은 황색으로 변하여 흐물거렸으며, 중중속냉각에서 중간잎의 엽신부가 부패한 것이 10포기 중 1포기, 완만냉각에서 흑변된 것이 8포기 중 1포기 발생하여 부패율이 각각 10.00%, 12.50%이다. 급속냉각을 제외한 처리구의 부패율은 5.71%였다(2/35포기).

표 2-22. 저장 60일차 봄배추의 부패율(%)

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
부패율(%)	0.00	0.00	10.00	0.00	12.50	4.50±6.22



급속냉각



고중속냉각



중중속냉각



저중속냉각



완만냉각

부패 폐기

초완만냉각

그림 2-32. 저장 60일차 봄배추의 정선 후 품질과 부패율

(마) 봄배추의 장해발생률

저장 60일차 봄배추는 깨씨무늬증과 괴사반점이 모든 처리구에서 발생하였고, 무름병은 없었으며 중록갈변은 급속냉각에서 100% 발생하고 고중속냉각과 중속냉각에서 각각 22%와 10%씩 발생하였다.

- ① 깨씨무늬증: 깨씨무늬증은 과질소 비료사용으로 발생한다. 60일 저장된 봄배추를 관찰한 결과는 모든 처리구에서 발생하였고, 주로 곁잎에서 발생했으며, 중록에서 엽신으로 갈라지는 부위에서 잎맥을 따라 발생하였다. 깨씨무늬증은 잎맥을 따라 조직내부에 발생한 것으로 보아 장해 발생률장해일 가능성이 높다.
- ② 괴사반점: 괴사반점은 주로 매개충에 의해 Turnip yellow mosaic virus 감염으로 병해를 입는다. 60일 저장된 봄배추를 관찰한 결과는 급속냉각을 제외한 대부분의 처리구에서 발생하였고, 주로 곁잎에서 중록이 깨어지거나 벌레가 먹은 곳이 검게 변화하였다.
- ③ 무름병: 무름병은 Pectobacterium carotovorum로 인해 병해를 입는다. 60일 저장된 봄배추를 관찰한 결과는 모든 처리구에서 무름병이 발생하지 않았으며 곁잎이 탈락되는 현상은 급속냉각 외의 배추에서 2-3잎씩 발생하였다.
- ④ 중록갈변: 60일 저장된 봄배추를 관찰한 결과는 부패가 발생한 배추의 중록부에서 잎맥의 관을 따라 발생하였다. 갈색은 절단면의 중심부에서 선명하였다. 또한 급속냉각에서 모두 발생하여 동해의 영향으로 보인다.

표 2-23. 저장 60일차 봄배추의 장해발생률(%)

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
깨씨무늬증	88.89	88.89	90.00	100.00	75.00	88.56±8.90
괴사반점	11.11	33.33	50.00	62.50	50.00	41.39±19.85
무름병	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00±0.00
중록 갈변	100.00	22.22	10.00	0.00	0.00	26.44±42.12

(바) 봄배추의 이화학적 특성

저장 60일차 봄배추의 당도는 4.36%로 높았고 pH는 6.48로 중성이었으며, 산도는 0.15%로 낮았다.

- ① 당도: 평균 4.36±0.19 brix로 급속냉각에서 가장 높았고 고중속냉각에서 가장 낮았다.
- ② pH: 평균 6.48±0.13로 완만냉각이 가장 낮았고 급속냉각이 가장 높았다.
- ③ 산도: 평균 0.15±0.02로 고중속냉각이 가장 높았고 급속냉각이 가장 낮았다.

표 2-24. 저장 60일차 봄배추의 이화학적 특성

냉각속도	당도(brix)	pH	산도(%)
급속냉각	4.7	6.67	0.13
고중속냉각	4.2	6.47	0.20
중중속냉각	4.3	6.51	0.14
저중속냉각	4.4	6.46	0.13
완만냉각	4.2	6.27	0.14
평균	4.36±0.19	6.48±0.13	0.15±0.02

(사) 김치원료 사용률

저장 60일차 봄배추의 김치원료 사용률은 깨씨무늬증과 괴사반점을 사용가능으로 허용하고 중륵갈변 부분을 제거한 결과 급속냉각은 0%, 고중속냉각은 77.78%, 중중속냉각은 90.00%, 저중속냉각은 100.00%, 완만냉각은 100.00%로 측정되었다.

(아) 총균수

저장 60일차 봄배추의 총균수는 급속냉각 9.75×10^5 CFU/g, 고중속냉각 4.05×10^6 CFU/g, 중중속냉각 8.3×10^6 CFU/g, 저중속냉각 3.75×10^6 CFU/g, 완만냉각 3.2×10^6 CFU/g로 평균 4.06×10^6 CFU/g이다. 총균수는 중중속냉각이 가장 많았고 급속냉각이 가장 적었다.

표 2-25. 60일차 봄배추의 총균수(CFU/g)

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
총균수	9.75×10^5	4.05×10^6	8.3×10^6	3.75×10^6	3.2×10^6	4.06×10^6

(4) 저장 70일차 봄배추의 품질

(가) 봄배추의 중량감소율

저장 70일차 봄배추의 무게는 상자 당 평균 초기에 16.03 ± 1.47 kg에서 14.17 ± 1.24 kg으로 평균 $11.93 \pm 1.71\%$ 감소하였다. 냉각속도별 배추의 중량감소율은 급속냉각 11.25%, 고중속냉각 12.28%, 중중속냉각 10.47%, 저중속냉각 12.70%, 완만냉각 12.94%로 1일 6℃씩 냉각한 중중속냉각에서 가장 낮았고 완만냉각에서 높았다. 최상단과 최하단에 적재된 배추상자에서 중량감소가 많이 일어났다.

표 2-26. 저장 70일차 봄배추의 중량감소율(%)

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
1	11.52	12.96	9.76	11.55	14.63	12.08±1.82
2	8.72	13.58	13.58	13.54	12.86	12.46±2.11
3	10.53	13.11	10.09	12.07	14.33	12.03±1.77
4	11.31	11.01	9.69	13.43	12.87	11.66±1.50
5	14.20	10.73	9.23	12.92	10.03	11.42±2.07
평균	11.25±1.98	12.28±1.31	10.47±1.77	12.70±0.87	12.94±1.82	11.93±1.04

(나) 봄배추의 정선손실률

저장 70일차 봄배추의 평균 정선손실률은 22.13±1.86%로 저장 0일차 봄배추의 정선손실률 15.24±4.22%보다 6.89% 포인트 증가하였다. 급속냉각 정선손실률이 34.47±9.10%로 가장 높았고, 중중속냉각이 20.59±4.27%로 가장 낮았다. 그 외에 고중속냉각이 24.40±6.83, 저중속냉각이 21.22±5.39%로 나타났다. 완만냉각은 부패하여 제외하였다.

표 2-27. 저장 70일차 봄배추의 정선손실률(%)

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	평균
1	40.23	36.17	21.98	15.67	28.51±11.60
2	43.02	15.62	18.30	17.00	23.49±13.07
3	35.54	32.02	25.10	31.18	30.96±4.34
4	51.71	17.69	18.57	21.65	27.41±16.29
5	26.12	22.22	15.39	18.11	20.46±4.70
6	29.29	20.74	26.48	17.82	23.58±5.24
7	23.34	26.62	15.50	21.43	21.72±4.67
8	28.79	20.27	25.38	28.92	25.84±4.06
9	32.23	28.27	18.62	19.23	24.59±6.74
평균	34.47±9.10	24.40±6.83	20.59±4.27	21.22±5.39	22.13±1.86

(다) 봄배추의 건전율

건전율은 저중속냉각과 완만냉각을 제외한 처리구에서 100%로 평가되었다. 저중속냉각과 완만냉각은 9개 배추 중 7개 배추가 양호하게 평가되었다.

표 2-28. 저장 70일차 봄배추의 건전율(%)

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
건전율	100.00	100.00	100.00	77.78	77.78	91.11±12.17



그림 2-33. 저장 70일차 봄배추의 외관으로 본 건전률
(왼쪽부터 급속냉각, 완만냉각, 저중속냉각, 중중속냉각, 고중속냉각)



급속냉각



고중속냉각



중중속냉각



저중속냉각



완만냉각

부패폐기

초완만냉각

그림 2-34. 저장 70일차 봄배추의 정선 전 품질

(라) 봄배추의 부패율

급속냉각은 냉해를 입어 중륵이 검게 변하여 부패하였다. 고중속냉각에서 흑변된 것이 1포기, 엽신부가 부패한 것이 1포기로 총 2포기가 부패하였다. 따라서 고중속냉각에서 부패율은 22.22%이며 급속냉각을 제외한 처리구의 부패율은 총 5.71%였고(2/35포기) 평균 4.44%였다.

표 2-28. 저장 70일차 봄배추의 부패율(%)

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
부패율	0.00	22.22	0.00	0.00	0.00	4.44±9.94



급속냉각



고중속냉각



중중속냉각



저중속냉각



완만냉각

부패폐기

초완만냉각

그림 2-35. 저장 70일차 봄배추의 정선 후 품질과 부패율

(마) 봄배추의 장애발생률

저장 70일 봄배추는 깨씨무늬증과 괴사반점이 모든 처리구에서 발생하였고, 무름병은 발생하지 않았으며, 중록갈변이 3 처리구에서 발생하였다.

- ① 깨씨무늬증 : 모든 처리구에서 발병률이 높았지만 급속냉각에서는 발병률이 낮았다. 동해로 인해 장애 발생률작용이 정지해 발병률이 낮아진 것으로 보인다.
- ② 괴사반점 : 대부분의 처리구에서 발병했다. 특히 저중속냉각과 완만냉각에서 발병률이 높은 것으로 보아 냉각속도가 느릴수록 괴사반점의 발생률이 증가하는 것으로 보인다.
- ③ 무름병 : 무름병은 발생하지 않았다.
- ④ 중록갈변 : 70일차 봄배추와 동일하게 급속냉각은 모두 동해를 입어 중록이 갈변하였다. 고중속냉각에서도 44.44%의 발병률을 보여 냉각속도가 중록이 갈변하는 데 영향을 미치는 것으로 보인다.

표 2-29. 저장 70일차 봄배추의 장애발생률(%)

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
깨씨무늬증	55.56	100.00	100.00	100.00	100.00	91.11±19.88
괴사반점	22.22	22.22	11.11	62.50	55.56	41.39±19.85
무름병	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00±0.00
중록 갈변	100.00	44.44	0.00	0.00	11.11	31.11±42.60



저중속냉각에서 깨씨무늬가 발병한 배추



고중속냉각에서 중록괴사가 발병한 배추



완만냉각에서 괴사반점이 발병한 배추



급속냉각에서 중록갈변이 발병한 배추

그림 2-36. 저장 70일차 봄배추의 병해발생

(바) 봄배추의 이화학 특성

저장 70일차 봄배추의 수분함량은 93.40%였고, 당도는 4.7%로 60일차보다 증가하였으며 pH는 6.43으로 약간 낮아졌다.

- ① 수분함량: 평균 $93.40 \pm 0.88\%$ 로 완만냉각에서 가장 높았고 급속냉각에서 가장 낮았다.
- ② 당도: 평균 4.7 ± 0.3 brix로 고중속냉각에서 가장 높았고 급속냉각에서 가장 낮았다.
- ③ pH: 평균 6.43 ± 0.14 로 저중속냉각이 가장 낮았고 급속냉각이 가장 높았다.

표 2-29. 저장 70일차 봄배추의 이화학적 특성

냉각속도	수분함량(%)	당도(brix)	pH
급속냉각	92.26	4.4	6.61
고중속냉각	93.29	5.1	6.45
중중속냉각	92.99	4.7	6.39
저중속냉각	93.85	5.0	6.30
완만냉각	94.60	4.5	6.43
평균	93.40±0.88	4.7±0.3	6.43±0.14

(사) 봄배추의 김치원료 사용률

저장 70일차 봄배추의 김치원료 사용률은 깨씨무늬증과 괴사반점이 일부 발생한 것을 사용가능으로 허용하고 중륵갈변 부분을 제거한 결과 급속냉각은 0%, 고중속냉각은 55.56%, 중중속냉각은 100.00%, 저중속냉각은 100.00%, 완만냉각은 88.89%로 측정되었다.

(5) 저장 80일차 봄배추의 품질

(가) 봄배추의 중량감소율

저장 80일차 봄배추의 무게는 상자 당 평균 저장초기 16.03±1.47kg에서 13.93±1.07 kg으로 13.52±1.71% 감소했다. 냉각속도별 배추의 중량 감소율은 급속냉각이 12.83±2.23%, 고중속냉각이 14.02±1.22%, 중중속냉각이 11.93±1.16%, 저중속냉각이 14.28±1.16%, 완만냉각이 14.51±1.78%로 측정되었다. 완만냉각의 중량감소율이 가장 높았고, 중중속냉각의 중량감소율이 가장 낮았다. 상자위치별로는 최상단 상자에서 많이 감소하였고 최하단 상자에서 다음으로 많이 감소하였으며 중간상자에서 감소율이 낮았다.

표 2-30. 저장 80일차 봄배추의 중량감소율(%)

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
1	13.03	14.51	13.02	12.68	16.03	13.85±1.41
2	9.88	15.09	13.29	14.92	14.57	13.55±2.17
3	12.07	15.08	11.57	13.45	15.79	13.59±1.84
4	13.07	12.80	11.07	15.30	14.62	13.37±1.66
5	16.09	12.62	10.71	15.08	11.55	13.21±2.30
평균	12.83±2.00	14.02±1.09	11.93±1.04	14.28±1.03	14.51±1.59	13.52±1.71

(나) 봄배추의 정선손실률

저장 80일차 봄배추의 정선손실률은 처리구 평균 19.59±3.40%로 나타났다. 처리구별 정선손실률은 급속냉각이 23.62±11.12%, 고중속냉각이 18.35±6.70, 중중속냉각이 17.67±5.49, 완만냉각이 22.65±4.49%로 측정되었다. 중중속냉각의 정선손실률이 가장 낮았고 급속냉각과 완만냉각의 정선손실률이 높았다.

표 2-31. 저장 80일차 봄배추의 정선손실률(%)

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
1	18.56	11.16	14.87	24.65	17.81	17.41±4.99
2	12.73	11.62	14.35	14.18	18.48	14.27±2.60
3	30.18	14.63	14.32	17.25	24.17	20.11±6.89
4	17.63	21.19	16.54	23.80	17.87	19.41±3.01
5	37.19	14.30	17.78	7.91	26.80	20.80±1.43
6	9.95	25.21	15.23	14.86	28.24	18.70±7.69
7	41.23	29.82	15.73	16.58	25.16	25.70±10.50
8	16.13	18.85	16.64	23.68		18.83±3.45
9	29.00			16.11		22.56±9.11
평균	23.62±11.12	18.35±6.70	15.68±1.23	17.67±5.49	22.65±4.49	19.59±3.04

(다) 봄배추의 건전율

저장 80일차 봄배추의 건전율은 완만냉각을 제외한 모든 처리구에서 100%로 평가되었다. 완만냉각은 7개 배추 중 3개의 겉잎이 짓물렀고 4개 배추 품질이 양호하여 57.14%로 평가되었다.

표 2-32. 저장 80일차 봄배추의 건전율(%)

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
건전율 (%)	100.00	100.00	100.00	100.00	57.14	91.43±19.17



그림 2-37. 저장 80일차 봄배추의 외관으로 본 건전율
(왼쪽부터 급속냉각, 완만냉각, 저중속냉각, 중중속냉각, 고중속냉각)



급속냉각



고중속냉각



중중속냉각



저중속냉각



완만냉각

부패 폐기

초완만냉각

그림 2-38. 저장 80일차 봄배추의 정선 전 품질

(라) 봄배추의 부패율

저장 80일차 봄배추의 부패율은 고중속냉각과 완만냉각을 제외한 모든 처리구에서 부패율은 0.00%로 측정되었다. 고중속냉각은 9개 배추 중 2개 배추가 부패되어 부패율이 25.00%였고, 완만냉각은 7개 배추 중 1개 배추가 부패되어 부패율이 14.29%되었다.

표 2-33. 저장 80일차 봄배추의 부패율(%)

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
부패율	0.00	25.00	0.00	0.00	14.29	7.86±11.41



급속냉각



고중속냉각



중중속냉각



저중속냉각



완만냉각

부패 폐기

초완만냉각

그림 2-39. 저장 80일차 봄배추의 정선 후 품질과 부패율

(마) 봄배추의 장해발생률

저장 80일 봄배추는 깨씨무늬증, 괴사반점, 중륙갈변이 모든 처리구에서 발생하였고 무름병은 발생하지 않았다.

- ① 깨씨무늬증 : 깨씨무늬증은 모든 처리구에서 발생하였고, 배추의 겉잎에서 내엽 줄기까지 발생했다.
- ② 괴사반점 : 괴사반점은 모든 처리구에서 괴사반점이 관찰되었으며, 특히 급속냉각과 중중속냉각의 배추 줄기에서 많이 발생했다.
- ③ 무름병 : 무름병은 모든 처리구에서 발생하지 않았다.
- ④ 중륙갈변 : 모든 처리구에서 중륙갈변이 발생하였고, 주로 배추의 내엽 줄기 부분에 눈에 띄게 관찰되었다.

표 2-34. 저장 80일차 봄배추의 장해발생률(%)

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
깨씨무늬증	44.44	100.00	100.00	88.89	100.00	86.67±24.09
괴사반점	33.33	25.00	37.50	11.11	28.57	27.10±10.11
무름병	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00±0.00
중륙 갈변	100.00	25.00	12.50	33.33	57.14	45.60±34.51



급속냉각에서 중륙갈변이 발병한 배추



중중속냉각에서 괴사반점이 발병한 배추



저중속냉각에서 깨씨무늬가 발병한 배추



고중속냉각에서 중륙갈변이 발병한 배추

그림 2-40. 저장 80일차 봄배추의 장해발생

(바) 봄배추의 이화학 특성

저장 80일차 봄배추의 수분함량은 평균 91.12%로 70일차보다 2.28% 포인트 낮아졌으며, 당도도 4.61%로 더 낮아졌고, pH는 3.36으로 더 낮아졌다.

- ① 수분함량: 80일 저장한 봄배추의 수분함량은 평균 91.12±2.34%로 측정되었고 저중속냉각과 완만냉각의 수분함량이 각각 93.72±0.09, 92.85±1.29%로 높게 나타났다. 반면에 급속냉각과 고중속냉각은 각각 90.59±0.08, 87.68±0.78%로 낮게 측정되었다.
- ② 당도: 80일 저장한 모든 봄배추의 당도는 평균 4.61±0.41로 측정되었고 급속냉각은 5.30±0.14로 다른 처리구보다 유의적으로 높게 나타내었다.
- ③ pH: 80일 저장한 봄배추의 pH는 평균 6.36±0.03으로 측정되었고 냉각 속도에 따라 큰 차이가 없었다.

표 2-35. 저장 80일차 봄배추의 이화학적 특성

냉각속도	수분함량(%)	당도(brix)	pH
급속냉각	90.59±0.08	5.30±0.14	6.37±0.03
고중속냉각	87.68±0.78	4.50±0.00	6.34±0.06
중중속냉각	90.78±0.15	4.60±0.00	6.40±0.01
저중속냉각	93.72±0.09	4.20±0.00	6.33±0.10
완만냉각	92.85±1.29	4.45±0.07	6.38±0.11
평균	91.12±2.34	4.61±0.41	6.36±0.03

(사) 봄배추의 김치원료 사용률

저장 80일차 봄배추의 김치원료 사용률은 깨씨무늬증과 괴사반점이 일부 발생한 것을 사용가능으로 허용하고 중륵갈변 부분을 제거한 결과 급속냉각은 0%, 고중속냉각은 75.00%, 중중속냉각은 87.50%, 저중속냉각은 66.67%, 완만냉각은 42.86%로 측정되었다.

(6) 저장 90일차 봄배추의 품질

(가) 봄배추의 중량감소율

저장 90일차 봄배추의 무게는 상자당 평균 저장초기 16.03±1.47 kg에서 13.66±1.07 kg으로 15.11±1.81% 감소했다. 냉각속도별 배추의 중량감소율은 급속냉각이 14.52±2.25%, 고중속냉각이 15.58±1.17%, 중중속냉각이 13.46±0.99, 저중속냉각이 15.78±1.11, 완만냉각이 16.21±1.67로 측정되었다. 완만냉각의 중량

감소율이 가장 높았고, 중중속냉각의 중량감소율이 가장 낮았다. 배추상자 위치별로는 급속냉각에서는 최상단과 최하단 상자에서 감소율이 높았으나 다른 처리구에서는 상자위치별로 유의적인 차이가 없었다. 이는 장기저장으로 배추상자별로 다르게 부패하면서 부패의 영향이 크게 나타났기 때문이다.

표 2-36. 저장 90일차 봄배추의 중량감소율(%)

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
1	14.85	15.74	14.50	14.08	17.77	15.39±1.47
2	11.34	16.98	14.74	16.57	16.00	15.13±2.28
3	13.62	16.72	13.06	14.83	17.25	15.10±1.85
4	14.49	14.29	12.80	16.79	16.96	15.07±1.78
5	18.30	14.20	12.20	16.62	13.07	14.88±2.53
평균	14.52±2.25	15.58±1.17	13.46±0.99	15.78±1.11	16.21±1.67	15.11±1.81

(나) 봄배추의 정선손실률

저장 90일차 봄배추의 정선손실률은 처리구 평균이 21.51±3.76%로 나타났다. 처리구별 정선손실률은 급속냉각이 22.66±8.17%, 고중속냉각이 19.79±13.76%, 중중속냉각이 26.24±13.38%, 저중속냉각이 16.16±5.53%, 완만냉각이 22.68±19.51%로 측정되었다. 저중속냉각이 가장 낮았고 중중속냉각이 가장 높았다.

표 2-37. 저장 90일차 봄배추의 정선손실률(%)

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
정선 전 중량(g)	3103.31	2662.72	2559.67	2439.75	2486.39	2650.37±266.83
정선 후 중량(g)	2393.69	2136.06	1898.44	2054.44	1926.06	2081.74±199.28
정선 손실률	22.66±8.17	19.79±13.76	26.24±13.38	16.16±5.53	22.68±19.51	21.51±3.76

(다) 봄배추의 건전율

저장 90일차 봄배추의 평균 건전율은 88.75±12.96%로 평가되었다. 급속냉각의 건전율은 외엽이 초록빛을 띄며 가장 좋은 품질로 평가되었다. 고중속냉각은 12개 배추 중 8개 배추가 양호하여 건전율이 66.67%, 중중속냉각은 9개 배추

중 8개 배추가 양호하여 건전율이 94.44%, 저중속냉각은 8개 배추 중 7개 배추가 양호하여 93.75%, 완만냉각은 9개 배추 중 8개 배추가 양호하여 88.89%로 측정되었다. 건전하지 못한 배추는 부패된 것이었다.

표 2-38. 저장 90일차 봄배추의 건전율(%)

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
건전율	100	66.67	94.44	93.75	88.89	88.75±12.96



그림 2-41. 저장 90일차 봄배추의 외관으로 본 건전률
(왼쪽부터 급속냉각, 완만냉각, 저중속냉각, 중중속냉각, 고중속냉각)



급속냉각



고중속냉각



중중속냉각



저중속냉각



완만냉각

부패 폐기

초완만냉각

그림 2-42. 저장 90일차 봄배추의 정선 전 품질

(라) 봄배추의 부패율

저장 90일차 봄배추의 부패율은 급속냉각을 제외하고 나머지 처리구에서 높게 나타났다. 특히 중중속냉각은 9개 배추 중 2개 배추가 양호하여 부패율이 88.89%, 저중속냉각은 8개 배추 중 1개 배추가 양호하여 부패율이 93.75%, 완만냉각은 9개 배추 중 2개 배추가 양호하여 72.22%로 평가되었다. 급속냉각은 9개 배추 중 9개가 양호하여 부패율이 0.00%, 고중속냉각은 12개 배추 중 10개가 양호하여 16.67%로 측정되었다. 따라서 냉각속도가 빠를수록 장기저장 부패율은 낮은 것으로 판단된다.

표 2-39. 저장 90일차 봄배추의 부패율(%)

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
부패율	0.00	16.67	88.89	93.75	72.22	54.31±43.12



그림 2-43. 저장 90일차 완만냉각에서 중특이 갈변되어 부패된 봄배추



급속냉각



고중속냉각



중중속냉각



저중속냉각



완만냉각

부패 폐기

초완만냉각

그림 2-44. 저장 90일차 봄배추의 정선 후 품질과 부패율

(마) 봄배추의 장해 발생률

저장 90일 봄배추는 깨씨무늬증, 괴사반점, 중륵갈변이 모든 처리구에서 발생하였고, 무름병은 발생하지 않았다.

- ① 깨씨무늬증: 깨씨무늬증은 모든 처리구에서 발생하였고 배추의 겉잎에서 내엽 중륵까지 발생하였다.
- ② 괴사반점: 괴사반점은 모든 처리구에서 괴사반점이 관찰되었으며 특히 중중속냉각과 저중속냉각의 배추 줄기에서 많이 발생했다.
- ③ 무름병: 무름병은 90일 저장한 모든 봄배추에서 발생하지 않았다.
- ④ 중륵갈변: 중륵갈변은 모든 처리구에서 발생하였고 주로 배추의 내엽 중륵 부분에서 관찰되었다. 특히 급속냉각과 고중속냉각에서 중륵갈변이 높게 나타났다.

표 2-40. 저장 90일차 봄배추의 장해 발생률(%)

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
깨씨무늬증	44.44	87.50	100.00	87.50	66.67	77.22±21.89
괴사반점	33.33	25.00	55.56	62.50	55.56	46.39±16.25
무름병	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00±0.00
중륵 갈변	100	50.00	27.78	37.50	44.44	51.94±28.12



저중속냉각에서 깨씨무늬증이 발생한 배추



중중속냉각에서 괴사반점이 발병한 배추



고중속냉각에서 중륵갈변이 발병한 배추



완만냉각에서 괴사반점이 발병한 배추

그림 2-45. 저장 90일차 봄배추의 장해발생

(바) 봄배추의 이화학 특성

저장 90일차 봄배추는 수분함량이 평균 92.64%로 80일차와 비슷하였고, 당도는 4.34%로 0.27% 포인트 낮아졌으며, pH는 6.26으로 0.10포인트 낮아졌다.

- ① 수분함량: 90일 저장한 봄배추의 수분함량은 평균 92.64±0.94%로 급속냉각과 완만냉각의 수분함량이 각각 93.54±0.29%, 93.44±0.11%로 높게 나타났고 저중속냉각의 수분함량은 91.38±0.41%로 낮게 측정되었다.
- ② 당도: 90일 저장한 봄배추의 당도는 평균 4.34±0.24로 급속냉각의 당도가 4.50%로 낮아져 다른 처리구와 비슷하였다.
- ③ pH: 90일 저장한 봄배추의 pH는 평균 6.26±0.12였고 급속냉각한 봄배추에서 6.06±0.37로 가장 낮게 측정되었다.

표 2-40. 저장 90일차 봄배추의 이화학적 특성

냉각속도	수분함량(%)	당도(brix)	pH
급속냉각	93.54±0.29	4.50±0.00	6.06±0.37
고중속냉각	92.89±0.54	4.10±0.00	6.34±0.03
중중속냉각	91.95±0.24	4.55±0.07	6.31±0.02
저중속냉각	91.38±0.41	4.50±0.00	6.32±0.01
완만냉각	93.44±0.11	4.05±0.07	6.30±0.24
평균	92.64±0.94	4.34±0.24	6.26±0.12

(사) 저장 봄배추의 김치원료 사용률

저장 90일차 봄배추의 김치원료 사용률은 깨씨무늬증과 괴사반점이 일부 발생한 것을 사용가능으로 허용하고 중특갈변 부분을 제거한 결과 급속냉각은 0%, 고중속냉각은 50.00%, 중중속냉각은 72.22%, 저중속냉각은 62.50%, 완만냉각은 55.56%로 측정되었다.

저장 107일차(2019. 9.27)에 처리구당 남아 있는 22상자(30상자 중 2상자씩 4회 8상자 시험)를 협동연구기관인 (주)이킴의 품질관리 담당자가 파일럿 시험 저장고에 와서 쪼개보고 김치원료로 쓸 수 있는 것을 선별하여 다듬고 쪽수와 무게를 측정하였다. 그 결과 저중속냉각이 사용가능쪽수가 많고 완만냉각이 중특갈변이 적게 발생하여 봄배추의 최적 냉각속도를 3℃/day(2-4℃/day)로 결정하였다.

표 2-40. 저장 107일차 봄배추의 김치원료 사용가능성 평가

냉각구분	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	초완만냉각
냉각속도 (°C/day)	24	8	6	4	2	1
사용가능 쪽수(개)	0	38	36	56	24	0
사용가능량 (kg)	0	16.4	19.3	35.8	21.3	0
비고	동해를 입어 중류이 갈변되고 겉게 변함	사용가능 쪽수는 많지만 중류 갈변/후변이 많음	중류 갈변/후변이 발생	가용가능 쪽수가 많고 량도 많았음	사용가능쪽수 는 적었으나 중류 갈변이 적게 발생	저장 1주일에 부패되어 폐기

(아) 봄배추의 총균수

90일 저장한 봄배추 총균수는 평균 6.29×10^5 CFU/g 로 측정되었다. 급속냉각은 1.05×10^5 CFU/g, 중중속냉각은 1.72×10^6 CFU/g, 저중속냉각은 9.25×10^5 CFU/g, 완만냉각은 1.45×10^6 CFU/g로 측정되어 중중속냉각이 가장 많았고, 고중속냉각이 가장 적었다.

표 2-41. 90일차 봄배추의 총균수(CFU/g)

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
총균수	1.05×10^6	5.15×10^5	1.72×10^6	9.25×10^5	1.45×10^6	6.29×10^5

제 3절 봄배추 현장 저장시스템 성능평가

1. 현장시험 개요

가. 시험 목적

겨울배추 파일릿 저장시험에서 얻은 결과와 냉각속도에 따른 장기저장 방법을 연구 1년차 봄에 현장규모의 저온저장고에 적용하여 채움률과 냉각속도 이론의 현장 저장 적용가능성과 문제점을 도출하고자 협동연구기관의 저온저장고에 봄배추를 저장 시험하였다.

나. 저장고의 규모와 저장시험

이번 봄배추 저장에 참여한 전곡농협과 수안보농협은 50평형 9개로 많은 양의 저장고를 보유하고 있음에도 불구하고 저장고가 부족하여 6월 중하순에 저장한 봄배추를 최대 8월 초순(약 50일)까지 사용하면 모두 소진되어 90일까지 저장할 저장고가 없었다. 그래서 각 농협별로 어렵게 1개소씩 4개소, (주)이킴에서 3개소, (주)하늘마음에서 1개소 총 8개소에서 봄배추 장기저장시험을 실시하였다(표 3-1).

표 3-1. 봄배추 현장저장 시험 저온저장고 현황

시험구	시험기관	저장고면적(평)	저장량(톤)	냉각속도(°C/day)	저장시작일	저장종료일
대규모	전곡농협	50	100	24	2019.07.01	2019.08.16
	서안동농협	50	100	24	2019.07.10	2019.09.12
	수안보농협	30(백운)	50	6	2019.06.13	2019.08.09
중규모	이킴A	36	100	3	2019.06.21	2019.09.19
	이킴B	36	100	6	2019.06.21	2019.09.19
	이킴C	36	100	12	2019.06.21	2019.09.19
소규모	북파주농협	20	40	3	2019.06.24	2019.09.20
지하	하늘마음	10	20	3	2019.06.13	2019.07.02

다. 현장 저장 봄배추의 중량 및 품질 측정 방법

(1) 중량감소율

현장 저장 봄배추의 무게를 처리구 당 5상자씩 상자 단위로 측정하여 다음 식에 의해 저장기간 동안 초기 무게에 대한 감모율을 백분율로 나타내었다.

$$\text{중량감모율(\%)} = \frac{\text{저장전중량} - \text{저장후중량}}{\text{저장전중량}} \times 100$$

(2) 정선손실률

건조되거나 부패하여 이용이 불가능한 배추의 겉잎을 제거하여 정선된 배추의 중량을 측정한 다음 정선 전 무게에 대한 변화량을 백분율로 표기하였다.

$$\text{정선손실률(\%)} = \frac{\text{정선 전 중량} - \text{정선 후 중량}}{\text{정선 전 중량}} \times 100$$

(3) 건진율

현장 저장 봄배추 2상자 10포기를 꺼내 파손되거나 마른 잎을 떼어내고 표면을 육안으로 관찰하여 김치 원료로 사용 가능 여부를 (가/부)로 평가한 후 백분율로 표기하였다.

(4) 부패율

건진율을 측정한 배추를 이절하여 내부의 부패 여부를 (가/부)로 평가한 후 백분율로 표기하였다.

(5) 병리장해율

현장 저장 봄배추 2상자 10포기를 꺼내 육안으로 관찰하여 깨씨무늬증, 괴사반점, 무름병, 중록괴사를 대표 사진과 비교하여 조사하였다. 발생률은 한 잎에서라도 장애가 발생하면 발병한 배추로 판단하여 다음 식으로 측정하였다.

$$\text{발생률(\%)} = \frac{\text{병리장해 발생 배추 갯수}}{\text{총 배추 갯수}} \times 100$$

2. 현장 저장 봄배추 저장고의 환경변화

가. 현장 저장고의 온도와 습도 변화

냉각속도를 24℃/day로 설정한 전곡농협, 서안동농협은 전곡농협이 저장 1일차에 2℃까지 냉각되었고 서안동 농협이 0.5℃에 도달하여 유지되었다(그림 3-1). 냉각속도를 3℃/day로 설정한 북파주 농협은 꾸준히 온도가 낮아져 저장 7일차 이후 일정하게 유지되었다. 그리고 12℃/day로 설정한 ㈜이킴A 저장고는 저장 1일차에 0℃에 도달하였고 B저장고는 1일 6℃씩 낮아졌으며 C 저장고는 1일 3℃씩 계획대로 낮아

졌다(그림 3-3). 하늘마음의 지하저장고는 냉각기 용량이 부족하여 저장고 내부 온도가 9°C이하로 내려가지 못하고 제상과 냉각으로 등락을 반복하다가 7일만에 과부하로 냉각기 작동이 정지되었다. 습도변화는 전곡농협(24°C/day), 북파주농협(3°C/day), 하늘마음(3°C/day) 저장고에서 큰 변화를 보이지 않았지만, 서안동농협(24°C/day) 저장고는 저장 전 53%에서 저장 후 1일차에 80%로 급격하게 증가하였다(그림 3-2).

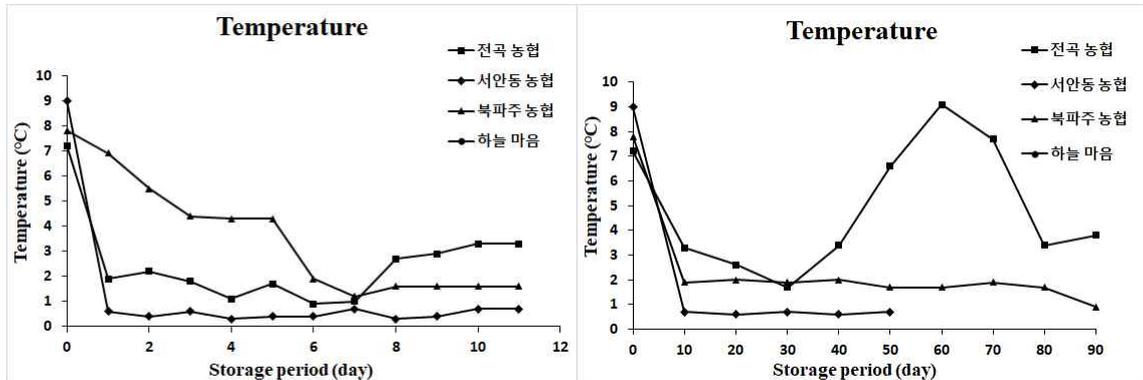


그림 3-1. 봄배추 현장 저장고의 온도변화

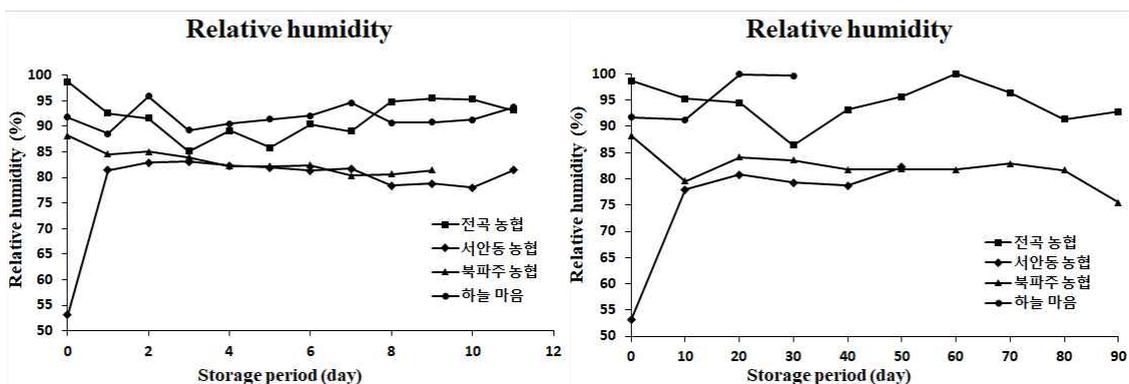


그림 3-2. 봄배추 현장 저장고의 습도변화

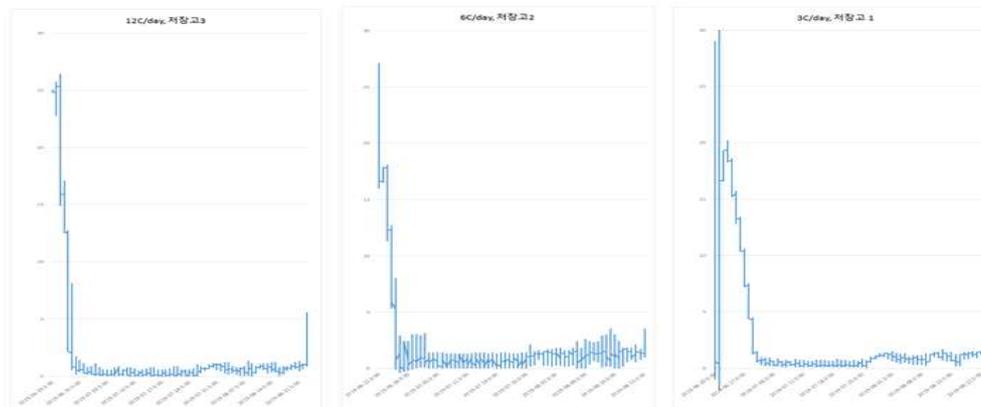


그림 3-3. (주)이킴A, 이킴B, 이킴C의 봄배추 저장고 온도변화

나. 현장 저장고의 산소와 이산화탄소 농도 변화

현장 저장고의 산소 농도 변화는 유의미한 변화가 없었다(그림 3-4). 실제 현장에 서 기밀성이 낮아 산소의 유동량이 많은 것으로 판단되었다. 이산화탄소 농도변화 는 하늘마음(3°C/day) 저장고에서 차이를 보였다(그림 3-5). 특히 봄배추 입고후 꾸 준히 증가하여 이산화탄소 농도가 0.68%까지 도달하였다.

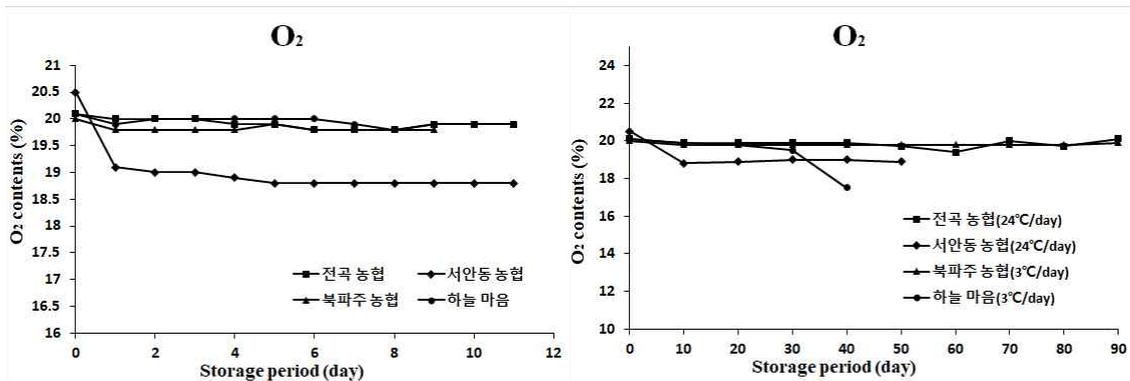


그림 3-4. 봄배추 현장 저장고의 산소 농도변화

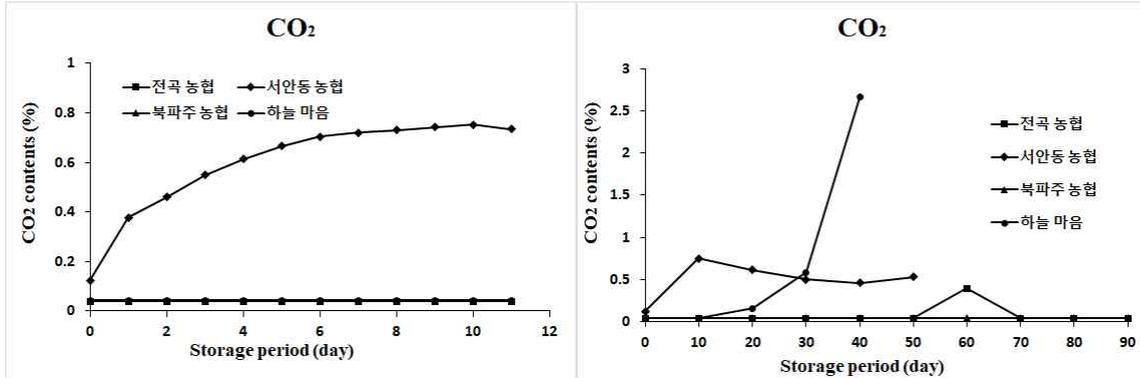


그림 3-5. 봄배추 현장 저장고의 이산화탄소 농도변화

3. 현장 저장 봄배추의 품질평가

가. 전곡농협에서 봄배추 현장저장 평가

(1) 봄배추의 중량감소율

전곡농협에서 수행한 봄배추 중량감소율 측정은 누락되었다.

(2) 봄배추의 정선손실률

저장 0일차 봄배추의 평균 정선손실률은 $19.33 \pm 6.60\%$ 였고 저장 60일차 봄배추의 정선손실률은 $60.44 \pm 11.58\%$ 로 급격하게 증가하였다(표 3-2, 3-3). 이는 부패로 인해 정선손실률이 증가하였기 때문이며 더 이상 저장실험을 진행하지 않았다.

표 3-2. 전국 농협에서 저장한 0일차 봄배추의 정선손실률(%)

배추번호	정선전(g)	정선후(g)	정선수율(%)
1	2,530	2,010	79
2	2,225	1,865	84
3	3,750	3,165	84
4	2,060	1,395	68
5	2,645	2,295	87
6	2,685	2,230	83
7	2,795	2,395	86
8	2,980	2,510	84
9	2,155	1,505	70
10	3,075	2,515	82
평균	2,690	2,189	81

표 3-3. 전국 농협에서 저장한 60일차 봄배추의 정선손실률(%)

배추번호	정선전(g)	정선후(g)	정선수율(%)
1	2,530	400	16
2	1,860	550	30
3	1,790	945	53
4	2,905	1,480	51
5	2,885	1,435	50
6	1,845	850	46
7	2,010	695	35
8	1,995	785	39
9	1,600	705	44
10	1,545	505	33
평균	2,097	835	40

(가) 건전율

연천군 궁평리에서 수확한 봄배추의 겉보기 건전율은 100%로 판단되었다. 그러나 저장 60일차 배추는 건전율이 80%로 낮아졌다(그림 3-6).

(나) 부패율

봄배추를 반절하여 평가한 부패율은 0일차에 이미 고갱이의 끝부분에서 검게

변해 있었고, 저장 60일차에는 모든 포기에서 내부 고갱이 부분에 부패가 진행되었다(그림 3-7). 이는 봄배추 결구시기인 5월 하순에 30℃ 이상의 고온이 수일간 유지되어서 배추가 고온장해를 입은 것으로 판단된다. 이런 현상은 충주지역과 파주지역 배추에서도 마찬가지로였다.



그림 3-6. 전곡농협 저장고에 입고 전 봄배추의 품질측정

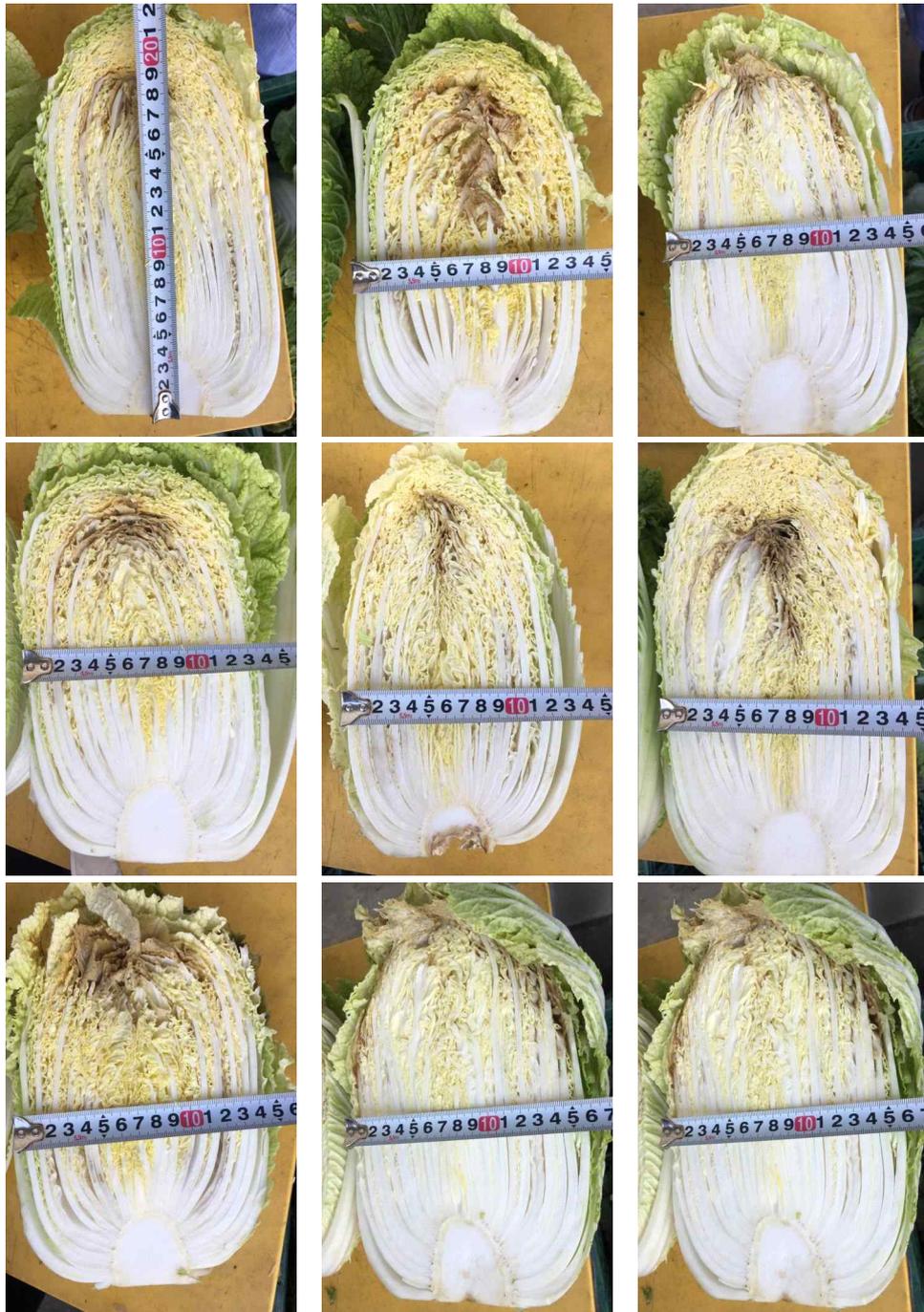


그림 3-7. 전국농협에 저장한 60일차 봄배추의 품질측정

나. 수안보농협에서 현장저장 평가

(1) 봄배추의 중량감소율

충주시 살미면 세성리에서 재배한 진청 봄배추는 초기 중량이 평균 17.05 ± 0.56 kg 으로 한 포기 평균 무게는 3.8 kg 이었다(표 3-4, 3-5). 저장 60일차 봄배추의 중량

감소율은 10.33±5.99%였다. 하지만 저장 60일차에 고갱이 부분의 부패로 인해 더 이상 저장실험을 진행하지 않았다.

표 3-4. 수안보농협에서 저장한 봄배추의 초기 중량(kg/box)

번호	1	2	3	4	5	평균
중량(kg)	17.92	16.72	16.26	17.06	17.28	17.05±0.56

표 3-5. 수안보농협에서 저장한 봄배추의 중량감소율(%)

상자 \ 저장 일수	0일차	60일차	중량감소율
1	17.92	14.85	17.13
2	16.72	16.16	3.35
3	16.26	15.40	5.29
4	17.06	14.48	15.12
5	17.28	15.42	10.76
평균	17.05±0.56	15.26±0.64	10.33±5.99

(2) 봄배추의 정선손실률

수안보 농협에서 수행한 봄배추 정선손실률은 누락되었다.

(3) 봄배추의 건전율

충주시 살미면 세성리에서 재배한 진청 봄배추는 포기가 짝 차고 외관이 양호하여 건전율이 100%였다. 저장 60일차에도 외관 건전율이 100%였다.

(4) 봄배추의 부패율

저장 초기에는 부패가 없었으나 저장 60일차에는 반을 쪼개어 보면 고갱이부분이 검게 부패하한 것이 80%였다(그림 3-8).

(5) 봄배추의 장해발생률

저장 60일차 봄배추에서 약간의 깨씨무늬증과 피사반점, 그리고 대부분의 고갱이 갈변 등 병리장해 현상이 관찰되었다.

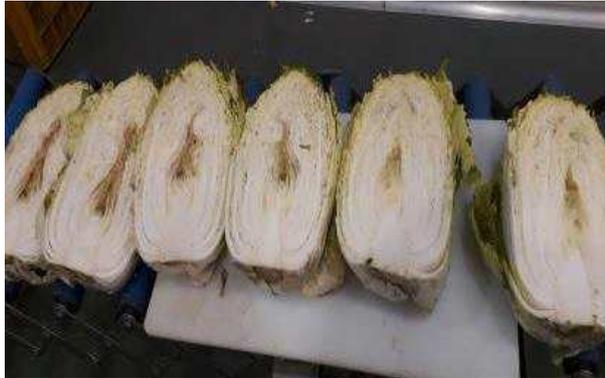


그림 3-8. 수안보 농협 저장 60일차 봄배추 품질평가

다. 북파주농협에서 봄배추 현장저장 평가

(1) 봄배추의 중량감소율

북파주농협 현장저장 0일차 봄배추의 초기 중량은 평균 14.78 ± 0.81 kg으로 한 포기 무게는 평균 3.3 kg 이었다(표 3-6, 3-7). 저장 60일차 봄배추의 중량감소율은 $2.96 \pm 0.67\%$ 로 낮은 감소율을 보였지만, 외엽이 부패되어 상태가 좋지 않았다. 저장을 중지하고 모두 선별하여 김치원료로 사용하였다.

표 3-6. 북파주농협에서 저장한 봄배추의 초기 중량(kg/box)

번호	1	2	3	4	5	평균
중량	15.20	16.00	14.30	14.00	14.40	14.78 ± 0.81

표 3-7. 북파주농협에서 저장한 봄배추의 중량감소율 (%)

구분 \ 저장 일수	0	60	90
중량감소율	0%	2.96 ± 0.67	-

(2) 봄배추의 정선손실률

북파주농협 현장저장 0일차 봄배추의 정선손실률은 평균 $6.76 \pm 1.57\%$ 였다(표 3-8). 하지만 저장 60일차에 배추의 외엽이 많이 물러지고 부패로 인해 정선손실률이 $41.91 \pm 7.64\%$ 로 크게 증가되었다.

표 3-8. 북파주농협에서 저장한 봄배추의 정선손실률 (%)

구분 \ 저장 일수	0	60	90
정선손실률	6.76±1.57%	41.91±7.64	-

(3) 봄배추의 건전율

저장 초기 봄배추는 건전율이 100%로 평가되었지만 저장 60일차 봄배추의 건전율은 외관상 부패되어 60%로 측정되었다.



그림 3-9. 북파주농협 저장 60일차 봄배추의 건전율

(4) 봄배추의 부패율

저장 초기 봄배추는 내부가 양호하여 부패율이 0%로 평가되었지만, 저장 60일차 봄배추의 부패율은 10포기 중 4포기가 부패되어 40%로 측정되었다.



그림 3-10. 저장 0일차(좌) 및 60일차(우) 북파주 배추의 부패율

(5) 봄배추의 장해발생률

- ① 깨씨무늬증: 저장 90일차 봄배추의 깨씨무늬증 발병률은 평균 70%이다.
- ② 괴사반점: 저장 90일차 봄배추의 괴사반점 발병률은 평균 70%이다.
- ③ 무름병: 저장 90일차 봄배추의 무름병 발병률은 0%이다.
- ④ 중륵갈변: 저장 90일차 봄배추의 중륵갈변 발병률은 0%이다.

라. 이킴의 현장저장 평가

(1) 봄배추의 중량감소율

이킴 A에 저장한 0일차 봄배추의 초기 중량은 평균 17.36 ± 0.93 kg, 이킴 B에 저장한 0일차 봄배추의 초기 중량은 평균 16.51 ± 0.60 kg, 이킴 C에 저장한 0일차 봄배추의 초기 중량은 평균 17.22 ± 1.08 kg 이었다(표 3-9). 저장 60일차 배추의 중량 감소율은 이킴A($3^{\circ}\text{C}/\text{day}$)가 $9.22 \pm 2.01\%$ 이킴B($6^{\circ}\text{C}/\text{day}$)가 $8.24 \pm 2.00\%$, 이킴C($12^{\circ}\text{C}/\text{day}$)가 $9.83 \pm 1.40\%$ 로 증가하였고 저장 90일차 배추의 중량감소율은 이킴A($3^{\circ}\text{C}/\text{day}$)가 $10.74 \pm 2.28\%$, 이킴B($6^{\circ}\text{C}/\text{day}$)가 $9.40 \pm 2.17\%$, 이킴C($12^{\circ}\text{C}/\text{day}$)가 $11.20 \pm 1.51\%$ 로 1일 6°C 씩 냉각한 저장고에서 가장 작았다.(표 3-10).

표 3-9. 이킴에서 수확한 봄배추의 초기 중량(kg/box)

샘플번호	1	2	3	4	5	평균
이킴 A 3℃/일	16.85	18.21	17.96	15.98	17.80	17.36±0.93
이킴 B 6℃/일	15.74	16.33	17.32	16.84	16.32	16.51±0.60
이킴 C 12℃/일	18.63	17.84	15.75	17.04	16.86	17.22±1.08

표 3-10. 이킴에서 수확한 봄배추의 중량감소율 (%)

샘플번호	0	60	90
이킴 A 3℃/일	0.00±0.00	9.22±2.01	10.74±2.28
이킴 B 6℃/일	0.00±0.00	8.24±2.00	9.40±2.17
이킴 C 12℃/일	0.00±0.00	9.83±1.40	11.20±1.51

(2) 봄배추의 정선손실률

이킴 저장고에 저장한 0일차 봄배추의 정선손실률은 평균 11.99±2.74 kg로 나타났다(표 3-11). 저장 60일차 배추의 정선손실률은 이킴A(3℃/day)가 53.58±19.84% 이킴B(6 /day)가 60.12±18.93%, 이킴C(12/day)가 34.74±20.89%로 증가하였고, 저장 90일차 배추의 중량감소율은 이킴A(3℃/day)가 79.71±17.50%이킴B(6 /day)가 69.19±21.81%, 이킴C(12/day)가 47.33±29.01%로 1일 6℃씩 냉각한 저장고에서 가장 작았다.

표 3-11. 이킴에서 저장한 봄배추의 정선손실률 (%)

구분 \ 저장 일수	0	60	90
이킴 A 3℃/일	11.99±2.74	53.58±19.84	79.71±17.50
이킴 B 6℃/일	11.99±2.74	60.12±18.93	69.19±21.81
이킴 C 12℃/일	11.99±2.74	34.74±20.89	47.33±29.01



그림 3-11. 이킴 현장저장 봄배추의 품질평가

(3) 봄배추의 건전률

저장 0일차 봄배추는 건전률이 100%였고 1일에 3℃, 1일 6℃를 냉각 저장한 봄배추는 저장 60일차부터 겉잎이 부패되어 0%로 평가되었다. 1일 12℃를 냉각한 저장고에서는 저장 60일차에 85.7%, 70일차에 50.0%, 80일차에 29.6%, 90일차에 25.0%였다.

(4) 봄배추의 부패율

저장 0일차 봄배추는 부패율이 0%였고 1일에 3℃씩 냉각 저장한 봄배추는 저장 60일차에 12.5%, 70일차에 25.0%, 80일차에 57.1%, 90일차에 37.5%였고, 1일에 6℃씩 냉각 저장한 봄배추는 저장 60일차에 14.3%, 70일차에 14.3%, 80일차에 42.9%, 90일차에 16.7%였으며, 1일 12℃를 냉각한 저장고에서는 저장 80일차까지 부패되지 않았고 90일차에 12.5% 부패되었다.



그림 3-12. 이킴A (3°C/일, 좌) 및 이킴B (6°C/일, 우)의 저장품질

(5) 봄배추의 장해발생률

- ① 깨씨무늬증: 저장 90일차에 1일 3°C씩 냉각한 배추가 37.50%로 가장 낮았다.
- ② 괴사반점: 저장 90일차에 1일 12°C씩 냉각한 배추가 12.50%로 가장 낮았다.
- ③ 무름병: 저장 90일차에 1일 12°C씩 냉각한 배추가 12.50%로 가장 낮았다.
- ④ 중륵갈변: 저장 90일차에 1일 6°C씩 냉각한 배추가 66.67%로 가장 낮았다.

표 3-12. 봄배추의 장해발생률

구분	1일 3°C			1일 6°C			1일 12°C		
	30일	60일	90일	30일	60일	90일	30일	60일	90일
깨씨무늬증	0.00	25.00	37.50	0.00	57.14	50.00	0.00	42.86	62.50
괴사반점	0.00	12.50	37.50	0.00	14.29	16.67	0.00	0.00	12.50
무름병	0.00	12.50	37.50	0.00	14.29	14.29	0.00	0.00	12.50
중륵갈변	0.00	100.00	100.00	0.00	100.00	66.67	0.00	42.86	71.43

표 3-13. 이킴 저장고A에서 봄배추의 건전성 평가

조건 : A(3°C/day)

건전성 (○ / X)

배추번호	0일차	60일차	70일차	80일차	90일차
1	○	X	X	X	X
2	○	X	X	X	X
3	○	X	X	X	X
4	○	X	X	X	X
5	○	X	X	X	X
6	○	X	X	X	X
7	○	X	X	X	X
8	○	X	X		X

* 사진 첨부

배추번호	0일차	60일차	70일차	80일차	90일차
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

표 3-14. 이킴 저장고B에서 봄배추의 건전성 평가

조건 : B(6°C/day)

건전성 (○/X)

배추번호	0일차	60일차	70일차	80일차	90일차
1	○	X	X	X	X
2	○	X	X	X	X
3	○	X	X	X	X
4	○	X	X	X	X
5	○	X	X	X	X
6	○	X	X	X	X
7	○	X	X	X	
8	○				

* 사진 첨부

배추번호	0일차	60일차	70일차	80일차	90일차
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

표 3-15. 이킴 저장고C에서 봄배추의 건전성 평가

조건 : C(12°C/day)

건전성 (○/X)

배추번호	0일차	60일차	70일차	80일차	90일차
1	○	X	○	X	X
2	○	○	○	X	X
3	○	○	X	X	X
4	○	○	○	○	X
5	○	○	○	X	X
6	○	○	X	X	○
7	○	○	X	○	○
8	○		X		X

* 사진 첨부

배추번호	0일차	60일차	70일차	80일차	90일차
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

표 3-16. 이킴 저장고A에서 봄배추의 부패율 평가

조건 : A(3°C/day)

부패성 (○ / X)

배추번호	0일차	60일차	70일차	80일차	90일차
1	○	○	X	X	○
2	○	○	X	X	○
3	○	○	○	○	X
4	○	X	○	○	X
5	○	○	○	○	X
6	○	○	○	X	○
7	○	○	○	X	○
8	○	○	○		○

* 사진 첨부

배추번호	0일차	60일차	70일차	80일차	90일차
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

표 3-17. 이킴 저장고B에서 봄배추의 부패율 평가

조건 : B(6°C/day)

부패성 (○/X)

배추번호	0일차	60일차	70일차	80일차	90일차
1	○	○	X	○	○
2	○	X	○	X	○
3	○	○	○	X	X
4	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	○
6	○	○	○	X	○
7	○	○	○	○	
8	○				

* 사진 첨부

배추번호	0일차	60일차	70일차	80일차	90일차
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

표 3-18. 이킴 저장고C에서 봄배추의 부패율 평가

조건 : C(12°C/day)

부패성 (○ / X)

배추번호	0일차	60일차	70일차	80일차	90일차
1	○	○	○	○	○
2	○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	X
4	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	○
6	○	○	○	○	○
7	○	○	○	○	○
8	○		○		○

* 사진 첨부

배추번호	0일차	60일차	70일차	80일차	90일차
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

표 3-19. 이킴 저장고A에서 봄배추의 깨씨무늬증 발생율

조건 : A(3°C/day)

☞ 깨씨무늬증 (○/X)

배추번호	0일차	60일차	70일차	80일차	90일차
1	○	○	○	X	○
2	○	○	○	X	○
3	○	○	X	○	X
4	○	X	○	○	X
5	○	X	○	X	X
6	○	○	○	○	○
7	○	○	○	X	○
8	○	○	○		○

* 사진 첨부

배추번호	0일차	60일차	70일차	80일차	90일차
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

표 3-20. 이킴 저장고B에서 봄배추의 깨씨무늬증 발생율

조건 : B(6°C/day)

○ 깨씨무늬증 (○ / X)

배추번호	0일차	60일차	70일차	80일차	90일차
1	○	○	X	○	X
2	○	X	○	X	X
3	○	X	○	X	○
4	○	○	X	X	X
5	○	X	X	X	○
6	○	X	X	X	○
7	○	○	○	X	
8	○				

* 사진 첨부

배추번호	0일차	60일차	70일차	80일차	90일차
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

표 3-21. 이킴 저장고C에서 봄배추의 깨씨무늬증 발생율

조건 : C(12°C/day)

깨씨무늬증 (○ / X)

배추번호	0일차	60일차	70일차	80일차	90일차
1	○	○	X	○	○
2	○	○	X	X	X
3	○	X	X	○	○
4	○	X	○	○	○
5	○	○	X	○	X
6	○	X	○	X	X
7	○	○	X	X	X
8	○		X		X

* 사진 첨부

배추번호	0일차	60일차	70일차	80일차	90일차
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

마. 하늘마음에서의 현장 저장 평가

(1) 건전율

보은군 회인면 용촌리에서 재배한 청나 봄배추는 외간이 양호하여 건전율이 100%였다. 그러나 지하저장고의 냉각기가 저장 10일 만에 과부하로 고장이 나서 온도가 급격하고 오르고 부패하였다.

(2)부패율

저장 초기에는 내부도 깨끗하여 부패율이 0%였다. 냉각기의 고장으로 모두 부패하였다.

(3)병리장해율

저장 초기에는 병리장해가 없었고 저장중에 냉각기의 고장으로 모두 부패하였다.



그림 3-13. 하늘마음 현장저장 봄배추의 저장 전 품질

4. 현장 저장 시스템의 문제점과 해결방안

가. 봄배추를 저장고에 입고하고 충분히 냉각할 수 있도록 냉각기의 냉각능력을 늘려야 한다. 특히 하늘마음 지하저장고는 현재의 5마력에서 3마력짜리 2개로 늘려야 하겠다.

나. 저장고의 기제조성이 유지될 수 있도록 일입문의 밀폐도를 높여야 하겠다. 현재의 지도리식 개폐를 미달이식으로 개선해야 하겠다.

다. 저장 봄배추의 품질을 측정하는 방법을 표준화하고 측정자의 교육 훈련이 필요하다. 워크샵을 갖고 측정법을 표준화하기로 하였다.

제 4절 봄배추 장기저장을 위한 억제살포와 필름포장 기술

1. 겨울배추 억제살포와 필름포장 시험

가. 시험 개요

본 연구에서는 배추저장 현장에서 사용하는 초산과 락스 처리효과를 검증하고 배추재배에 허용된 약제를 사용하여 배추저장 중 미생물 생장을 최소화하는 방법과 미생물 생장을 억제하면서 중량감소율을 최소화하기 위한 필름포장 방법을 연구하였다.

(1) 겨울배추와 저장고

배추는 전라남도 해남군에서 2020년 1월 10일 수확한 남도장군 품종(Namdojangun, Sakata Co., Ltd., Seoul, Korea)으로 수확 후 외엽을 다듬고 배추상자(550×366×323 mm)에 4-5포기를 세워 담았고 배추의 개체 중량은 3.46 ± 0.49 kg이었다. 충청북도 보은군에 위치한 파일렛 저장고(1,450×1,700×2,200 mm) 5칸에서는 약제처리 후 상자단위 필름포장 파일렛 시험을 하였고, 세계김치연구소 파일렛 저장고에서는 약제처리 후 펠릿단위 타공포장 파일렛 시험을 실시하였다.



그림 4-1. 겨울배추의 운반 및 하역

(2) 겨울배추 상자단위 필름포장 파일럿 시험

(가) 약제처리

약제는 상자에 담긴 배추 상부에 수동식 분무기(Spary gun, Taehwan industry, Daejeon, Korea)로 살포하였다. 약제는 초산(glacial acetic acid 99%, Cheonwoo food co., Cheong do, Korea), 락스(sodium hypochlorite 4%, Yuhanclox Co., Hwaseong, Korea), 테부코나졸(tebuconazole 12%, Hanearl science Co., Taebaek, Korea), 플루디옥소닐(fludioxonil 20%, Syngenta Co., Iksan, Korea)을 사용하였다.

약제 농도는 중농도를 기준으로 0.60.6 mL/L 초산 처리구, 0.6 mL/L 초산과 1.67 mL/L 락스 혼합처리구, 0.6 mL/L 초산과 1.67 mL/L 락스 그리고 0.5 mL/L 테부코나졸 혼합처리구, 0.5 mL/L 테부코나졸처리구, 0.5 mL/L 플루디옥소닐처리구로 포기 당 5 mL 수준으로 살포하였다. 저농도와 고농도 약제 처리는 중농도처리 기준으로 농도를 1/2 또는 2배로 하여 살포하였다.



그림 4-2. 겨울배추의 약제처리(보은 파일럿 시험)

(나) 필름포장 및 저장 방법

약제처리한 배추를 상자에 담아 저장고에 5단으로 쌓고 각각 필름(너비 500 mm, 두께 0.02 mm)으로 측면을 감아내려 포장하였다. 그리고 필름에 그림과 같이 주사바늘로 무타공, 4타공, 25타공을 하고 각 저장고에 30상자를 5단으로 쌓아 저장하였다. 저장고의 온도는 배추저장 전 4℃였으며 1일 2℃씩 냉각하고 0℃로 설정하여 90일간 저장하였다. 저장고의 온도와 습도는 온습도기록계(Saveris 2-H1, Testo, Lenzkirch, Germany)를, 산소와 이산화탄소 농도는 가스기록계(GasAlert Micro5, BW Technologies, Calgary, Canada)를 상자 상단에 얹어 측정하였다.

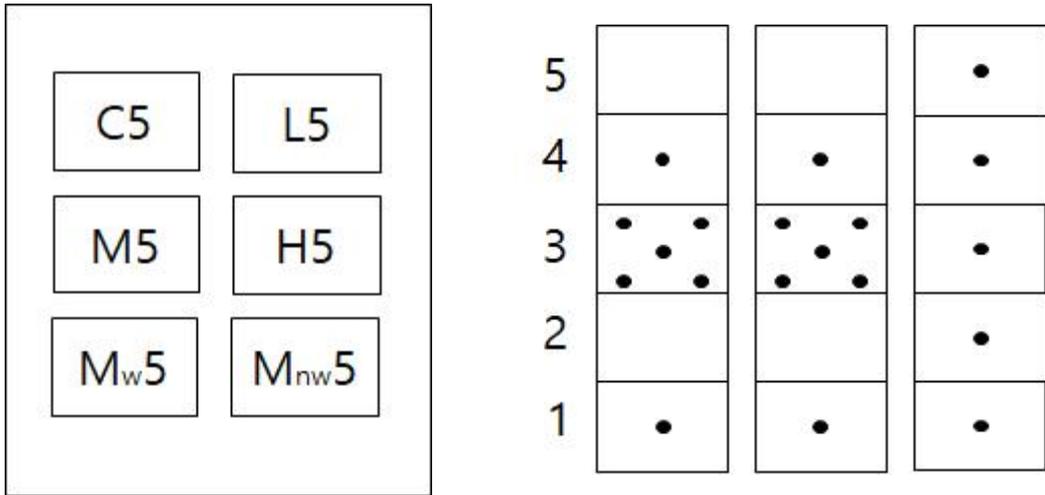


그림 4-3. 약제살포와 타공별 저장고내 상자배치 평면도와 측면도
(보은 파일럿 시험)

1 파일럿 저장고 - 초산, 래핑

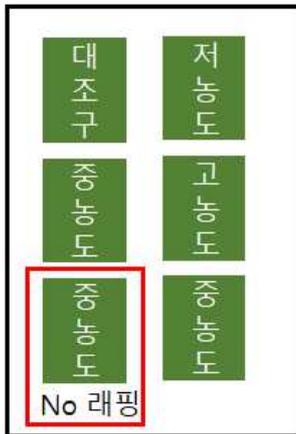


그림 4-4. 약제처리구 평면도 및 5상자 단위 래핑 작업 (보은 파일럿 시험)

(3) 겨울배추 팻릿단위 타공포장 파일럿 시험

(가) 약제처리

배추 160 박스를 배추가 4포기씩 균일하게 담긴 상자를 선별하여 라벨(대조구, 래핑, 래핑-타공, 커버, 커버-타공)을 부착하였다. 약제는 초산과 락스를 사용하여 중농도(70ml/box)로 살포하였다. 그리고 배추상자를 5단씩 적재하였다. 배추무게는 지게차용 전자저울((주)로드텍)을 이용하여 래핑 및 커버 후 팔레트 단위(30 boxes)로 측정하였다. 저장고의 온도는 배추저장 전 4℃였으며 1일 2℃씩 냉각하고 0℃로 설정하여 90일간 저장하였다.



그림 4-5. 겨울배추의 약제 처리 (세계김치연구소 파일럿 시험)



그림 4-6. 겨울배추 파일럿 단위 무게측정 저울

(나) 필름포장 및 저장 방법

세계김치연구소 파일럿 저장고에서 5단씩 적재된 배추상자를 스트레치 필름 (두께 0.02cm, 50cm (세로) × 320cm (가로))와 PE 커버 (110cm (가로) × 110cm (세로) × 180cm (높이))를 이용하여 팔레트 단위로 각각 포장하였다. 그리고 아래 그림과 같이 직경이 2mm 인 주사바늘로 래핑 및 커버 씌운 팔레트에 구멍을 뚫었다. 타공은 무타공, 25 타공으로 천공하였다. 25공은 면당 5공씩 일정한 간격으로 천공하였다.



그림 4-7. 겨울배추의 팔릿단위 스트레치 필름 및 커버 포장

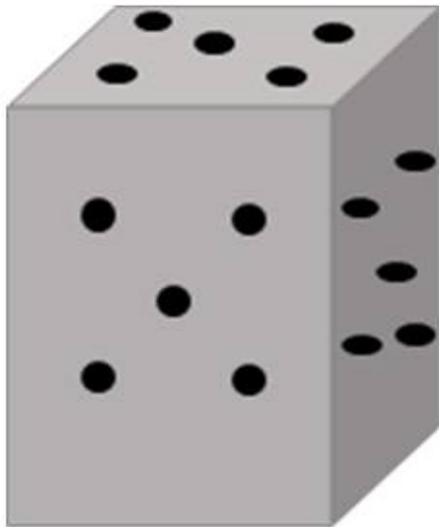


그림 4-8. 겨울배추 저장에 사용한 커버
(세계김치연구소 파일럿 저장시험)

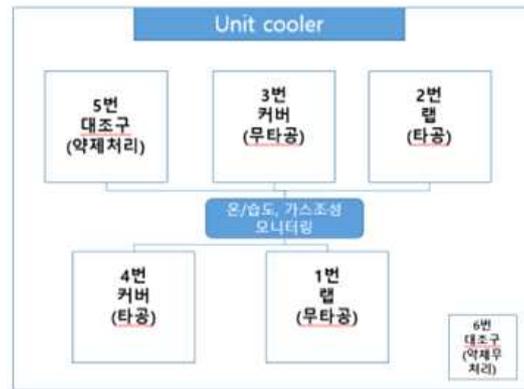


그림 4-9. 세계김치연구소 파일럿 저장시험
팔릿 위치

(4) 손실률(중량감소율, 정선손실률, 저장손실률)

겨울배추의 중량감소율은 저장 0일, 60일, 70일, 80일, 90일차에 측정하였고, 정선 손실률은 저장 90일차에 측정하였다. 저장손실률은 저장 중 발생하는 모든 손실률을 포함한 값으로 중량감소율과 저장손실률을 이용하여 아래와 같이 계산한 값으로 나타내었다. 중량감소율은 저장일차에 포장구와 무포장구 각각 5상자의 무게를 저울(CWP-150S-C, CAS, Yangju, Korea)로 상자단위로 저장 전 중량과 저장 후 중량을 측정하여 감소율을 백분율로 표시하였다.

정선손실률은 배추 12포기의 정선 전 포기 중량을 측정하고 건조되거나 부패되어 이용이 불가능한 배추의 외엽을 제거한 후 포기 중량을 측정하여 백분율로 표시하였다.

$$\text{저장손실률(\%)} = \left(100 - \left(1 - \frac{\text{중량감소율(\%)}}{100}\right)\right) \times \left(1 - \frac{\text{정선손실률(\%)}}{100}\right) \times 100$$

(5) 장해발생률 측정

배추 내부와 외부의 장해발생률을 조사하기 위해 저장 0, 60, 70, 80, 90일차에 무작위로 선택한 8-10포기를 사용하였다. 배추의 장해는 건진성, 괴사반점 발생률, 부패율, 무름병 발생률, 중륵갈변 발생률을 표준시험법에 따라 평가하였다.

깨씨무늬 발생 정도는 1차 정선된 배추의 바깥 5잎에 대해 3점 척도법(1점: 없음, 2점: 있음, 3점: 매우 많음)으로 측정하였다. 곰팡이 발생 정도는 배추 외엽에 발생하는 곰팡이에 대해 3점 척도법으로 측정하였다. 건진성, 괴사반점 발생률, 부패율, 중륵갈변 발생률, 무름병 발생률은 장해가 발생한 시료 수를 저장 90일까지 누적하여 전체 시료에 대한 백분율로 나타내었다.

(6) 통계처리

실험은 3번 반복하였으며 각 처리구의 평균값 간의 차이는 Statistical Package for the Social Science (SPSS, Version 19, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 소프트웨어를 이용하여 one-way ANOVA 검증하고, 유의적 차이가 있는 경우 $p < 0.05$ 수준으로 Duncan's multiple range test를 실시하였다. 저장 중 발생하는 생리장해 발생률 차이는 독립표본 t-test를 이용하여 검증하였다.

다. 상자단위 필름포장한 겨울배추의 저장시험 결과

(1) 저장고의 저장환경 변화

(가) 저장고 내부의 온습도 변화

겨울배추 저장고의 온도는 저장 5일차까지 급격한 변화를 보였고 이후 저장 90일까지 0.4℃를 유지하였다. 저장고의 온도는 저장 1일차 4℃에서 급격히 증가하여 2일차에 7.5℃로 높아졌고 그 후 3일차에 3.5℃, 5일차에 0.4℃로 낮아졌다. 저장고의 습도는 입고 전 80.9% 였으나 저장 1일차에 96.5%로 높아졌고 이후 95%로 90일까지 유지되었다(그림 4-10).

배추는 저온저장 중 호흡으로 인해 호흡열이 발생하고 호흡열이 배추의 품온을

증가시켜 부패를 촉진시킨다. 또한 배추의 호흡 중 배춧잎의 기공을 통해 수분이 체외로 발산되어 배추의 중량과 선도가 낮아진다. 배추의 호흡과정에서 발생하는 호흡열이 저장고 내부의 온도를 증가시키고 증기압차를 높여 증산작용에 영향을 미친다고 보고하였다. Kim et al. (2018)은 배추 저장에서 0℃ 와 90-95% 상대습도가 우수한 결과를 보였다고 하였고, Eum et al. (2013)의 여름배추 저장은 0℃, 2℃, 5℃ 조건 중 2℃ 저온저장이 배추의 손실률을 줄이는데 효과적이었다고 하였다.

겨울배추의 호흡열로 인해 저장고의 온도가 증가하였고 증산작용으로 발생한 수증기가 필름 포장으로 인해 외부로 방출되지 못하여 저장고의 습도가 95%로 유지된 것으로 생각된다. 따라서 겨울배추의 호흡열을 최소화하기 위해서는 온도를 빠르게 0-1℃로 냉각하고 저장고의 초기습도를 90 - 95%로 유지하여 배추의 품질변화를 효과적으로 지연시키는 것이 필요하다.

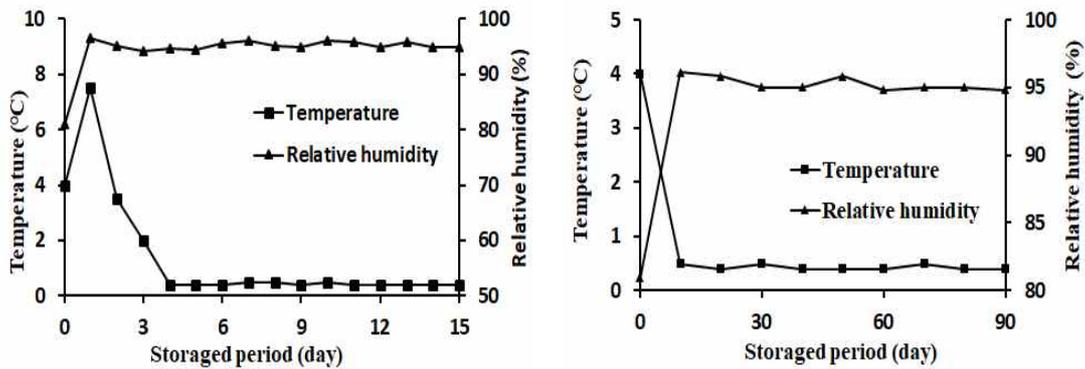


그림 4-10. 약제살포하고 필름포장한 겨울배추의 저장 중 온습도 변화

(나) 저장고 내부의 가스농도 변화

저장고의 산소농도는 저장 0일차에서 90일차까지 20.9%로 변화가 없었지만 이산화탄소농도는 저장 1일차 0.08%에서 급격히 증가하여 저장 3일차 0.20%에 도달하였다가 서서히 낮아져 저장 15일차 0.10%를 기록하였고 18일 이후 0.08%로 낮아졌다. 저장 2일차에 온도가 급격하게 증가하여 7.5℃에 도달하였을 때 배추의 호흡량이 증가하여 이산화탄소농도가 3일차에 최고점에 도달한 것으로 보인다(그림 4-11).

저장고의 산소와 이산화탄소 농도는 배추의 호흡대사에 영향을 미치는데 특히 배추 저장 중 배추 내의 탄소원과 외기에서 흡수한 산소가 반응하여 대사활동에 필요한 에너지를 얻는 호흡과정으로 물과 이산화탄소를 생성한다(Kim et al. 2018; Choi et al. 2008). Choi et al. (2020)은 2% 산소와 5% 이산화탄소, 93% 습도 조건이 배추의 품질변화를 억제하였고, Yang et al. (1993)은 봄배추를 0-1℃ 저장고에서 천공한 PE 필름으로 포장하여 이산화탄소 농도가 0.27%일때 배추의 품질변화가 지연되었다고 보고하였다.

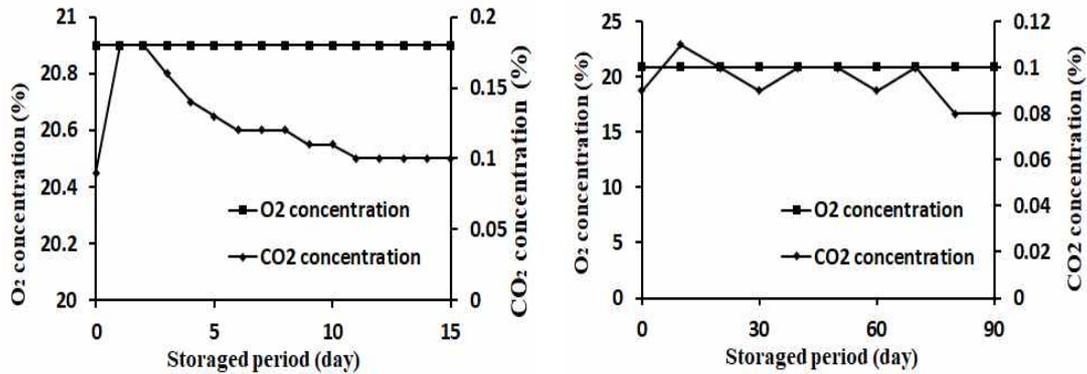


그림 4-11. 약제살포하고 필름포장한 겨울배추의 저장 중 산소와 이산화탄소 농도 변화

(다) 겨울배추의 중량감소율

저장 60일차 필름포장구의 중량감소율은 평균 4.43%였고 초산과 락스 처리구가 낮았고 플루디옥소닐 처리구가 높았다(표 4-1, 그림 4-12). 60일차 비포장구의 중량감소율은 평균 9.88%였고 초산과 락스 처리구가 낮았고 초산 처리구가 높았다(표 4-2, 그림 4-13).

저장 70일차 필름포장구의 평균 중량감소율은 평균 5.30%였고 초산과 락스 처리구가 가장 낮았고 플루디옥소닐 처리구가 가장 높았다. 저장 70일차 비포장구의 중량감소율은 평균 12.26%였고 초산 처리구가 높았고 초산과 락스 처리구가 낮았다.

저장 80일차 필름포장구의 중량감소율은 평균 6.45%였고 초산 처리구가 낮았고 플루디옥소닐 처리구가 높았다. 저장 80일차 비포장구의 중량감소율은 평균 14.61%였고 초산과 락스와 테부코나졸 혼합처리구가 낮았고 초산과 락스 처리구가 높았다.

저장 90일차 포장구의 중량감소율은 초산처리구에서 7.39%로 가장 낮았고 플루디옥소닐처리구에서 10.17%로 가장 높았으며, 비포장구의 중량감소율은 초산과 락스 혼합처리구가 13.77%로 가장 낮았고 테부코나졸처리구가 17.30%로 가장 높았다. 그러나 약제 종류에 따른 중량감소율은 유의적 차이를 나타내지 않았다.

저장 90일차에 필름포장구의 평균 중량감소율은 8.62%(7.39-10.17)로 비포장구의 15.71%(13.77-17.30)보다 낮아서 필름 포장 유무에 따른 중량감소율은 유의적 차이를 보였다($p < 0.001$).

Hong et al. (2017)의 봄배추 저장연구에서는 1-MCP 처리효과가 중량감소율에 영향을 미치지 않는다고 보고하였고, Kim et al.(2001)은 그물망과 HDPE 상자에서 저온 저장 시 90일차 중량감소율이 13-17%로 본 연구의 비포장구와 비슷하였고, 골판지포장구의 중량감소율은 8%로 본 연구의 필름포장구와 비슷하였다. 비포장구의 높은 중량감소율은 저장고 냉각기의 냉풍으로 인한 건조, 호흡대사와 채소 표면과 주변공기의 증기압차로 인한 증산작용에 의해 나타난 결과라고 판단된다. PVC 필름포장구는 저장 중 배추주위의 증기압차, 냉각기의 냉풍으로 인한 건조현상을

줄었을 것으로 생각된다. 겨울배추 저장 중 중량감소율은 초산과 락스 혼합처리구에서 가장 낮았다.

표 4-1. 필름포장과 약제종류에 따른 겨울배추 중량감소율(%)

저장일수	0	60	70	80	90
A	0.00±0.00	4.31±1.71	5.23±1.26	5.66±1.45	7.39±1.97
AR	0.00±0.00	3.97±1.04	4.57±1.15	5.81±1.17	8.05±0.1
ART	0.00±0.00	4.12±1.39	4.99±1.7	6.36±1.64	8.79±0.87
T	0.00±0.00	4.75±1.15	5.62±1.12	6.92±0.63	8.69±0.4
F	0.00±0.00	4.98±1.88	6.08±2.17	7.48±2.39	10.17±2.1
평균	0	4.43	5.30	6.45	8.62

표 4-2. 비포장과 약제종류에 따른 겨울배추 중량감소율(%)

저장일수	0	60	70	80	90
A	0.00±0.00	10.67±1.54	13.71±1.06	15.25±1.05	17.08±1.21
AR	0.00±0.00	8.33±1.21	9.85±2.18	11.8±1.51	13.77±2.04
ART	0.00±0.00	9.17±1.49	11.43±1.98	12.88±2.47	13.94±2.68
T	0.00±0.00	10.71±0.87	13.11±1.25	14.83±1.36	17.3±1.59
F	0.00±0.00	10.5±0.66	13.21±0.27	14.42±0.32	16.48±0.29
평균	0	9.88	12.26	14.61	15.71

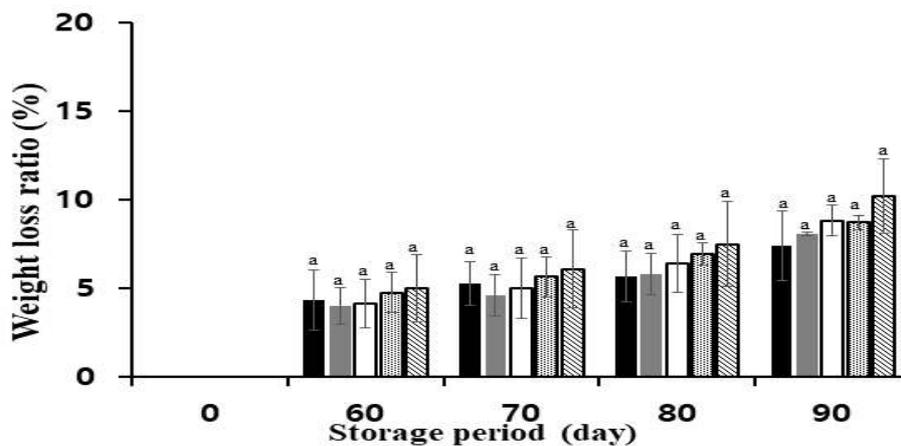


그림 4-12. 필름포장과 약제종류에 따른 겨울배추 중량감소율.

■ acetic acid, □ acetic acid + rox, ⊗ acetic acid + rox + tebuconazole, ▨ tebuconazole, ▩ fludioxonil.

Means with different letters differ significantly according to duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

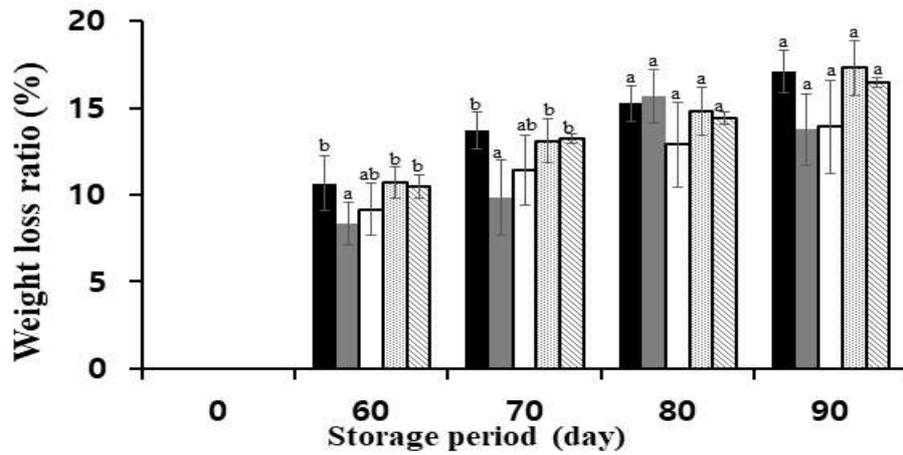


그림 4-13. 비포장과 약제종류에 따른 겨울배추 중량감소율.

■ acetic acid, □ acetic acid + rox, ⊗ acetic acid + rox + tebuconazole, ▨ tebuconazole, ▩ fludioxonil.

Means with different letters differ significantly according to duncan's multiple range test ($p < 0.05$).



그림 4-14. 저장 60일차 약제처리에 따른 겨울배추 외관품질
 위: non-wrapping, 아래: wrapping, 왼쪽부터 초산, 초산+락스,
 초산+락스+테부코나졸, 테부코나졸, 플루디옥소닐 약제 처리구.



그림 4-15. 저장 70일차 약제처리에 따른 겨울배추 외관품질
 위: non-wrapping, 아래: wrapping, 왼쪽부터 초산, 초산+락스,
 초산+락스+테부코나졸, 테부코나졸, 플루디옥소닐 약제 처리구.



그림 4-16. 저장 80일차 약제처리에 따른 겨울배추 외관품질
 위: non-wrapping, 아래: wrapping, 왼쪽부터 초산, 초산+락스,
 초산+락스+테부코나졸, 테부코나졸, 플루디옥소닐 약제 처리구.

(라) 겨울배추의 정선손실률

정선손실률은 저장 0일차에 12.53%였고 저장 90일차에 비포장구는 평균 24.00%로 높았으나 필름포장구에서는 평균 22.58%로 낮았다(표 4-3, 4-4). 비포장구에서는 초산과 락스 혼합처리구가 30.32%로 높았고 초산처리구가 15.33%로 낮았으나 초산처리구는 갈마름이 일어나 중량감소가 컸다. 필름포장구에서는 초산, 락스, 테부코

나졸 혼합처리구가 16.46%로 가장 낮았고 플루디옥소닐처리구가 26.43%로 높았다.

필름 포장 유무에 따른 정선손실률은 유의적 차이가 없었지만, 약제처리에 따른 정선손실률은 비포장구의 초산처리구가 테부코나졸처리구, 초산과 락스 혼합처리구보다 유의적으로 낮게 나타났다($p < 0.05$). 필름포장구의 정선손실률은 초산, 락스, 테부코나졸 혼합처리구가 초산처리구, 초산과 락스 혼합처리구, 플루디옥소닐처리구보다 유의적으로 낮았다($p < 0.05$).

약제 중농도 처리구는 정선손실률이 평균 20.77%로 저농도 처리구 21.49%보다 낮았고 고농도 처리구 19.99%보다 높았다. 저농도 처리구에서는 초산과 락스 혼합처리구가 19.53%로 초산, 락스, 테부코나졸 혼합처리구의 25.52%보다 유의적으로 낮았고($p < 0.05$), 중농도 처리구에서는 초산처리구가 26.06%로 유의적으로 가장 높았으며($p < 0.05$), 고농도 처리구에서는 약제 종류에 따른 유의적 차이를 보이지 않았다(그림 4-17, 4-18).

각 약제의 농도가 증가함에 따른 정선손실률은 감소하는 경향이었으나 유의적 차이는 없었다. Hong et al., (2017)은 봄배추에 1-MCP 처리한 결과 정선손실률에 효과가 없었다고 보고하였고, Choi et al. (2020)은 겨울배추 저장시험에서 90일차 필름포장구의 정선손실률이 18.4%로 본 연구의 초산, 락스, 테부코나졸 혼합처리구의 16.46%보다 높게 나타났지만 2% 산소와 5% 이산화탄소, 93% 습도 조건에서는 11.7%로 더 낮았다. Kim et al. (2001)은 겨울배추 저장시험에서 저장 90일차 정선손실률은 그물망이 10%, 골판지상자가 7%, HDPE 상자가 6%, PE 필름포장구가 5%로 본 연구의 필름포장구보다 2배가량 낮았다.

그러나 0일차 정선손실률이 0%인 것을 감안하여 본 연구의 0일차 정선손실률 12.53%를 차감하면 필름포장구 평균은 10.05%로 그물망포장구와 비슷하고, 초산과 락스, 테부코나졸 혼합포장구는 3.93%로 PE 필름포장구보다 낮았다.

표 4-3. 필름포장과 약제종류에 따른 저장 90일차 겨울배추 정선손실률(%)

약제 종류	0일차	포장구	비포장구
A	12.53±3.49	25.80±4.89	15.33±2.39
AR	12.53±3.49	20.86±1.25	30.32±8.78
ART	12.53±3.49	20.39±1.43	23.14±2.19
T	12.53±3.49	20.16±0.38	27.62±6.15
F	12.53±3.49	16.37±2.18	23.61±8.72
평균	12.53	22.58	24.00

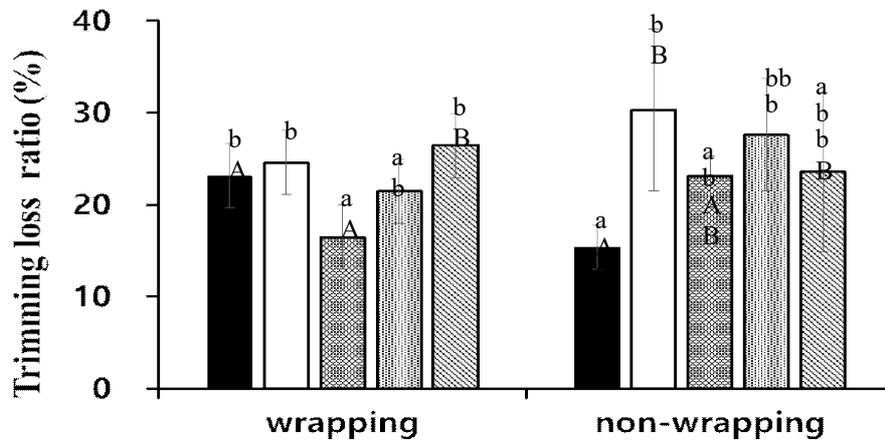


그림 4-17. 약제종류와 포장유무에 따른 저장 90일차 겨울배추 정선손실률.

■ acetic acid, □ acetic acid + rox, ⊠ acetic acid + rox + tebuconazole, ▨ tebuconazole, ▩ fludioxonil.

Means with different letters differ significantly according to duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

표 4-4. 포장과 약제농도와 종류에 따른 저장 90일차 겨울배추 정선손실률(%)

	저농도	중농도	고농도
A	21.83±2.55	26.06±7.72	20.51±1.99
AR	19.53±1.15	20.86±1.25	20.05±.49
ART	25.52±3.99	20.39±1.43	22.27±0.88
T	20.36±0.40	20.16±3.77	19.65±1.33
F	20.23±1.59	16.37±8.04	17.46±2.29
평균	21.49	20.77	19.99

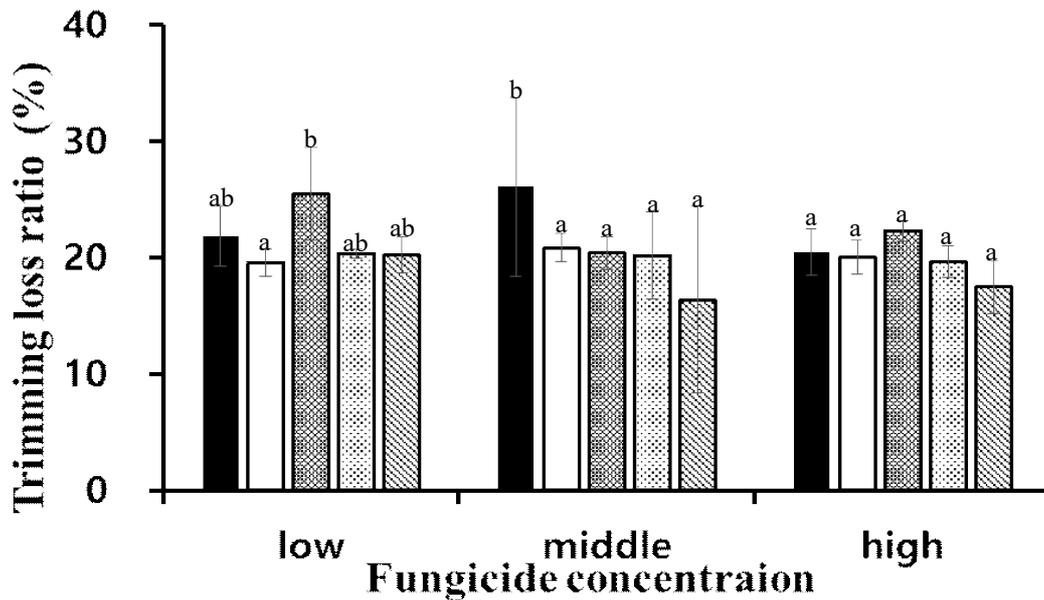


그림 4-18. 포장과 약제농도와 종류에 따른 저장 90일차 겨울배추 정선손실률.
 ■ acetic acid, □ acetic acid + rox, ⊗ acetic acid + rox + tebuconazole, ⊞ tebuconazole, ⊠ fludioxonil.

Means with different letters differ significantly according to duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

(마) 겨울배추의 저장손실률

저장 0일차 겨울배추 저장손실률은 평균 12.53%였다. 필름포장구 저장손실률은 저장 60일차 평균 25.10%, 70일차에 23.75%, 80일차 23.74%, 90일차 29.10%로 저장기간에 따라 증가하였고, 비포장구 저장손실률은 저장 60일차 평균 19.94%, 70일차에 32.35%, 80일차 29.89%, 90일차 35.98%로 저장기간에 따라 증가하였는 경향이였다. 그리고 비포장구에서 포장구보다 저장손실률이 높았는데 이는 정선손실률은 비슷하였으니 중량감소율이 크게 낮았기 때문이다.

저장 60일차 포장구에서는 초산과 락스와 테부코나졸 혼합처리구가 낮았고 초산 처리구가 높았다(표 4-6). 그리고 저장 60일차 비포장구는 초산 처리구가 낮았고 플루디옥소닐 처리구가 높았다(표 4-7).

저장 70일차 필름포장구 저장손실률은 평균 $23.75 \pm 3.02\%$ 였고 초산과 락스와 테부코나졸 처리구가 낮았고 플루디옥소닐 처리구가 높았다. 그리고 70일차 비포장구는 평균 $32.35 \pm 1.77\%$ 였고 테부코나졸 처리구가 높았고 초산과 락스 혼합처리구가 낮았다(그림 4-19).

저장 80일차 필름포장구 저장손실률은 평균 $23.74 \pm 4.10\%$ 였고 초산과 락스와 테부코나졸 혼합처리구가 가장 낮았고 플루디옥소닐 처리구가 높았다. 그리고 80일차

비포장구 저장손실률은 평균 29.89±3.19%였고 초산과 락스와 테부코나졸 혼합처리구가 높았고 초산과 락스 처리구가 낮았다.

겨울배추 저장 90일 후 저장손실률은 그림과 같이 필름포장구에서 평균 29.10% (23.80-33.91)로 비포장구의 평균 35.98% (29.79-40.14)보다 6.88% 포인트 낮았다. 특히 필름포장구 중 초산, 락스, 테부코나졸 혼합처리구의 저장 손실률이 23.80%로 가장 낮았고, 비포장구에서는 초산처리구가 29.79%로 가장 낮았으나 초산, 락스, 테부코나졸 혼합처리구도 33.86%로 테부코나졸처리구에 비해 유의적으로 낮았다.

겨울배추의 0일차 정선손실률 12.53%를 차감하면 순수하게 저장 90일간에 발생한 저장손실률(저장감모율)은 초산, 락스, 테부코나졸 약제를 혼합처리하고 필름 포장한 것에서 11.27%에 불과하였다.

표 4-5. 포장과 약제종류에 따른 저장손실률(%)

약제 종류	0일차	60일차	70일차	80일차	90일차
A	12.53	29.47	26.26	20.70	39.91
AR	12.53	24.13	21.52	21.75	30.67
ART	12.53	22.64	20.33	20.23	31.52
T	12.53	24.69	23.26	26.40	27.10
F	12.53	24.59	27.40	29.62	24.88
평균	12.53±0.00	25.10±2.57	23.75±3.02	23.74±4.10	30.82±5.75

표 4-6. 비포장과 약제종류에 따른 저장손실률(%)

약제 종류	0일차	60일차	70일차	80일차	90일차
A	12.53	27.79	31.53	33.19	29.79
AR	12.53	29.47	30.76	26.93	39.91
ART	12.53	32.37	31.36	33.30	33.85
T	12.53	28.88	35.18	26.92	40.14
F	12.53	31.22	32.92	29.11	36.20
평균	12.53±0.00	29.94±1.84	32.35±1.77	29.89±3.19	35.98±4.35

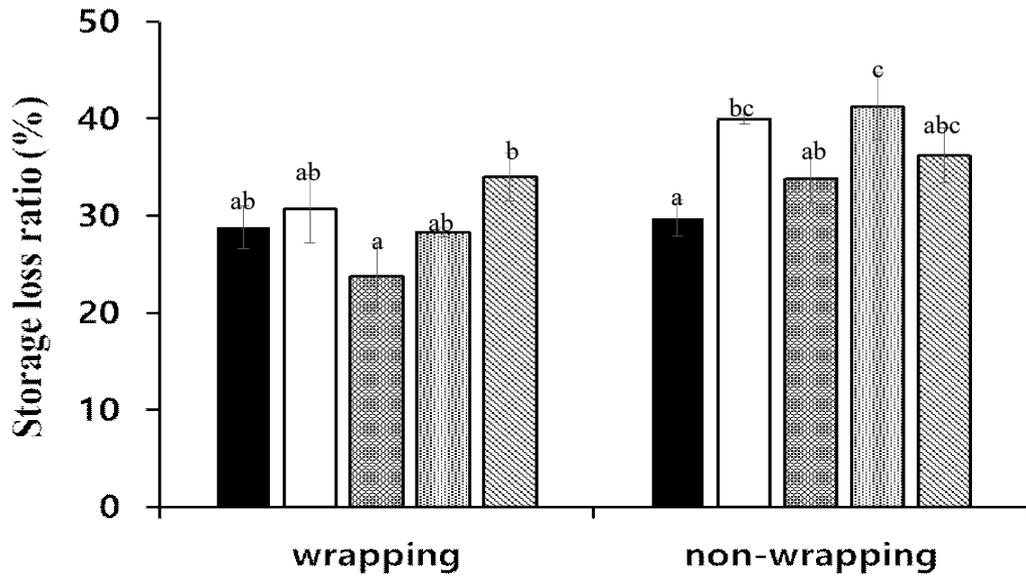


그림 4-19. 포장유무와 약제종류에 따른 겨울배추 저장손실률.

■ acetic acid, □ acetic acid + rox, ⊗ acetic acid + rox + tebuconazole, ⊞ tebuconazole, ⊠ fludioxonil.

Means with different letters differ significantly according to duncan's multiple range test ($p < 0.05$).



초산



초산 + 락스



초산 + 락스 + 테부코나졸



테부코나졸



플루디옥소닐

그림 4-20. 저장 60일차 겨울배추 외관 품질



초산 (고농도)



초산 + 락스 (고농도)



초산 + 락스 + 테부코나줄 (고농도)



테부코나줄 (고농도)



플루디옥소닐 (고농도)



대조구

그림 4-21. 저장 90일차 고농도 처리 겨울배추의 외관 품질

(바) 겨울배추의 장해발생률

저장 90일차 겨울배추의 장해발생률은 표4-7과 같다. 배추 외엽에 발생하는 곰팡이 발생정도는 필름포장구에서 비포장구보다 많았고, 특히 초산을 혼합처리한 저장구에서 높았다.

건전율은 필름포장구가 100%로 외관상 건전하였지만 비포장구는 건전율이 낮았다.

깨씨무늬 발생률은 필름포장 유무에 관계없이 모든 처리구에서 발생하였고 초산과 락스 혼합처리구에서 깨씨무늬 발생 빈도가 높은 경향이였다.

괴사반점은 필름포장구에서 발생이 높았고 특히 초산 락스 테부코나졸 혼합처리구에서 가장 높았다.

부패율은 필름포장구보다 비포장구에서 더 발생하였고 특히 초산과 락스 혼합처리구에서 높았다.

중록갈변은 비포장구에서 모두 발생하였고 필름포장구 중 플루디옥소닐 처리구가 35%로 높았다.

뿌리절단면이 포함된 단축경의 무름병은 모든 처리구에서 발생하지 않았다.

저장배추에 발생하는 생리장해는 품종, 재배환경, 수확시기, 질소시비, 저장환경 등에 의해 깨씨무늬증, 중록갈변, 부패, 저온장해 등이 발생한다(Hong et al., 2017; Poter et al., 2003). Poter et al.(2003)은 괴사반점이 저온장해로 인해 발생하였고 높은 온도에서 저장하였을 때 장해가 없었다고 보고하였고, Osher et al.(2018)은 과도한 질소비료가 배추에 발생하는 깨씨무늬증과 중록갈변 등에 대한 감수성을 증가시킬 수 있다고 보고하였으며, Able et al.(2005)는 저장 중 배추의 당 부족이 생리장해로 이어질 수 있다고 보고하였다.

표 4-7. 저장 90일차 포장유무와 약제종류에 따른 장해발생률(%)

	곰팡이 발생 정도 (S) ¹⁾		건전률 (%)		깨씨무늬 발생정도 (s) ¹⁾		괴사반점 발생률 (%)		부패율 (%)		중록갈변 발생률 (%)	
	W ²⁾	NW ³⁾	W	NW	W	NW	W	NW	W	NW	W	NW
A ⁴⁾	3	1	100	95	1.35±0.42 ^a	1.25±0.30 ^a	5	10	0	22	0	10
AR	3	2	100	95	1.30±0.45 ^a	1.55±0.41 ^a	5	0	25	25	5	15
ART	2	2	100	100	1.10±0.22 ^a	1.35±0.34 ^a	15	0	5	10	5	10
T	2	1	100	100	1.25±0.56 ^a	1.35±0.60 ^a	5	5	0	20	5	5
F	2	1	100	95	1.15±0.78 ^a	1.15±0.78 ^a	0	0	20	17	35	12

1) (S) Score by 3 point scale method (1 Low, 2 Middle, 3 High)

2) W wrapping

3) NW without wrapping.

4) A acetic acid, AR acetic acid + rox, ART acetic acid + rox + tebuconazole, T tebuconazole, F fludioxonil.

Means with different letters differ significantly according to duncan's multiple range test (p<0.05).

라. 저장 겨울배추의 품질측정 결과(세계김치연구소 파일럿 시험)

(1) 겨울배추의 중량감소율

약제를 살포하고 펠릿단위로 포장한 겨울배추의 중량감소율은 저장기간에 따라 증가하였고, 무타공 커버를 씌운 배추에서 가장 낮아서 저장 90일차에도 1.60%였으며, 25타공 커버 포장에서도 2.71%로 낮았다. 그러나 비포장구에서는 7.50%로 높았고 랩포장구에서도 5.40%(타공)와 5.97%(무타공)로 높았다.

표 4-8. 필름포장 종류와 타공유무에 따른 겨울배추 중량감소율(%)

구분	0일차	60일차	90일차
랩-무타공	0.00±0.00	3.73±0.00	5.97±0.00
랩-타공	0.00±0.00	3.43±0.00	5.40±0.00
커버-무타공	0.00±0.00	0.37±0.00	1.60±0.00
커버-타공	0.00±0.00	1.2±0.00	2.71±0.00
대조구	0.00±0.00	3.48±0.00	7.50±0.00

(2) 겨울배추의 정선손실률

약제를 살포하고 펠릿단위로 포장한 겨울배추의 정선손실률은 무포장구에서는 저장기간에 따라 감소하였으나 포장구에서는 증가하였다. 커버를 씌운 배추에서 저장 90일차에 20% 대로 낮았고, 랩 무타공 포장구에서 25.9%로 높았으나, 비포장구에서는 16.37%로 낮았다.

표 4-9. 필름포장 종류와 타공유무에 따른 겨울배추 정선손실률(%)

구분	0일차	60일차	70일차	80일차	90일차
랩-무타공	12.53±3.49	18.13±3.32	18.83±4.15	19.25±1.84	25.80±4.89
랩-타공	12.53±3.49	19.82±8.34	16.85±2.88	16.38±6.60	20.86±1.25
커버-무타공	12.53±3.49	16.62±2.10	17.49±3.01	17.80±1.71	20.39±1.43
커버-타공	12.53±3.49	15.74±0.89	17.91±3.68	18.43±14.31	20.16±0.38
대조구	12.53±3.49	18.25±6.74	18.74±4.41	14.73±4.21	16.37±2.18

(3) 겨울배추의 저장손실률

약제를 살포하고 펠릿단위로 포장한 겨울배추의 저장손실률은 저장기간에 따라 증가하였고, 무타공 커버를 씌운 배추에서 가장 낮아서 저장 90일차에도 21.66%였으며, 25타공 커버 포장에서도 22.32%로 낮았다. 그리고 비포장구에서는 22.64%로 낮았으나 랩포장구에서는 30.23%(무타공)와 25.13%(타공)로 높았다.

저장 90일차 저장손실률에서 0일차 저장손실률을 차감한 저장감모율은 커버포장구에서 10% 이하로 낮았다.

표 4-10. 필름포장 종류와 타공유무에 따른 겨울배추 저장손실률(%)

구분	0일차	60일차	90일차	저장감모율(90일차)
랩-무타공	12.53	21.18	30.23	17.70
랩-타공	12.53	21.95	25.13	12.60
커버-무타공	12.53	16.93	21.66	9.13
커버-타공	12.53	16.75	22.32	9.79
대조구	12.53	21.09	22.64	10.11

(4) 겨울배추의 장해발생률

약제를 살포하고 펠릿단위로 포장한 겨울배추의 중량감소율은 저장기간에 따라 증가하는 경향이였다.

건전성은 저장 80일차부터 랩포장구에서 75%로 낮아졌고, 깨씨무늬증은 저장초기에도 소량 발생하였고 저장기간에 따라 증가하였으며, 괴사반점은 저장 80일차에 랩포장구에서 90일차에는 무포장구에서도 발생하였다.

부패는 저장 60일차에 랩 무타공에서 50%, 무포장에서 25% 발생하였고, 70일차에는 모두 발생하였으며, 랩무타공구와 커버 타공구에서 발생하였다.

중록갈변은 저장 70일차에 무포장구외에 모두 발생하였고, 90일차에는 모든 처리구에서 발생하였다.

뿌리 무름병은 저장 90일차까지 발생하지 않았다.

표 4-11. 필름포장 종류와 타공유무에 따른 저장 60일차 겨울배추의 장해발생률(%)

구분	건전성	깨씨무늬	괴사반점	부패성	중록갈변	무름병
랩-무타공	100.00	1.00	0.00	50.00	0.00	50.00
랩-타공	100.00	1.75	0.00	0.00	0.00	25.00
커버-무타공	100.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
커버-타공	100.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
대조구	100.00	1.50	0.00	25.00	0.00	25.00

표 4-12. 필름포장 종류와 타공유무에 따른 저장 70일차 겨울배추의 장해발생률(%)

구분	건전성	깨씨무늬	괴사반점	부패성	중록갈변	무름병
랩-무타공	100.00	1.50	0.00	75.00	75.00	0.00
랩-타공	100.00	1.50	0.00	25.00	25.00	0.00
커버-무타공	100.00	1.00	0.00	25.00	25.00	0.00
커버-타공	100.00	1.25	0.00	50.00	25.00	0.00
대조구	100.00	1.00	0.00	25.00	0.00	0.00

표 4-13. 필름포장 종류와 타공유무에 따른 저장 80일차 겨울배추의 장해발생률(%)

구분	건전성	깨씨무늬	괴사반점	부패성	중륵갈변	무름병
랩-무타공	100.00	1.25	0.00	25.00	25.00	0.00
랩-타공	75.00	1.50	50.00	0.00	0.00	0.00
커버-무타공	100.00	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00
커버-타공	100.00	1.50	0.00	25.00	0.00	0.00
대조구	100.00	1.75	0.00	0.00	0.00	0.00

표 4-14. 필름포장 종류와 타공유무에 따른 저장 90일차 겨울배추의 장해발생률(%)

구분	건전성	깨씨무늬	괴사반점	부패성	중륵갈변	무름병
랩-무타공	75.00	2.25	25.00	25.00	25.00	0.00
랩-타공	100.00	2.00	0.00	0.00	25.00	0.00
커버-무타공	100.00	2.00	0.00	0.00	25.00	0.00
커버-타공	100.00	1.50	25.00	25.00	25.00	0.00
대조구	100.00	2.00	25.00	50.00	50.00	0.00

2. 봄배추 약제살포와 펠릿단위 타공필름 포장기술 개발

가. 시험개요

본 연구는 봄배추 장기저장을 위한 냉각조건은 선행연구를 반영하고, 타공된 LDPE 필름을 봄배추 펠릿에 씌우고 저장기간별로 손실률, 생리변화를 분석하여 MAP 최적조건을 찾고자 하였다. 이번 연구는 저장현장에 적합한 펠릿 규격의 포장재를 적용하였고 현장 저장고를 활용한 실험으로 향후 김치공장에 배추수급 조절을 위한 실용기술로 활용할 계획이다.

(1) 봄배추와 약제살포

배추는 충청북도 보은에서 2020년 6월 12일에 수확한 봄배추 대통(Nongwoobio Co., Ltd., Suwon, Korea) 품종이었고 수확 시 포기당 중량은 2.5-3.5 kg 이었으며 플라스틱 상자(550×366×323mm)에 4-5포기씩 세워져 담고 펠릿에 6개씩 6단으로 적재하여 저장고로 이송하였다. 약제살포는 2020년 6월 9일 보은군 회인면 용촌리, 600평 밭에 테프코나졸 (2ml/1L)와 락스 (1ml/L)를 혼합 사용하여 81L를 살포하였다. 약제는 10ml/포기의 농도로 살포되었다.

(2) 타공필름 포장과 파일럿 저장

배추 품온은 배추 심에서 3 cm부위를 침투용 온도계(Testo 905-T1, Lenzkirch, Germany)로 측정하였다. 초기 품온은 18-20 °C 이었으며, 4일간 1일 2-3 °C씩 단계

적으로 생각하였다. 기체조절은 저장고 내부의 대기조성을 변경하지 않고 LDPE 필름에 타공하여 포장 내의 대기환경이 배추의 호흡에 의해 자연스럽게 조절되도록 하였다. 두께 80um LDPE 필름은 펠릿크기에 맞춰 상자형태(1,200×1,200×2,200mm)로 제작한 뒤 필름 내부에 냉기가 침투되도록 14mm 직경으로 구멍을 윗면에 8개, 그리고 측 4면에 면당 6, 8, 10개를 타공하였다. 각각의 타공면적은 49.3, 61.6, 73.9cm² 이었다. 타공된 필름(Solinepack Co., Kimpo, Korea)으로 펠릿 단위로 포장한 뒤 1-2℃로 유지하면서 90일까지 저장하였다.

(3) 온습도 측정

저장고 및 배추의 온습도는 온습도기록계(Saveris 2-H1, Testo, Lenzkirch, Germany)를 6단 상자에 상단에 배치하여 측정하였다.

(4) 기체농도 측정

저장고의 가스농도를 측정하기 위해 저장고에 가스농도기록계(Gas AlertMicro 5 series, Honeywell, China)를 설치하고 필름포장 내부의 가스농도를 측정하기 위해 가스기록계를 필름포장 하단에도 설치하였다.

(5) 손실률(중량감소율, 정선손실률, 저장손실률) 측정

중량감소율은 배추 상자의 저장 전 후의 중량을 측정하여 다음 식으로 구하였다.

$$\text{중량감소율(\%)} = \frac{\text{저장 전 중량} - \text{저장 후 중량}}{\text{저장 전 중량}} \times 100$$

정선손실률은 저장 후 불가식 부위를 제거한 뒤 배추 포기당 중량을 측정하여 백분율로 구하였다(Bang et al., 2017).

$$\text{정선손실률(\%)} = \frac{\text{정선 전 중량} - \text{정선 후 중량}}{\text{정선 전 중량}} \times 100$$

총 저장손실률은 중량감소율과 정선손실률을 이용하여 다음 식으로 계산하였다.

$$\text{저장손실률(\%)} = 1 - \left(1 - \frac{\text{중량감소율(\%)}}{100}\right) \times \left(1 - \frac{\text{정선손실률(\%)}}{100}\right) \times 100$$

(6) 장해발생률 측정

깨씨무늬는 1차 정선된 배추 외엽 5잎에 대해 깨씨무늬 발생정도를 5점 척도법으로 측정하였다(1점: 없음, 2점: 다소 있음, 3점: 보통, 4점: 많음, 5점: 매우 많음). 곰팡이 발생률은 배추상자에서 배추 총포기 수 대비 곰팡이 발생한 배추 포기 수를 백분율로 나타내었다. 중록갈변은 중록 또는 추대 부분의 갈변 발생 여부를, 무름병은 배추 뿌리 부분의 무름병 발생 여부를 각각 가부(O,X)로 측정하여 배추 10포기의 평균을 백분율로 계산하였다.

(7) 이화학분석(pH, 가용성 고형분)

이화학 분석은 배추를 블렌더(Hand Blender HHM-630, Hanil Co., Koryong, Korea)로 마쇄하여 멸균거즈(Sterile gauze No. 3, Soosung, Yangsan, Korea)로 여과한 액을 pH와 가용성 고형분 함량 측정에 사용하였다. pH는 자동적정장치(Titroline easy, Schott Instruments, Mainz, Germany)를 사용하여 측정하였고, 가용성 고형분은 굴절당도계(PR-1, Atago, Saitama, Japan)로 측정하여 Brix(%)로 표기하였다.

(8) 총균수 분석

총균수 측정은 평판계수법을 사용하였다. 각 시료군별로 배추시료 10g을 채취한 후 멸균백(Whirl-pak1195, Nasco Co., Wisconsin, USA)에 넣고 중량의 10배에 해당하는 0.85% saline 용액을 가하여 균질기(Bag Mixer, Interscience Co., Saint Nom, France)로 60초간 균질화하였다. 이 시료액을 1ml 취하여 0.85% saline 용액으로 단계별로 희석한 다음 그 용액을 plate count agar(Difco co., Detroit, MI, USA) 배지에 0.1ml를 도말하여 30°C에서 48시간 배양시킨 후 집락수를 계수하여 CFU/g으로 표시하였다.

(9) 통계분석

실험은 3번 반복하였으며 유의성 검증을 위해 각 항목의 측정값은 ANOVA 분석을 실시한 후 $P < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다. 모든 통계분석은 미니탭(Minitab19 statistical software, Pennsylvania, USA) 통계 프로그램을 이용하여 처리하였다.

나. 봄배추 약제살포와 팻릿단위 타공필름 포장 시험 결과

(1) 온도 및 습도 변화

LDPE 필름 포장유무와 타공수를 달리한 처리구의 펠릿 내부 온도와 습도를 분석하였다(그림 4-22, 4-23). 포장 처리구의 펠릿 내부 온도는 초기 15.5℃에서 저장 1일차에 9.5℃로 낮아졌고 10℃로 증가한 후 4일차에 4.0℃로 낮아졌다. 그 후 포장구는 서서히 높아져 10일차에 7℃로 높아졌다다 12일차에 4℃로 빠르게 낮아졌고, 그 후 느리게 감소하여 18일 이후 3℃를 유지하였다. 무포장구는 저장 5일차부터 포장구와 차이가 있어서 포장구보다 2-3 ℃씩 낮았고 18일 이후 2℃로 유지되었다. 상대습도는 초기 98%에서 등락하면서 4일차에 80% 수준으로 낮아졌다. 포장구는 그 후 다시 높아져 6일차에 93% 수준이 되었는데 무타공포장구에서 90%로 낮아지고 48공포장구에서 95%로 높아져 저장 90일까지 그 수준을 유지하였다. 무포장구의 상대습도는 5일 이후 70% 수준으로 낮아졌다가 12일 이후 78% 수준으로 높아져 그 상태로 유지되었다.

포장 처리구 간의 차이는 타공수가 적을수록 냉기가 필름내부로 침투되는 시간이 늦어져서 온도, 습도 모두 느리게 변화하는 경향을 보였지만, 32, 40, 48공 처리구 간의 차이는 크지 않았다.

배추상자에 필름을 씌우면 내부는 포장재의 기체 투과도와 배추의 호흡으로 인해 자연스럽게 조성된 대기조건으로 저장기간을 연장시키고 습도를 유지하여 중량 손실을 억제하는 것으로 보고되어 있다(Yang et al., 1993; Chun et al., 2020; Kim et al., 2001a). 본 연구에서도 필름유무와 타공수가 펠릿내부의 온도와 습도에 영향을 미치는 것으로 확인되었으며 이는 배추의 저장손실률에도 영향을 줄 것으로 판단된다.

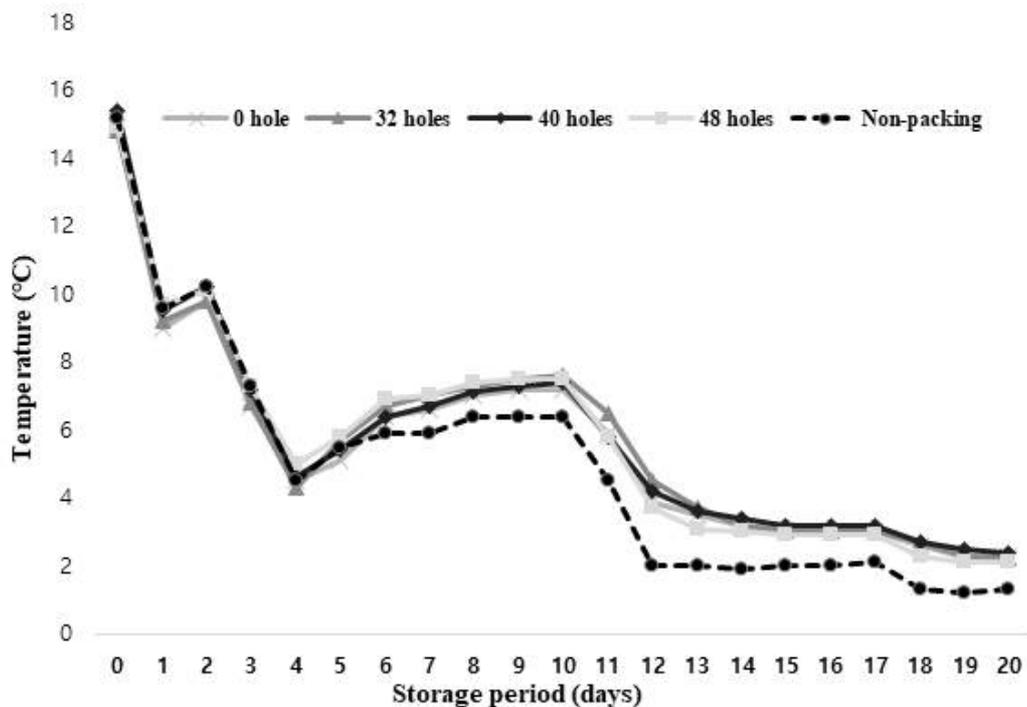


그림 4-22. 타공 개수에 따른 필름을 이용한 봄배추의 온도변화

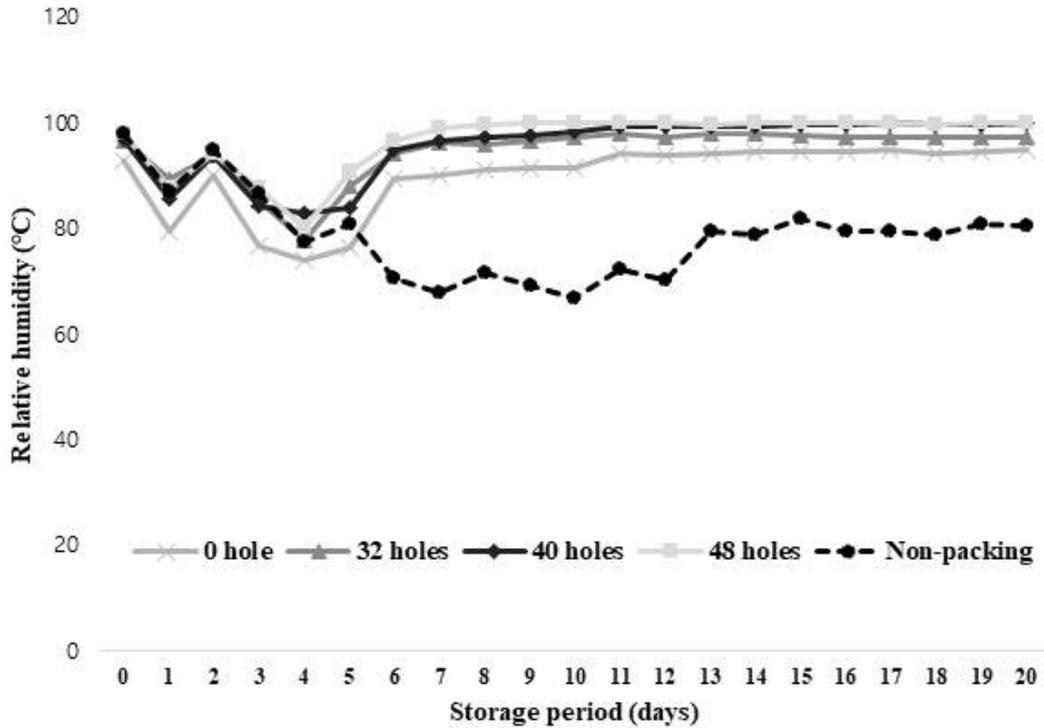


그림 4-23. 타공 개수에 따른 필름을 이용한 봄배추의 습도변화

(2) 기체농도 변화

기체농도는 측정에 실패하였다.

(3) 손실률

(가) 중량감소율

타공포장 봄배추의 저온저장 중 중량감소율은 저장기간에 따라 증가하였는데 저장 75일까지는 32공 포장구에서 5.26%로 낮았고 90일차에는 무타공포장구에서 7.87%로 낮았다. 무포장구는 저장 60일차에 19.01%로 포장구보다 3배가량 높았고 90일차에는 29.165로 3배 이상 높았다.

(나) 정선손실률

타공포장 봄배추의 저온저장 중 정선손실률은 저장기간에 따라 감소하였는데 저장 90일차에 40공 포장구에서 14.85%로 낮았고 56공 포장구에서 21.42%로 높았다.

(다) 저장손실률

타공포장 봄배추의 저온저장 중 저장손실률은 저장기간에 따라 감소하였는데 이는 중량감소율은 소폭 증가하였으나 정선손실률이 대폭 감소하였기 때문이다. 저장 손실률은 40공 포장구에서 저장 90일차에 22.95%로 낮았고 무포장구에서 42.90%로 높았다.

저장 중 중량감소가 일어나는 이유는 필름포장을 하지 않으면 배추표면과 증산작용으로 발생된 수분이 저장고 내의 증기압 차이에 의해 건조되어 중량이 감소되기

때문이다(Kim et al. 1996; Kim et al., 2001a). 타공수가 많을수록 중량감소율도 비례적으로 증가되지만, 필름포장을 하지 않은 구간과 비교해 타공수를 달리한 처리구별 간의 차이는 상대적으로 적었다.

포장 처리구의 중량손실률은 7.87-11.51 %인 반면 무 포장 처리구는 29.16 %로 봄배추 장기저장 시 필름 포장을 하면 중량감소율을 17.65-21.29% 낮출 수 있다. Lee et al(2018) 연구에서는, LDPE 필름으로 포장하여 3개월 저장한 봄배추 중량감소율이 7% 이하로 분석되었는데, 무 포장 처리구의 중량감소율도 13-14%로 본 시험의 29.16%의 절반 이하인 것을 보면 저장조건이 본 연구와는 달랐기 때문인 것으로 판단된다.

표 4-15. 저장 60일차 타공된 LDPE 필름 포장한 봄배추의 중량감소율(%)

저장일수(일)	60	75	90
무타공	6.35±1.28	6.10±1.61	7.87±2.36
32 공	5.66±1.70	5.26±2.09	9.36±5.33
40 공	6.16±1.00	6.85±1.77	9.53±2.97
48 공	10.31±3.4	9.96±2.92	11.51±4.34
56 공	12.00±8.32	7.31±2.17	12.57±6.78
무포장	19.01±2.81	23.09±1.82	29.16±4.46*

* Value within a column with different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$)

표 4-16. 저장 60일차 타공된 LDPE 필름 포장한 봄배추의 정선손실률(%)

저장일수(일)	60	75	90
무타공	26.93±5.58	19.43±5.53	17.40±4.48
32 공	25.60±4.15	21.32±0.85	16.78±2.66
40 공	25.39±5.81	21.41±4.83	14.85±1.89
48 공	25.87±4.72	22.81±5.35	15.16±4.10
56 공	26.72±6.81	22.04±4.66	21.42±6.34
무포장	27.00±6.63	21.14±5.51	19.50±3.06

표 4-17. 저장 60일차 타공된 LDPE 필름 포장한 봄배추의 저장손실률(%)

저장일수(일)	60	75	90
무타공	31.57±3.04	24.34±2.30	23.85±5.64
32 공	29.81±1.73	25.46±3.07	24.60±4.25
40 공	29.99±3.40	26.79±2.16	22.95±3.68
48 공	33.51±0.93	30.50±1.72	25.00±4.02
56 공	35.51±1.07	27.74±1.76	31.30±10.87
무포장	40.88±2.07	39.35±2.61	42.90±5.31*

* Value within a column with different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$)

(4) 장해발생률

타공포장 봄배추의 저온저장 중 장해발생률은 곰팡이, 중룩갈변, 무름병, 깨씨무늬증의 발생율을 측정하였다.

곰팡이는 저장 60일차에 포장구 모두에서 발생하였는데 48공 포장구에서 적게 발생하였고 90일차는 더 많이 발생하였는데 48공 포장구에서 적었고 무포장구에서는 발생하지 않았다.

중룩갈변은 저장 60일차에 무포장구 외에 모든 포장구에서 발생하였고 40공과 48공 포장구에서 적게 발생하였다. 저장 90일차에는 48공 포장구에서 적게 발생하였고 무포장구에서도 약간 발생하였다.

무름병은 저장 90일차에 무타공포장구에서만 1포기 발생하였다.

깨씨무늬증은 저장 60일차부터 조금(a little) 발생하였고 48공 포장구에서 상대적으로 적게 발생하였다.

타공수가 많아지면 생리장해 발생율이 낮아지는 것으로 분석되었는데, 이는 타공한 구멍으로 냉기가 침투하여 생리작용을 억제하였기 때문으로 보인다(Kim et al., 2001b). 하지만, 타공면적이 늘어날수록 중량손실률도 증가되었다.

MAP 포장은 필름 내부의 초기습도가 유지되어 배추의 증산작용을 억제하여 중량손실율을 낮출 수 있지만, 높은 습도로 인해 배추 표면에 곰팡이가 발생되고 뿌리 부위에 변패가 발생되었다. 따라서 팻릿 내부에 적절한 냉기가 들어갈 수 있도록 LDPE 필름에 구멍을 내고 최적조건을 찾고자 하였다(Yang et al., 1993).

총 저장손실률과 곰팡이, 중룩갈변 등의 장해발생 등을 종합하여 판단하면, 팻릿 규격에 48개를 타공한 필름(73.9cm²)으로 석위 배추를 저장한 처리구가 가장 적합한 것으로 분석되었다.

본 시료는 표면에 발생된 곰팡이로 인해 신선배추로 직접 유통하기는 어렵지만 외엽을 정선하여 김치를 제조하는데 어려움은 없는 것으로 판단되었다.

표 4-18. 저장 60일차 타공된 LDPE 필름 포장한 봄배추의 장해발생률(%)

구분	곰팡이	중룩갈변	무름병	깨씨무늬증
무타공	83.33	41.67	0	2.08
32 공	93.33	25.00	0	2.63
40 공	93.33	6.67	0	2.42
48 공	36.67	6.67	0	2.07
56 공	83.33	8.33	0	2.28
무포장	0	0	0	2.65

표 4-19. 저장 75일차 타공된 LDPE 필름 포장한 봄배추의 장해발생률(%)

구분	곰팡이	중륵갈변	무름병	깨씨무늬증
무타공	100	47.22	0	2.53
32 공	93.33	25.00	0	2.63
40 공	93.33	6.67	0	2.42
48 공	36.67	6.67	0	2.07
56 공	83.33	8.33	0	2.28
무포장	0	8.33	0	2.97

표 4-20. 저장 90일차 타공된 LDPE 필름 포장한 봄배추의 장해발생률(%)

구분	곰팡이	중륵갈변	무름병	깨씨무늬증
무타공	100	52.78	11.11	3.03
32 공	91.67	58.33	0	2.67
40 공	83.33	55.56	0	2.56
48 공	71.67	36.67	0	2.63
56 공	100	58.33	0	2.53
무포장	0	8.33	0	2.58



그림 4-24. 타공된 필름을 이용한 90일 저장 봄배추 외관품질

(5) 이화학 특성

약제처리 후 타공한 봄배추의 저장 pH, 고형분 함량, 총균수를 분석하였다.

봄배추의 pH는 초기 6.2에서 저장기간에 따라 증가하여 포장구에서는 저장 75일차에 6.8로 높았다가 90일차에 약간 낮아졌고, 무포장구에서는 초기 수준을 유지하다가 90일차에 6.0으로 낮아졌다.

가용성 고형분함량은 초기 3.4brix에서 저장 중에 호흡으로 당이 소비되어 약간 감소하는 추이를 보였고 무포장구만 증가하였다. 이는 수분함량이 낮아져 상대적으로 배추의 고형분 함량이 증가되었기 때문으로 판단된다. Lee et al(2018)의 연구에서는 가용성 고형분이 저장기간 동안 비슷하게 유지되었는데 이는 정선 후의 가

용성 고형분을 측정하였기 때문이고, 본 연구는 시료의 특성을 정확하게 파악하기 위해 정선하지 않은 상태로 시료를 분석하였다.

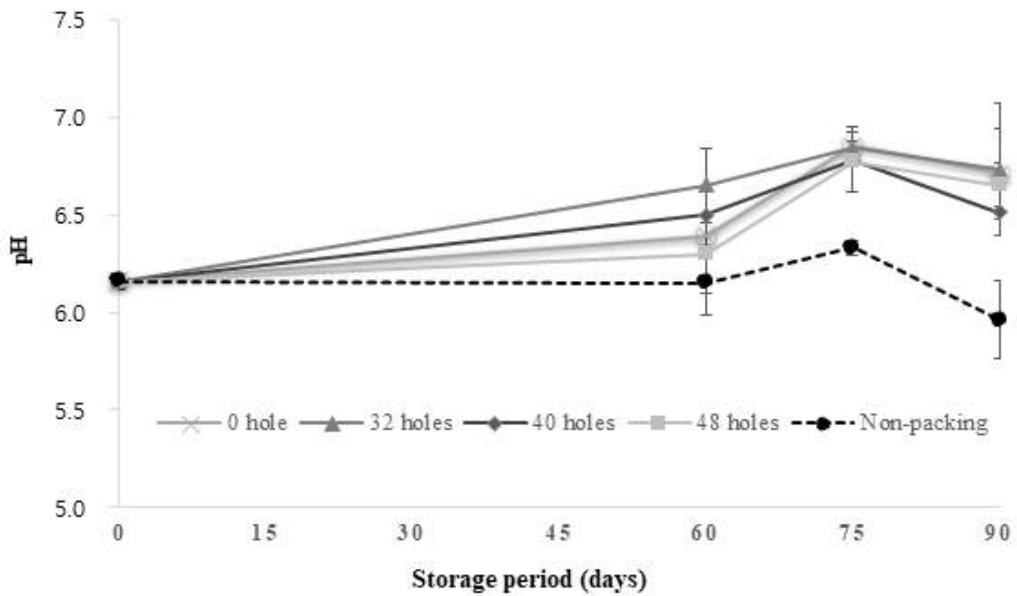


그림 4-25. 타공된 필름을 이용한 저장 봄배추의 pH 변화

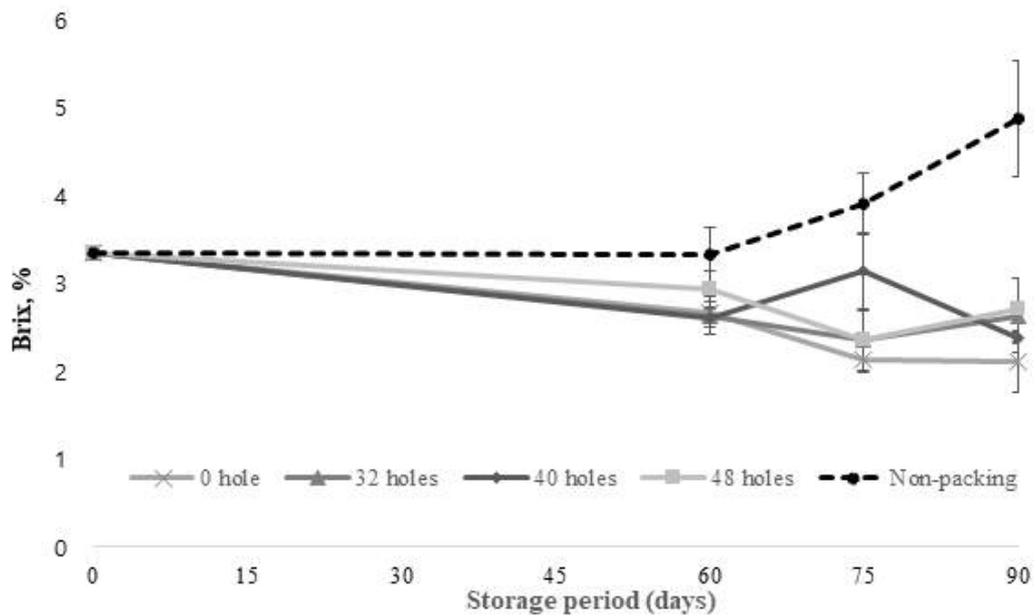


그림 4-26. 타공된 필름을 이용한 저장 봄배추의 가용성고형분함량 변화

(6) 총균수

총균수는 초기 7.2 Log에서 저장하면서 1-2 log CFU/g 증가하였는데, 이는 포장으로 미생물이 자라기 좋은 습도환경이 조성되었기 때문으로 보인다. 무포장구가 포장구에 비해 1 log CUF/g가량 낮았고 48공 포장구도 다른 포장구보다 60일차에서 낮았다.

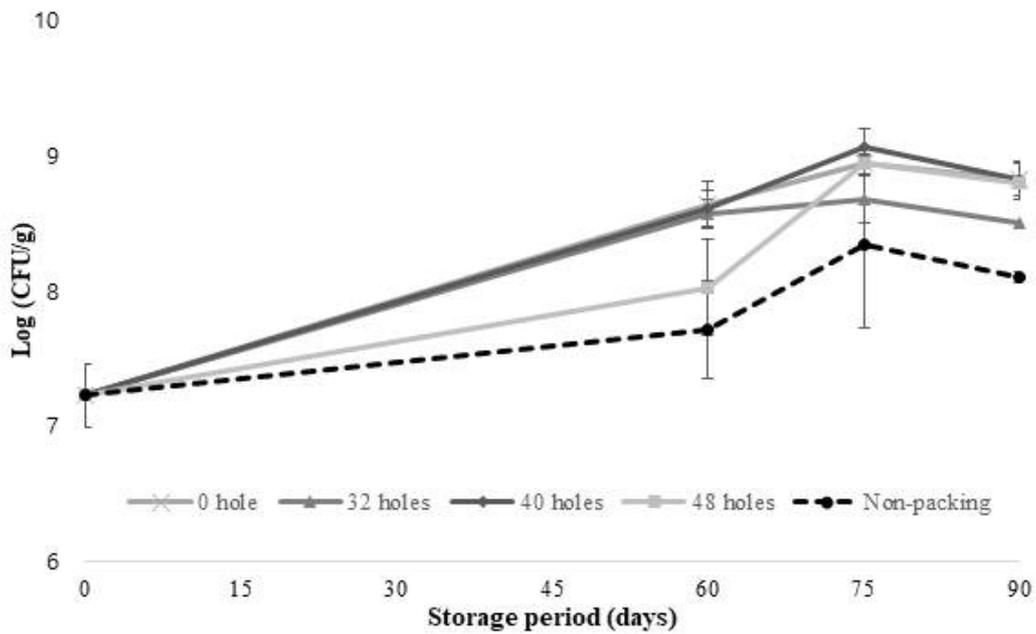


그림 4-27. 타공된 필름을 이용한 봄배추의 총균수 변화

(7) 품질요인간의 상관분석

타공면적과 손실률, 생리장해, pH, Brix, 총균수 등 품질인자 간의 상관관계를 분석하였다(표 4-21).

타공면적과 높은 양의 상관관계를 보이는 인자는 중량감소율과 Brix이며, 음의 상관관계를 보이는 인자는 곰팡이발생률과 pH 로 분석되었다. 타공면적이 클수록 펠릿 내외부 간의 기류 흐름이 원활해져서 수분이 증발되어 중량이 감소되고 고형분 함량은 증가되지만, 습도는 낮게 유지되어 곰팡이 등 미생물 증식에 의한 변패는 감소하는 것으로 판단된다.

중량감소율과 양의 상관을 보인 인자는 고형분함량으로 중량이 감소할수록 고형분함량이 높아졌고, 곰팡이발생률, 중록갈변률, pH는 음의 상관을 보여 곰팡이 발생과 중록갈변이 감소하였다.

곰팡이발생률과 중록갈변, pH, 총균수는 양의 상관을 보였고 고형분함량과는 음

의 상관관을 보였다.

깨씨무늬증은 무름병과 양의 상관관을 보여 깨씨무늬증과 무름병은 같은 발생유형을 보였다.

중록갈변은 pH와 양의 상관관을 보였다.

pH는 고형분함량과 음의 상관관을 보였다.

고형분함량은 총균수와 양의 상관관을 보였다.

표 4-21. 저장 90일차 봄배추의 품질인자간의 상관관계수 분석

	Area of holes	Weight loss	Trimming loss	Mold incidence	Black speck incidence	Midrib brown stain incidence	Soft rot incidence	pH	Brix	Total microbes
Area of holes	1									
Weight loss	0.903*	1								
Trimming loss	0.222	-0.184	1							
Mold incidence	-0.841*	-0.951	0.174	1						
Black speck incidence	-0.734	-0.381	-0.688	0.326	1					
Midrib brown stain incidence	-0.766	-0.910	0.164	0.965*	0.187	1				
Soft rot incidence	-0.688	-0.337	-0.732	0.329	0.963*	0.193	1			
pH	-0.855*	-0.958	0.264	0.948*	0.376	0.874*	0.304	1		
Brix	0.899*	0.990*	-0.161	-0.963*	-0.392	-0.911	-0.384	-0.939	1	
Total microbes	-0.616	-0.798	0.372	0.859*	0.124	0.778	0.220	0.770	0.862*	1

* Value within a column with different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$)

3. 봄배추 약제살포와 필름포장 시험 요약

겨울배추를 대상으로 약제살포와 필름포장의 조건을 시험한 결과 플루디옥소닐 처리구가 저장손실률이 우수하였으나 배추에 허용된 약제가 아니라서 허용된 약제인 테부코나졸을 선정하여 0.5mL/1L로 희석하여 배추 포기당 5mL 수준으로 살포하였다. 그리고 봄배추에는 테부코나졸과 락스를 혼하하여 포기당 10mL로 살포하고 40공 필름으로 포장하여 저장하는 것이 저장손실이 적었으나 장해발생은 48공 포장구에서 적었다.

제 5절 봄배추 실증저장

1. 실증저장 개요

가. 실증저장의 필요성

김치산업에서 원료배추를 안정적으로 확보하는 것은 김치산업 경쟁력을 결정하는 중요한 요소이다. 특히 생산량이 절대적으로 부족한 여름배추를 확보하기 위해서는 봄배추를 장기 저장하여 여름에 사용하는 것이 대안이 될 수 있다. 봄배추는 3월에 정식하여 6월에 수확하는 배추로 수분함량과 품온이 높아 저장이 어렵다.

배추의 저장에 영향을 주는 요인은 온도, 습도, 산소농도, 이산화탄소농도 등이 있고, 이들을 최적으로 조절하는 방법을 배추 포기단위(Yang et al., 1993a) 및 상자와 망 단위로(Kim et al., 2001a, Kim et al., 2001b) 연구하였다. 배추의 저장방법으로는 저온저장이 기본이고(Eum et al., 2013a), 예냉 후 저온저장(Eum et al., 2013b; Bae et al., 2015)이 현장에서 적용되고 있으며, 팻릿단위 기체조절 포장(Choi et al., 2019; Chun et al., 2020) 및 CA저장(Kim et al., 2018)이 연구단계에 있다.

특히 봄배추를 저장하는 연구에서 배추를 타공한 비닐봉투에 포장하여 저온에 저장함으로써 60일까지 저장수명을 연장하였고(Yang et al., 1993a), 에틸렌 제거 억제 처리는 효과가 없었으며(Hong et al., 2018), 깨씨무늬증 발생 억제를 위해서는 질소를 적정량 시비하는 것이 중요하고(Hong et al., 2017), 플라즈마 처리와 팻릿 단위의 기체조절포장 저장방법(Lee et al., 2018)이 유효하다는 연구가 있었다.

한편 봄배추의 품종별 생육특성과 성분특성을 비교하여(Lee et al., 2013) 품종선발을 시도하였고, 봄배추의 생체특성과 김치가공특성을 연구하였으며(Kim & Kim, 2000), 봄배추의 품종별 김치발효특성을 연구하였다(Chun, 1981).

나. 실증저장 일정과 장소

지금까지 국내외에서 연구 개발된 기술들에서 봄배추 저장 현장에 적용 가능한 기술을 선정하고, 본 과제에서 선행연구를 통해 얻은 결과를 종합하여 봄배추 저장 현장에 적용하여 봄배추를 90일간 실증 저장하였다.

실증저장은 북파주농협(경기동 파주 적성) 소형 저온저장고(20평, 30평) 2동과, 전곡농협 위탁 저온저장고(경기도 여주 가남) 대형(50평) 1동, (주)이킴(충북 보은 삼승) 중형 저온저장고(36평 3동), (주)하늘마음(충북 보은 회인) 지하 저온저장고 2동(10평, 50평)에 그 지역에서 생산된 봄배추를 2020년 6월 중순부터 하순까지 수확하여 저장하였다.

그리고 저장 60일차, 75일차, 90일차에 중량감소율, 정선손실률, 저장감모율, 장해 발생율을 측정하여 저장배추의 품질을 평가하였고, 이를 근거로 김치공장에서 여름 배추를 사용하는 경우와 비교하여 경제적 효용성을 분석하였다.

2. 북파주농협 실증저장

봄배추를 저장고 단위로 실증저장을 하여 현장에 활용하고자 배추저장 현장에서 사용하고 있는 실용규모 저장고에 봄배추를 팠릿에 쌓고 타공 필름으로 덮어씌운 다음 분할하여 저장고를 채우고 냉각하여 장기간 저장하고 품질을 평가하였다.

가. 북파주농협 실증저장 개요

(1) 배추밭 선정과 약제살포

배추는 경기도 파주시 적성면 가월리 논 1,200평에 재배한 춘광품종을 선정하였고 2020년 6월 15일에 락스 400ml와 테브코나졸(티포라탄, 한일사이런스) 800ml를 물 4,000ℓ에 혼합하여 배추밭 1,200평에 살포하였다.



그림 5-1. 파주시 적성면 가월리 봄배추 약제살포 및 저온저장고 입고

(2) 실증저장고 선정과 청소 소독

봄배추 실증저장고는 파주 적성 소재 경기농협식품 소유 저온저장고 2개(20평과 30평)를 선정하여 수확 1일 전에 락스(레귤러, 유한양행) 0.01% 액 50ℓ를 저장고 벽과 바닥에 살포하고 밀폐하여 소독하였다.

(3) 배추의 수확과 운반

수확일인 2020년 6월 16일 새벽에 배추를 칼로 따서 플라스틱 배추상자(520×370×320mm)에 5-6포기씩 담아 팠릿을 깔은 5톤 트럭에 배추상자를 7단으로 쌓아(42상자/팠릿) 14팠릿을 싣고 저장고로 운반하여 일시채움저장 시험에 사용하였다. 그리고 다른 트럭에 14팠릿을 운반하여 분할채움저장 시험에 사용하였다.

(4) 상자무게 측정과 타공필름 포장

저온저장고 앞마당에서 배추 9팠릿을 내려놓고 팠릿 당 1줄씩 7상자에 표식지를 부착하고 각각 상자무게를 측정한 다음 다시 팠릿에 적재하였다. 배추팠릿을 3개씩(60일, 75일, 90일)씩 3처리구(무포장, 40공 필름포장, 56공 필름포장)로 나누고, 5면

에 타공($\varnothing = 14\text{mm}$)하고 밑이 터진 상자형 필름($t=80\mu\text{m}$, $1200 \times 1200 \times 2200\text{mm}$)으로 팰릿을 덮어씌웠다.



그림 5-2. 타공필름 팰릿포장과 저장고 내 적재

(5) 배추팰릿 적재와 냉장저장

일시채움저장은 저장고에 배추를 한꺼번에 채우고 냉장 저장하는 방법으로 냉장 부하가 크고, 분할채움저장은 배추를 저장고에 여러 번에 나누어 채우고 냉장 저장하는 방법으로 냉장부하가 작다. 일시채움저장 시험은 20평 저온저장고에 적재하고 나머지 공간에 배추 63팰릿을 2단으로 적재하여 채우고 90일간 저장하였다. 저장고 온도는 배추입고 1일 전에 12°C 로 냉각하여 배추를 채우고 급냉으로 인한 냉장장해를 방지하기 위하여 1일 2°C 씩 냉각하여 8일차에 0°C 가 되도록 조절하였다. 분할채움저장 시험은 30평 저장고에 온습도기록계와 가스기록계를 설치하고 1일차에 28팰릿을 채웠다. 이중 시험용 9팰릿을 일시채움저장과 같은 방법으로 처리하였고 2일차, 4일차, 5일차에 각각 28팰릿씩 분할하여 추가로 채웠으며 7일차에 8팰릿을 채운 다음 밀폐하고 저장고 온도를 2.7°C 로 하여 90일간 저장하였다.

(6) 온도기록계와 가스기록계 설치

일시채운 저장고 온도는 배추입고 1일 전에 12°C 로 냉각하여 배추를 채우고 1일 2°C 씩 냉각하여 8일차에 0°C 가 되도록 조절하였고, 분할채움 저장고는 초기에 2°C 로 설정하여 냉각하였다. 습도와 기체조성은 인위적으로 조절하지 않고 자연적인 변화를 온습도기록계(Testo 174H, Testo, Germany)와 가스기록계(R 9600, Supmea, China)를 저장고 내부에 설치하여 기록하였다.

(7) 봄배추 시료수집과 품질측정

저장 1일차에 봄배추 10포기를 꺼내어 품질을 평가하였다. 중량감소율은 저장 전 무게와 저장 후 무게를 상자단위로 7상자씩 측정하여 백분율로 표시하였고, 정선손실률은 정선 전 무게와 정선 후 무게를 상자 당 5포기씩 포기단위로 측정하여 백분율로 표시하였다. 저장감모율은 1-저장수율 \times 정선수율로 구하였고, 순저장손실율은

1-저장수율×순정선수율로 구하였다. 순정선수율은 저장 후 정선수율에서 저장 전(초기) 정선수율(92.80%)을 차감하여 저장 중에 발생한 정선수율의 변화만을 나타내었다. 저장배추의 생리장해는 건전성, 깨씨무늬 발생률, 괴사반점 발생률, 부패율, 무름병 발생률, 중록갈변 발생률을 표준시험법(Min et al., 2020)에 따라 평가하였다. 측정값은 ANOVA분석을 한후 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였고, Minitab 19(USA) 통계프로그램으로 분석하였다.

나. 북파주농협 실증저장 결과

(1) 실증저장고 온습도 변화

봄배추 저장고 내부의 온도와 상대습도를 조사한 결과 일시채움저장고의 온도는 초기 15.1℃에서 24시간 후에 12.4℃로 낮아졌고 48시간 주기로 4℃씩 낮아져 192시간 이후에는 0.7℃로 안정하게 유지되었다(Fig. 5-3). 분할채움저장고에서는 1차 입고 시 7.4℃에서 입고 후 바로 3.7℃로 낮아졌고 24시간 후에 2차 입고로 7.8℃로 올라갔다가 바로 3℃로 낮아졌으며, 72시간, 96시간, 144시간에 3차, 4차, 5차 입고를 하면서 각각 7℃ 수준으로 올라갔다가 2.7℃로 낮아져 90일까지 그 수준이 유지되었다. 봄배추를 0-1℃로 저장하는 것이 3-4℃로 저장하는 것보다 상품성을 높게 유지할 수 있었으나(Yang et al., 1993a), 90일간 0.7℃로 저장된 배추보다 2.7℃로 저장된 배추에서 중록갈변 등의 생리장해가 적게 발생된 것으로 보아(Table 5-4) 봄배추는 0.7℃보다 2.7℃에서 저장하는 것이 더 좋았다. Eum et al.(2013a)은 고랭지 여름배추를 30일간 저온저장한 결과 0℃보다 2℃에 저장한 것이 중량감소와 정선손실이 적었고 관능품질이 우수하였다고 하였고, Hong et al.(2018)도 봄배추를 다공성 필름으로 덮어 2℃, 상대습도 95%로 저장하는 것이 최적이라고 하였다.

일시채움저장고의 상대습도는 초기 97.3%에서 조금씩 등락을 반복하면서 192시간에 88% 수준으로 낮아져 90일까지 안정하게 유지되었다(Fig. 5-3). 분할채움저장고에서는 1차 입고 초기 94.6%에서 바로 73.5%로 낮아졌고 24시간 후에 2차 입고로 90.3%로 올라갔다가 서서히 75%로 낮아졌으며 3차, 4차, 5차 입고를 하면서 각각 90% 수준으로 올라갔다가 80% 수준으로 낮아짐을 반복하면서 88%로 수렴하여 90일까지 그 수준이 유지되었다. 가을배추를 골판지상자에 포장하여 0℃에 저장한 것(Kim et al., 2001a)과 겨울배추를 0.03mm 필름으로 4포기씩 포장하여 컨테이너 상자에 담아 0℃에 저장하는 것(Kim et al., 2001b)이 그물망이나 컨테이너 상자에 담아 저장하는 것보다 건조가 억제되어 중량감소와 정선손실이 적었다. 그리고 0.01mm 필름봉투에 배추를 날개 포장하여 0-1℃에 저장할 때 포장재 밑면에 직경 5mm 구멍을 봄배추는 50개(Yang et al., 1993a), 가을배추는 10개(Yang et al., 1993b), 뚫어주는 것이 중량감소와 정선손실이 적었다고 하였다. 배추의 습도를 조절하기 위하여 상자단위로 포장하는 것보다는 팻릿단위로 포장하는 것이 저장현장에서 적용하기 편리하다. 궁극적으로는 저장고단위로 습도를 조절하는 방법이 연구되어야 하겠다.

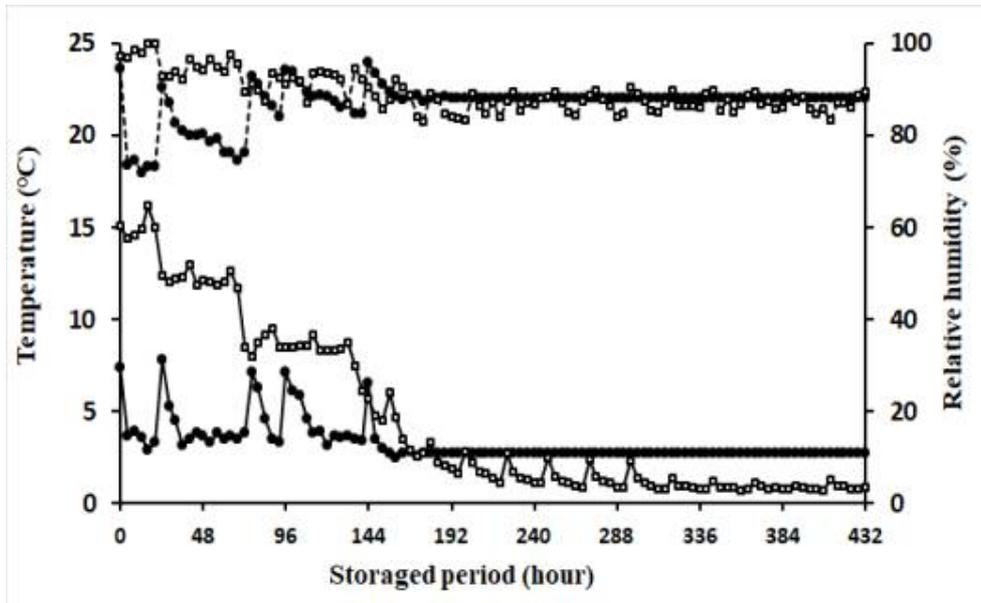


Fig. 5-3. Change of temperature and relative humidity during the cold storage of spring kimchi cabbage

●—● temperature at partial stack, ■—■ temperature at total stack, ○---○ relative humidity at partial stack, □--□ relative humidity at total stack

(2) 실증저장고 가스농도 변화

봄배추 저장고 내부의 산소와 이산화탄소 농도를 조사한 결과 일시채움저장고의 산소농도는 초기 20.2%에서 4일차에 18.9%로 낮아졌다가 7일차에 19.5%로 회복되어 유지되었고, 이산화탄소 농도는 초기 0.04%에서 3일차에 0.85%로 높아졌다가 7일차에 0.04%로 회복되어 유지되었다(Fig. 5-4).

분할채움저장고에서는 5차 입고가 완료되는 7일차까지 산소농도 19.7%와 이산화탄소농도 0.04%로 유지되었다가 입고를 마치고 문을 밀폐한지 2일 만인 9일차에 산소농도는 16.0%로 낮아지고 이산화탄소농도는 3.79%로 높아졌다. 그 후 산소농도는 점차 높아지고 이산화탄소농도는 점차 낮아져서 20일차에 각각 18.9%와 0.24%로 유지되었고 저장 40일차가 되어서야 19.5%와 0.04%로 복귀되어 유지되었다. 봄배추를 산소 1%와 이산화탄소 1% 농도로 저장하면 초기 30일까지 중량손실과 정선손실을 크게 줄일 수 있었다고 하였다(Pek & Yang, 1996). 그리고 겨울배추를 온도 0°C, 상대습도 90-95%에서 산소농도를 1-3%, 이산화탄소농도를 0.2-5.0%로 조절하여 저장한 결과 산소와 이산화탄소를 조절하지 않고 저장한 것에 비하여 중량손실과 정선손실이 크게 감소하였고 관능품질이 우수하였다고 하였다(Kim et al., 2018). 그리고 저온저장고 내에 팰릿 단위 적재에 적용할 수 있는 기체조절포장 시스템을 제작하여 산소농도 0.5-2.0%, 이산화탄소농도 2.0-10%로 조절하여 겨울배추를 2°C에서 80일간 저장한 결과 중량감소율이 1.58%, 정선손실률이 26.11%로 대조구에 비해 월등하게 낮았고(Choi et al., 2019), 시스템의 산소와 이산화탄소 농도를

자동으로 조절하는 알고리즘을 개발하였다(Chun et al., 2020).

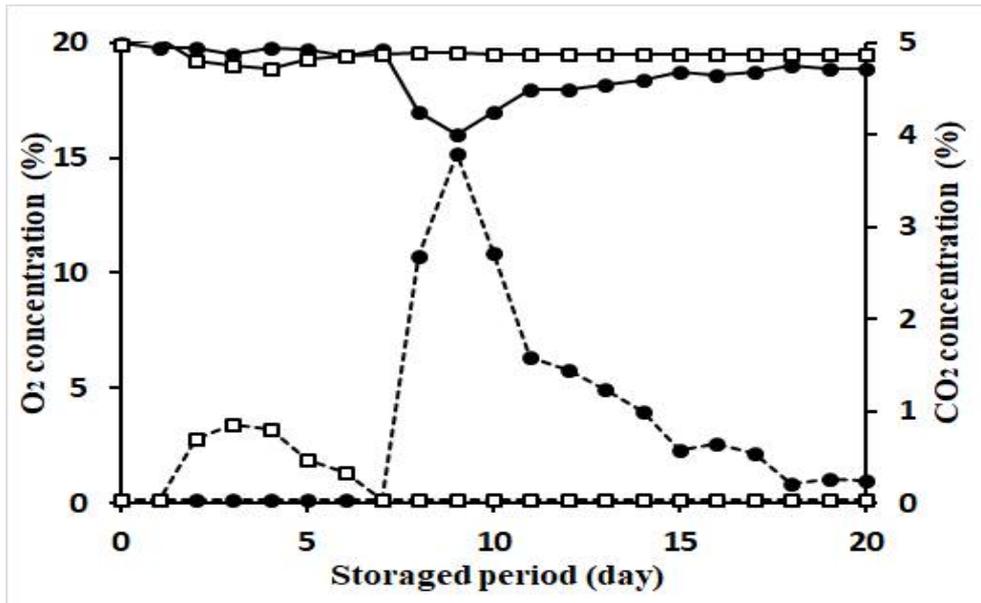


Fig. 5-4. Change of oxygen and carbon dioxide concentration during the cold storage of spring kimchi cabbage

●—● oxygen concentration at partial stack, □—□ oxygen concentration at total stack, ●--● carbon dioxide concentration at partial stack, □--□ carbon dioxide concentration at total stack

(3) 중량감소율 변화

봄배추의 저장 중 중량감소율은 일시채움저장고에서 낮아서 저장 60일차에 무포장구가 8.31%였고 타공포장구는 2.08%와 4.68%였는데(Table 5-1), 이는 봄배추를 두께 0.02mm HDPE 필름과 기능성 필름으로 포장하여 9주간 냉장한 결과 중량감소율이 대조구에서 8.47%, 필름포장구에서 4.07%와 3.07%였다는 보고(Lee et al., 2016)와 비슷하였다. 특히 40공 필름포장구에서 저장 90일차에 4.73%로 무포장구의 13.07%보다 63.7%나 낮았으며 56공 필름포장구의 5.83%보다도 유의하게 낮았다(Fig. 5-5, Table 5-1). 분할채움저장고에서는 저장 60일차까지는 일시채움저장고와 비슷하였으나 그 후 더 빠르게 감소하여 저장 90일차에 40공 필름 포장구에서 6.11%로 무포장구 18.02%보다 66.1% 낮았고 56공 필름 포장구의 8.08%보다도 유의하게 낮았다(Fig. 5-6, Table 5-2). Lee et al.(2018)은 봄배추를 차압예냉하여 12주간 냉장하면 냉풍순환으로 중량이 13% 감소했고 PVC랩으로 밀봉하면 감소율은 3%로 줄어들지만 결로로 배추가 짓무르므로 양면에 24개의 구멍(75.36cm²)을 뚫은 유공포장을 하여 감소율을 7%로 할 수 있었다고 하였다. 이는 무포장구는 일시채움저장과 비슷한 결과이지만 타공포장에서는 양면에 24개의 구멍을 뚫는 것보다 5면에 40개(61.54cm²)를 뚫는 것이 중량이 덜 감소함을 알 수 있었다.

그리고 중량감소율은 적재한 배추상자 위치별로 차이가 있어서 일시채움저장고 무포장구에서는 최하단의 1번 상자와 최상단의 7번 상자의 감소가 크고 중간상자의 감소가 작았다(Table 5-1). 그러나 40공 필름 포장구에서는 펠릿 구멍으로 냉기가 순환하여 펠릿에 인접한 1번 상자에서 중량감소가 11.24%로 컸고 필름으로 포장된 상부의 7번 상자가 0.47%로 작았다. 이런 현상은 56공 필름 포장구에서도 마찬가지로 여서 저장 90일차에 1번 상자는 15.56%, 7번 상자는 0.44%였다. 분할채움저장고에서 배추상자의 위치별 중량감소율은 40공 필름 포장구 1번 상자가 12.70%로 컸고, 7번 상자가 1.02%로 작았으며, 56공 필름 포장구에서도 각각 21.70%와 2.12%로 비슷한 경향이였다(Table 5-2). 배추상자 위치 간에 중량감소율 차이를 줄이려면 포장 필름의 상부에 타공 면적을 늘리고 필름이 펠릿을 덮도록 길게 하는 연구가 필요하다.

Table 5-1. Weight loss of spring kimchi cabbage with the box position during total stack cooling storage

(kg, %)

Treatment	Box position	0 day	60 day	Loss ratio	0 day	75 day	Loss ratio	0 day	90 day	Loss ratio
Non covered	7	16.13	13.94	13.58	15.52	13.02	16.11	15.05	13.16	12.56
	6	16.19	14.96	7.60	14.32	12.70	11.31	15.97	14.30	10.46
	5	13.43	12.26	8.71	12.39	11.26	9.12	16.38	14.68	10.38
	4	14.23	13.18	7.38	12.95	11.70	9.65	14.62	12.86	12.04
	3	16.38	15.32	6.47	14.25	12.94	9.19	14.33	13.54	5.51
	2	16.00	14.92	6.75	13.99	12.52	10.51	11.79	9.96	15.52
	1	14.36	13.26	7.66	14.71	13.12	10.81	15.85	11.88	25.05
	ave std	15.25 1.20	13.98 1.14	8.31 2.43	14.02 1.05	12.47 0.71	10.96 2.42	14.86 1.54	12.91 1.60	13.07 6.08
Covered with 40 holes	7	15.84	15.74	0.63	15.20	15.34	-0.92	17.02	16.94	0.47
	6	14.53	14.02	3.51	17.52	17.22	1.71	16.44	16.06	2.31
	5	17.09	16.56	3.10	15.84	15.58	1.64	14.82	14.28	3.64
	4	17.01	16.20	4.76	17.13	16.76	2.16	14.94	14.34	4.02
	3	15.05	14.12	6.18	17.42	16.88	3.10	15.50	14.64	5.55
	2	15.86	14.90	6.05	14.77	13.92	5.75	15.60	14.68	5.90
	1	15.74	14.40	8.51	16.04	14.36	10.47	16.99	15.08	11.24
	ave std	15.57 0.94	15.13 1.03	4.68 2.55	16.27 1.10	15.72 1.29	3.42 3.69	15.90 0.92	15.15 0.99	4.73 3.42
Covered with 56 holes	7	15.97	16.24	-1.69	15.65	15.72	-0.45	15.85	15.78	0.44
	6	14.41	14.34	0.49	15.58	15.30	1.80	14.06	13.56	3.56
	5	13.90	13.84	0.43	14.66	14.30	2.46	14.14	13.64	3.54
	4	15.69	15.62	0.45	15.95	15.50	2.82	15.55	14.92	4.05
	3	14.71	14.60	0.75	14.87	14.26	4.10	15.39	14.58	5.26
	2	16.10	15.72	2.36	14.56	13.34	8.38	15.76	14.44	8.38
	1	15.10	13.32	11.79	14.35	12.18	15.12	15.30	12.92	15.56
	ave std	15.13 0.83	14.81 1.08	2.08 4.44	15.09 0.63	14.37 1.28	4.89 5.26	15.15 0.74	14.26 0.96	5.83 4.90

Table 5-2. Weight loss of spring kimchi cabbage with the box position during partial stack cooling storage

(kg, %)

Treatment	Box position	0 day	60 day	Loss ratio	0 day	75 day	Loss ratio	0 day	90 day	Loss ratio
Non covered	7	15.94	14.98	6.02	16.59	14.74	11.15	12.09	9.74	19.44
	6	16.23	15.68	3.39	15.71	14.30	8.98	11.02	8.90	19.24
	5	12.96	12.36	4.63	13.30	12.08	9.17	14.84	12.60	15.09
	4	13.96	13.28	4.87	16.17	15.02	7.11	14.65	12.10	17.41
	3	15.85	15.20	4.10	15.70	14.40	8.28	11.72	9.62	17.92
	2	14.54	13.58	6.60	14.60	12.76	12.60	14.60	12.02	17.67
	1	—	—	—	14.43	11.18	22.52	17.37	14.00	19.40
	ave std	14.91 1.31	14.18 1.30	4.94 1.20	15.21 1.15	13.50 1.49	11.40 5.23	13.76 2.24	11.28 1.88	18.02 1.55
Covered with 40 holes	7	16.21	16.44	-1.42	15.13	15.36	-1.52	14.67	14.52	1.02
	6	17.76	16.48	7.21	15.80	15.32	3.04	12.79	11.94	6.65
	5	12.61	12.26	2.78	15.63	15.46	1.09	16.51	15.94	3.45
	4	17.27	16.82	2.61	16.22	15.46	4.69	13.01	12.26	5.76
	3	14.25	13.52	5.12	15.06	14.06	6.64	16.20	15.28	5.68
	2	15.16	14.46	4.62	13.67	12.20	10.75	15.76	14.58	7.49
	1	15.43	14.10	8.62	14.51	11.74	19.09	16.38	14.30	12.70
	ave std	15.53 1.77	14.87 1.74	4.22 3.31	15.15 0.86	14.23 1.62	6.25 6.89	15.05 1.59	14.12 1.49	6.11 3.62
Covered with 56 holes	7	14.89	15.28	-2.62	15.15	15.36	-1.39	14.12	13.82	2.12
	6	16.07	15.92	0.93	15.71	15.28	2.74	14.49	13.94	3.80
	5	15.93	15.70	1.44	14.18	13.68	3.53	17.48	16.74	4.23
	4	14.19	13.96	1.62	15.20	14.52	4.47	15.82	15.02	5.06
	3	13.56	13.10	3.39	14.57	13.66	6.25	16.47	15.16	7.95
	2	13.78	12.90	6.39	15.18	13.98	7.91	15.40	13.60	11.69
	1	16.91	15.46	8.57	14.47	12.32	14.86	15.30	11.98	21.70
	ave std	15.05 1.28	14.62 1.27	2.82 3.71	14.92 0.53	14.11 1.06	5.48 5.06	15.58 1.15	14.32 1.50	8.08 6.79

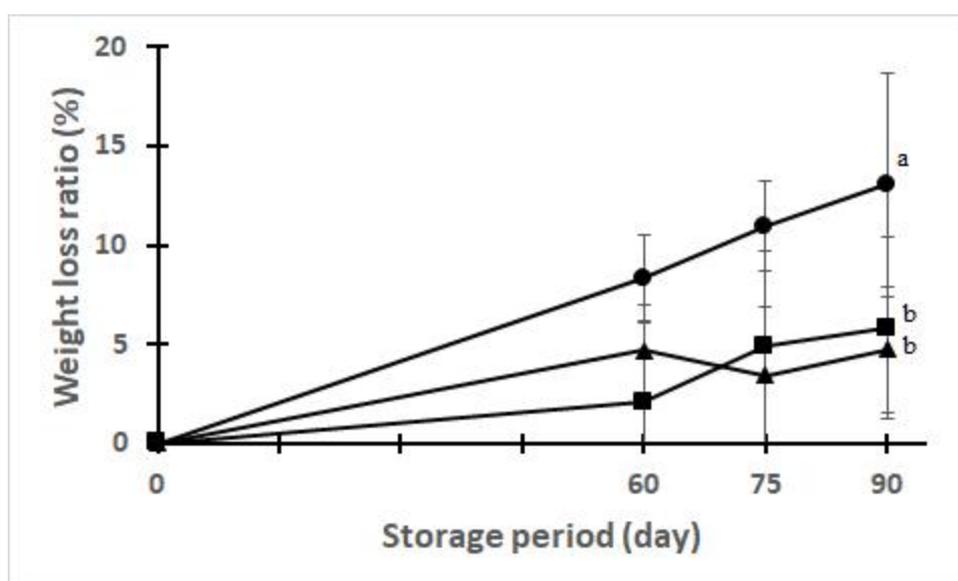


Fig. 5-5. Weight loss of spring kimchi cabbage during total stack cooling storage

●—● non covered, ▲—▲ covered with 40 holes, ■—■ covered with 56 holes

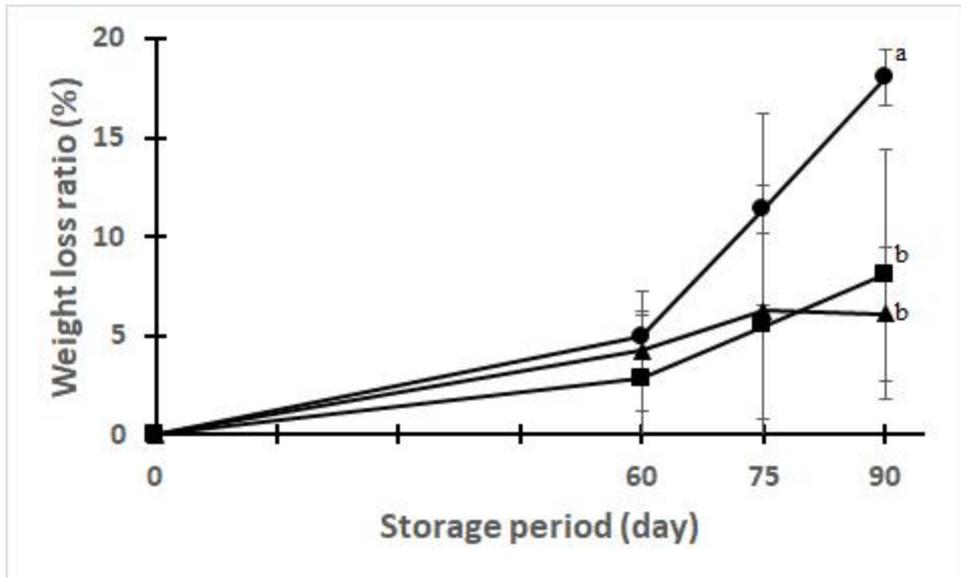


Fig. 5-6. Weight loss of spring kimchi cabbage during partial stack cooling storage

●—● non covered, ▲—▲ covered with 40 holes, ■—■ covered with 56 holes

(4) 정선손실률 변화

봄배추의 정선손실률은 저장초기에 7.20%였고 저장 90일차에 약간씩 증가하였다. 일시채움저장고 40공 필름포장구 정선손실률은 90일차에 8.13%로 저장초기의 7.20% 대비 1.07% 포인트 증가하였고, 무포장구와 56공 필름포장구도 각각 9.86%와 7.85%로 소폭씩 증가하였다(Fig. 5-7). 그리고 90일차 정선손실률은 무포장과 필름포장구간에 유의적 차이가 있었다(Table 5-3). 분할채움저장고의 정선손실률은 일시채움저장고에서보다 높았는데, 특히 40공 필름포장구에서 11.91%로 저장초기보다 4.71% 포인트 높았고, 무포장구와 56공 필름포장구는 각각 9.51%와 10.12%로 유의적 차이가 있었다(Fig. 5-8, Table 5-3). 이것은 봄배추를 상대습도 95%에서 12주간 저장하였을 때(Lee et al., 2018)의 정선손실률 17%보다 크게 낮은 값으로 수확 시 건조한 날씨로 겉잎이 이미 건조된 상태였고 5톤 트럭 무게가 6.9톤으로 평상의 7.5톤 보다 9.2% 가벼웠음) 저장고 상대습도도 88%로 낮았기 때문으로 판단된다. 배추상자에 보습지를 넣어 저장하는 것은 정선손실률에 영향이 없었고(Lee et al., 2017), 1-methylcyclopropene 처리가 봄배추의 저장 중 정선손실률에 효과가 없었으며(Hong et al., 2018), 다공성 필름으로 덮어 온도 2℃, 상대습도 95%로 저장하는 것이 최적이라고 하였다.

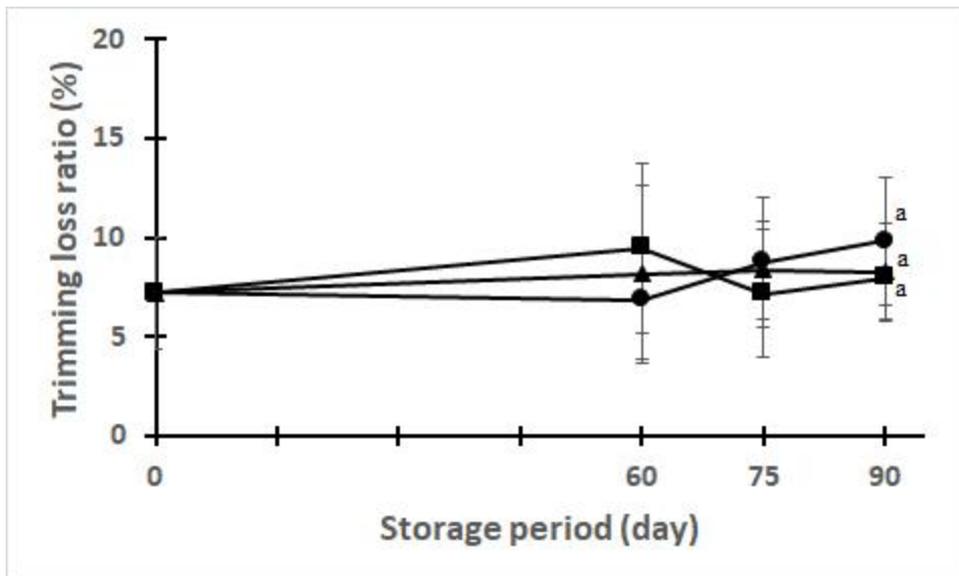


Fig. 5-7. Trimming loss of spring kimchi cabbage during total stack cooling storage
 ●—● non covered, ▲—▲ covered with 40 holes, ■—■ covered with 56 holes

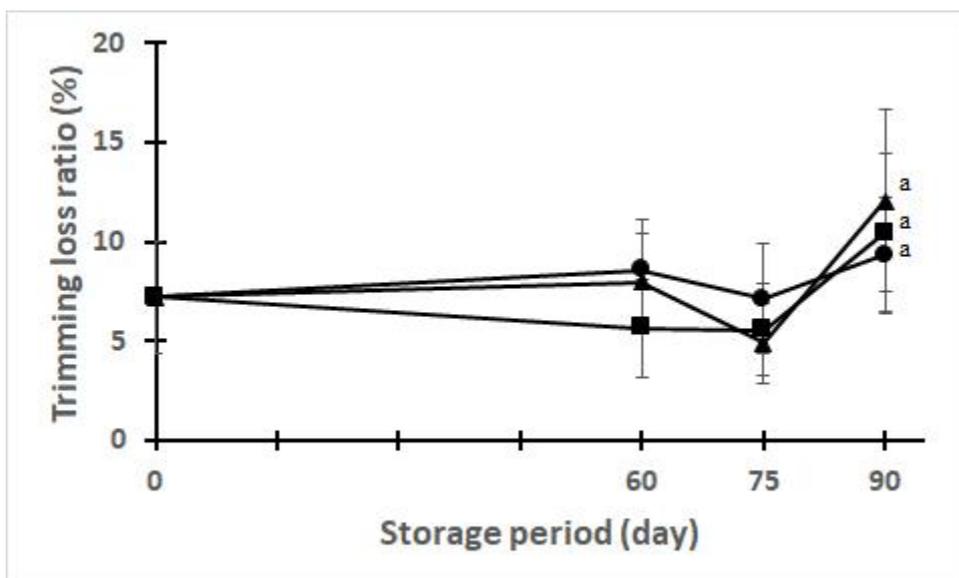


Fig. 5-8. Trimming loss of spring kimchi cabbage during partial stack cooling storage
 ●—● non covered, ▲—▲ covered with 40 holes, ■—■ covered with 56 holes

(5) 저장감모율 변화

봄배추의 저장 중 저장감모율은 중량감소율과 정선손실률로부터 구하였고, 이때 정선손실률은 총정선손실률과 총정선손실률에서 저장초기 정선손실률(7.20%)을 차감한 순정선손실률로 나눌 수 있다. 저장 초기 배추에서도 정선과정에서 7.20%의 손실이 일어났고, 저장 90일차에는 저장 중의 중량감소와 저장 후 정선손실이 모두 발생하여 저장감모율은 일시채움저장고에서는 12.48-21.61%였고, 분할채움저장고에서는 17.30-25.82%로서 모두 무포장구와 필름포장구간에 유의적 차이가 있었다 (Table 5-3). 그러나 저장 중에 손상으로 발생한 순수한 정선손실률 증가분(순정선손실률)은 일시채움저장고에서 0.65-2.66%였고 분할채움저장고에서 2.31-4.71%였다. 그러므로 저장으로 인한 순저장손실률은 일시채움저장고에서 5.62-15.35%로 계산되었고 이중 40공과 56공 필름으로 포장한 봄배추의 순저장손실률은 각각 5.62%와 6.42%로 유의하게 낮았다. 분할채움저장고의 순저장손실률도 40공과 56공 필름포장구에서 각각 10.54%와 10.85%로 무포장구의 19.92%보다 유의하게 낮았다.

Table 5-3. Total loss ratio of spring kimchi cabbage after 90 days storage

Treatment		Loss ratio(%)				
		weight	total trimming	total	net trimming	net
Partial stack	non coverd	18.02±1.55a ¹⁾	9.51±1.63a	25.82±1.78a	2.31±1.63a	19.92±1.86a
	covered with 40 holes	6.11±3.62b	11.91±3.34a	17.30±4.15b	4.71±3.34a	10.54±4.33b
	covered with 56 holes	8.08±6.79b	10.12±2.46a	17.47±5.22b	2.92±2.46a	10.85±5.68b
Total stack	non coverd	13.07±6.08a	9.86±2.39a	21.61±6.40a	2.66±2.39a	15.35±6.82a
	covered with 40 holes	4.73±3.42b	8.13±1.63a	12.48±3.28b	0.93±1.63a	5.62±3.50b
	covered with 56 holes	5.83±4.90b	7.85±1.50a	13.20±5.10b	0.65±1.50a	6.42±5.44b

All values are the mean ± SD

1) Value within a column with different superscript letters are significantly different (p < 0.05)

(6) 장해발생률 변화

봄배추 저장 중의 생리장해 현상을 조사한 결과 처리구에 관계없이 저장 90일차에 외엽 끝에 곰팡이가 약간 발생하였으나 외관이 모두 건전하였고, 깨씨무늬가 아주 조금 발생하였으며, 괴사반점은 일시채움저장고 무포장구에서만 겉잎에 조금 발생하였다. 내부의 부패현상과 단축경 무름병은 없었으며 증류갈변 현상이 일시채움저장고에서 저장기간에 따라 발생률이 높아져 90일차에는 80% 이상이 발생하였다 (Table 5-4). 그러나 증류갈변현상도 분할채움저장고에서는 75일차까지 발생하지 않았고 90일차에도 40공 필름포장구에서만 13.33% 발생하였을 뿐 무포장구와 56공 필름 포장구에서는 발생하지 않았다(Table 5-4, Fig. 5-9). 깨씨무늬증이 발생하지 않은 이유는 질소비료를 표준시비하였고(Hong et al., 2017), 저장 중 이산화탄소 농도가 4% 이하로 유지되었기 때문으로 판단된다(Jung, 2013).

Table 5-4. Mid-rib brown stain ratio of spring kimchi cabbage during cold storage

Treatment		Storage period (day)			
		0	60	75	90
Partial stack	non covered	0	0	0	0
	covered with 40 holes	0	0	0	13
	covered with 56 holes	0	0	0	0
Total stack	non covered	0	0	40	80
	covered with 40 holes	0	7	47	87
	covered with 56 holes	0	20	53	100



Fig. 5-9. Quality of partial stack cooling stored spring kimchi cabbage after 90 days storage

다. 북파주농협 실증저장 요약

봄배추를 실용규모의 저장고에서 90일간 신선하게 저장하였다. 봄배추 준광을 수확 1일 전에 노지에서 락스와 테브코나졸 혼합약제를 살포하여 소독하고 플라스틱 상자에 담에 팰릿에 적재한 다음, 40공 타공 비닐로 씌워 저장고에 일시에 채우고 1일 2℃씩 냉각하여 0.7℃에서 90일간 저장한 결과 중량감소율 4.73%, 총정선손실률 8.26%로서 저장감모율이 12.6%였다. 그리고 팰릿 포장한 배추를 7일간 5회 분할하여 저장고에 채우고 40공 타공 비닐로 씌워서 바로 2.7℃로 냉각하여 90일간 저장한 결과 중량감소율 6.11%, 순정선손실률 4.71%로서 저장감모율은 10.54%였다. 이때 저장한 봄배추는 생리장해가 발생하지 않았고 90일차에도 품질이 신선하였다. 포장하지 않은 봄배추는 중량감소율이 18.02%, 순정선손실률이 2.31%로 저장감모율이 19.92%였다. 신기술을 적용하면 봄배추의 저장수율이 47.2% 증가하였다.

라. 실증저장 시연과 현장평가

농협중앙회 경제사업부 담당자와 농기평 사업관리 담당자와 함께 연구진이 2020년 8월 31일에 북파주농협 저온저장고에 모여 저장 중인 봄배추의 저장 상태를 점검하고 현장에서 품질을 평가하였다.



그림 5-10. 봄배추 실증저장 현장평가(2020.8.31.)

3. 전국농협 실증저장

가. 전국농협 실증저장 개요

(1) 배추밭 선정과 약제살포

전국농협과 협의하여 배추밭을 선정(영월군 주천면 서강로, 3,000평)하고 수확 하루 전 2020년 6월 11일 14시에 약제를 살포하였다. 배추 장기저장 중 배추 표면에 생기는 곰팡이를 억제하고자 수확 전 포장에 약제를 처리하였다. 약제는 티포라탄(테프코나졸 20%, (주)한일사이언스) 100 mL와 락스(차아염소산 4% 이상, 유한약품) 50 mL을 물 50 L에 희석하여 배추밭에 고르게 살포하였다.



그림 5-11. 영월군 주천면 서강로 봄배추 포전 약제 살포

(2) 실증저장고 선정과 청소 소독

봄배추 실증저장고는 여주 소재 전국농협 임차 저온저장고를 선정하여 수확 1일

전에 청소하고 락스(레귤러, 유한양행) 0.01% 액 50 L를 저장고 벽과 바닥에 살포하고 밀폐하여 소독하였다.

(3) 배추의 수확과 운반

봄배추는 12일 새벽에 수확하여 5톤 트럭으로 14팠릿(588상자)를 싣고 08시에 여주 배추저장고(경기도 여주시 가남읍 삼군리) 앞마당으로 운반하여 지게차로 하차하였다.



그림 5-12. 여주시 가남읍 입차저장고 봄배추 입고 및 상자 무게 측정

(4) 상자무게 측정과 타공필름 포장

배추 팠릿 9개를 무포장 3개, 40공 필름포장 3개, 56공 필름포장 3개로 라벨을 부착하고 팠릿 당 7상자씩 무게를 측정하였다.

타공필름은 LDPE필름(두께 80 μ m)으로 배추상자를 7단으로 쌓은 팠릿을 덮을 수 있는 규격(1150 mm × 1150 mm × 2800 mm)으로 윗면이 평평하도록 제작하였다(개당 1,000원, (주)솔라인팩). 타공필름에 펀치도구로 직경 14 mm의 구멍을 천공하였다. 구멍의 수는 40공, 56공 이었으며 구멍의 위치는 윗면에 8개, 측면에 세로 방향 2줄로 면당 8공, 12공을 일정한 간격으로 천공하였다.

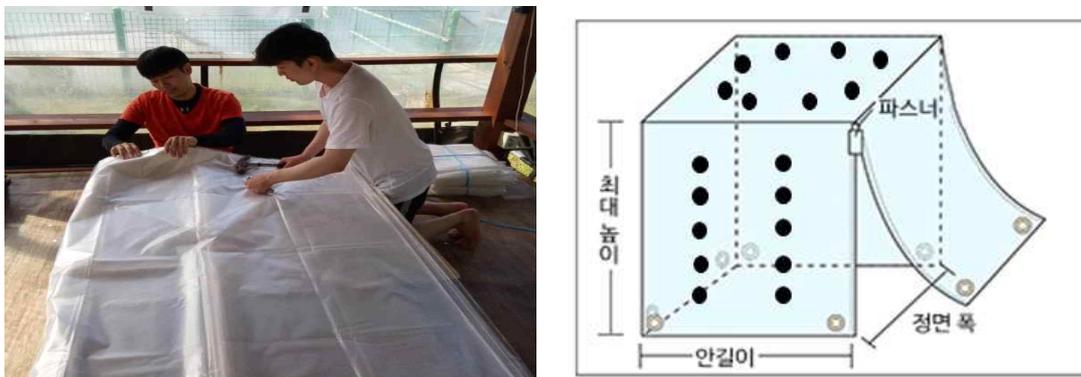


그림 5-13. 실증저장용 포장필름 설계 도면과 타공 작업

(5) 배추팠릿 적재와 냉장저장

무게를 측정한 배추 팠릿에 타공필름을 위에서 내려 씌우고 저온저장고에 입고하

여 2단으로 적재하였다. 적재는 출입문에서 접근이 편리하도록 출입구 쪽 한쪽 벽면에 1열로 쌓았다.

입고 1일 전에 저장고를 소독하고 12℃로 냉각한 다음 배추를 3일에 걸쳐 채운 다음 50평 저장고 온도를 1일 3℃씩 냉각하여 3℃로 저장하였다.



그림 5-14. 타공필름 팔렛 포장과 저장고 내 적재

(6) 온도기록계와 가스기록계 설치

저장고 내부의 온도는 조절하고 습도와 기체조성은 인위적으로 조절하지 않고 자연적인 변화를 온습도기록계(Saveris 2-H1, Testo)와 복합가스측정기(GasAlert Micro5, Honeywell)를 저장고 출입문 좌측 내벽에 설치하여 기록하였다.



그림 5-15. 저장고 내 전선 코드 설치와 온습도 기록계 및 가스기록계 설치

(7) 봄배추 시료수집과 품질측정

저장 0일차에 봄배추 10포기를 꺼내어 품질을 평가하였다. 중량감소율은 저장 전 무게와 저장 후 포장구별 무게를 상자단위로 7상자씩 측정하여 백분율로 표시하였고, 정선손실률은 정선 전 무게와 정선 후 무게를 상자 당 5포기씩 포기단위로 측정하여 백분율로 표시하였다. 저장감모율은 1-저장수율×순정선수율로 구하였다. 순정선수율은 저장 후 정선수율에서 저장 전(초기) 정선수율(75.7%)을 차감하여 저장

중에 발생한 정선수율의 변화만을 나타내었다. 저장배추의 장해발생은 진딧물, 건전성, 깨씨무늬 발생률, 괴사반점 발생률, 부패율, 무름병 발생률, 중륵갈변 발생률을 표준시험법에 따라 평가하였다.

나. 전곡농협 실증저장 결과

(1) 실증저장고 온습도 변화

저장고 내부의 온도와 상대습도를 조사하였다. 저장고 온도는 입고 하루 전 예비냉각을 하여 0일에 13.3℃였고 배추가 입고되면서 저장 1일에 20℃까지 상승하였다(그림 5-16). 저장 2일부터 단계적으로 낮아져 저장 8일차에 3℃로 낮아져 저장 말일까지 유지하였다.

상대습도는 초기 97.5%에서 저장 1일에 99.9%로 상승하였고 이후 소폭 감소하여 남은 저장기간 동안 98-99% 범위에서 저장 말일까지 유지되었다.

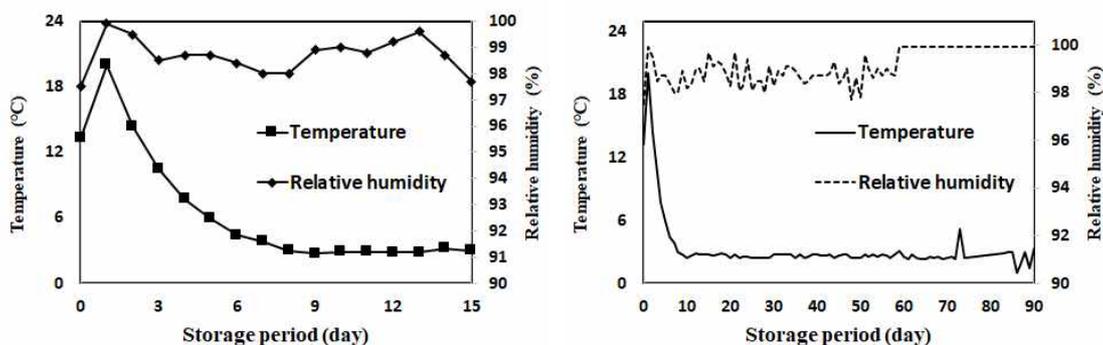


그림 5-16. 전곡농협 봄배추 여주저장고의 온습도 변화

(2) 실증저장고 가스농도 변화

저장고 내부의 산소와 이산화탄소 농도를 조사하였다(그림 5-17). 산소농도는 초기 20%에서 낮아져 저장 2일에 18.6%까지 감소하였다. 이후 산소농도는 점차 상승하여 저장 8일부터 19.7%를 저장 말일까지 유지하였다. 이산화탄소 농도는 초기 0.04%에서 저장 2일에 1.4% 수준까지 높아졌다가 저장 3일에 0.7%, 저장 4일에 0.35%, 저장 5일에 0.1% 수준으로 점차 감소하였고 저장 6일 이후부터 0.04% 수준을 저장 말일까지 유지하였다.

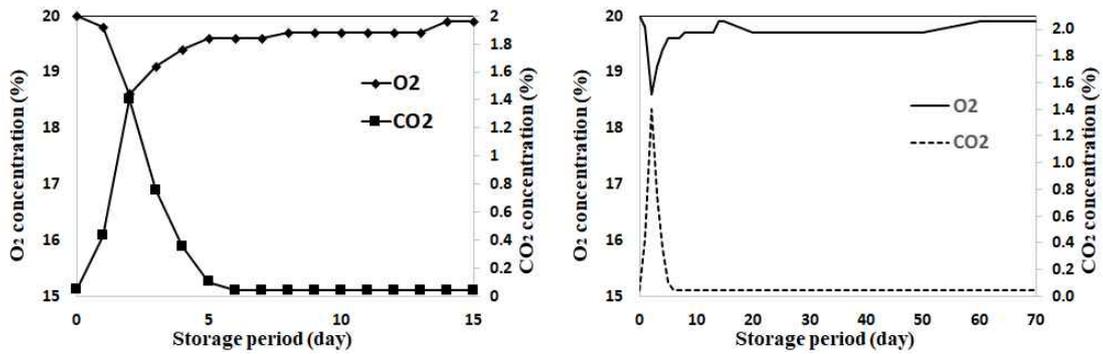


그림 5-17. 전국농협 봄배추 여주저장고의 가스농도 변화

(3) 중량감소율 변화

봄배추의 저장 중 중량감소율은 저장 60일에 무포장이 5.01%, 40공 포장 1.13%, 56공 포장 1.32%로 타공포장을 했을 때 효과가 좋았다(표 5-5). 저장 75일 및 90일에도 무포장구보다 타공포장구에서 중량감소율이 현저하게 작았으며 특히 저장 90일에 무포장구에서 중량감소율이 10.8% 발생한 반면 40공 포장구는 3.01% 중량손실에 그쳐 타공포장 효과가 뚜렷하였다.

표 5-5. 전국농협 실증저장 봄배추 중량감소율 변화(%)

저장일수(일)	0	60	75	90
무포장	0.00±0.00	5.01±2.36	8.31±2.65	10.8±3.30
40공 포장	0.00±0.00	1.13±1.69	4.28±2.51	3.01±4.32
56공 포장	0.00±0.00	1.32±1.59	4.53±3.55	3.83±2.99

(4) 정선손실률 변화

봄배추의 저장 중 정선손실률은 저장 초기에 24.3%였고 저장이 진행되며 변화하였다(표 5-6). 무포장구는 저장 60일 이후 평균 29.7%, 40공 포장구는 34.7%, 56공 포장구는 31.2%의 정선손실률을 보였다. 무포장구의 정선손실률이 가장 낮았는데, 무포장구의 경우 저장고 내부의 공기가 순환하며 배추 외엽의 수분을 빼앗아 겉잎이 마르게 된다. 따라서 타공포장구에 비해 중량감소율은 커지지만 건조한 외부 잎을 제거하게 되어 상대적으로 정선손실률이 작아지는 것으로 판단된다. 반대로 타공포장 처리구는 저장고 내부의 공기가 순환하며 배추의 수분을 빼앗아가는 현상을 줄이기 위해 최소한의 공기흐름을 유지하였으므로 중량감소율은 작아지는 효과를 확인하였으나 배추 겉잎에 수분이 많아 짓무름과 곰팡이가 발생하였고 정선손실률이 상대적으로 커진 것으로 판단된다. 타공포장의 효과는 40공 포장구에서 컸고 56공 포장구에서는 무포장구와 비슷하였다.

표 5-6. 전국농협 실증저장 봄배추 정선손실률 변화(%)

저장일수(일)	0	60	75	90
무포장	24.30±7.05	33.44±9.99	30.49±5.43	25.39±6.18
40공 포장	24.30±7.05	34.93±12.06	35.79±19.80	33.35±8.25
56공 포장	24.30±7.05	37.42±12.33	28.89±6.75	27.27±5.75



그림 5-18. 전국농협 봄배추 정선손실률 측정

(5) 저장감모율 변화

봄배추의 저장 중 저장감모율은 중량감소율과 정선손실률로부터 구하였고, 이때 정선손실률은 총정선손실률과 총정선손실률에서 저장초기 정선손실률(24.3%)을 차감한 순정선손실률로 나눌 수 있다. 저장초기 배추의 정선과정에서 24.3%의 손실이 발생하였고, 저장 90일에는 저장 중의 중량감소와 저장 후 정선손실이 모두 발생하여 저장감모율은 6.69-11.79%였다. 특히 56공 포장구에서 저장감모율이 6.69%로 매우 낮았다(표 5-7).

표 5-7. 전국농협 실증저장 봄배추 저장감모율 변화(%)

저장일수(일)	0	60	75	90
무포장	0	13.69	13.99	11.77
40공 포장	0	11.64	15.28	11.79
56공 포장	0	14.27	8.91	6.69

(6) 장해발생률 변화

봄배추의 저장 중 장해발생률은 저장 0일에 모든 처리구에서 건전성 100%, 부패성, 중륵갈변, 무름병은 0%로 배추의 품질이 매우 우수하였다(그림 5-19, 표 5-8). 깨씨무늬와 괴사반점이 약간 발생하였고 일부 배추에서 진딧물이 발견되었다.

저장 60일차 봄배추의 건전성은 무포장구와 56공 포장구에서 100%로 저장 상태가 우수하였으며 40공 포장구는 73.33%였다(그림 5-20, 표 5-9). 처리구별로 진딧물과 부패성은 차이가 없었으며 40공 포장구에서 중륵갈변이 71.11%, 무름병이 16.67%로 관측되었다. 56공 포장구는 중륵갈변이 41.67%, 무름병이 8.33%로 40공 포장구보다 타공포장 효과가 좋았으나 괴사반점이 50%, 깨씨무늬 발생정도는 4.67로 40공 포장구보다 높게 측정되었다.

저장 75일차 부패한 봄배추는 없었고(0%), 모든 처리구에서 진딧물, 건전성, 깨씨무늬, 괴사반점 발생정도는 비슷하였다(그림 5-21, 표 5-10). 56공 포장구에서 중륵갈변이 17.78%, 무름병이 0%로 무포장구(각각 35.56%, 11.11%)와 40공 포장구(각각 88.89%, 11.11%)에 비교하여 장해발생률이 낮았다.

저장 90일차 무포장구의 봄배추는 진딧물, 건전성, 부패성, 무름병 장해가 없었으나 깨씨무늬가 3.80점, 괴사반점이 78.36%로 높게 측정되었다(그림 5-22, 표 5-11). 40공 포장구에서 진딧물이 조금 발생하여 건전성이 다소 낮아졌으나 깨씨무늬나 괴사반점 등 부분에서 무포장구와 비슷하였다. 56공 포장구에서 진딧물과 건전성은 40공 포장구와 비슷하였고 깨씨무늬는 4.13점으로 처리구 중 가장 높았으나 괴사반점이 가장 적게 나타났다(61.67%). 모든 저장구에서 중륵갈변이 발생하였다.

표 5-8. 저장 0일차 전곡농협 봄배추의 장해발생률(%)

구분	진딧물	건전성	깨씨무늬	괴사반점	부패성	중륵갈변	무름병
무포장	86.67±11.55	100±0.00	1.80±0.80	6.67±11.55	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
40공 포장	86.67±11.55	100±0.00	1.80±0.80	6.67±11.55	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
56공 포장	86.67±11.55	100±0.00	1.80±0.80	6.67±11.55	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00



그림 5-19. 전곡농협 실증저장 0일차 봄배추 장해발생

표 5-9. 저장 60일차 전곡농협 봄배추의 장해발생률(%)

구분	진딧물	건전성	깨씨무늬	괴사반점	부패성	중록갈변	무름병 111111
무포장	78.33±2.89	100±0.00	2.47±1.29	8.33±14.43	0.00±0.00	35.00±21.79	0.00±0.00
40공 포장	80.00±20.00	73.33±23.09	3.13±0.71	17.78±16.78	0.00±0.00	71.11±7.70	16.67±28.87
56공 포장	76.67±25.17	100±0.00	4.67±0.58	50.00±43.30	0.00±0.00	41.67±52.04	8.33±14.43



그림 5-20. 전곡농협 실증저장 60일차 봄배추 장해발생

표 5-10. 저장 75일차 전곡농협 봄배추의 장해발생률(%)

구분	진딧물	건전성	깨씨무늬	괴사반점	부패성	중록갈변	무름병
무포장	93.33±11.55	91.67±14.43	3.76±1.20	48.89±42.86	0.00±0.00	35.56±26.94	11.11±19.25
40공 포장	83.33±14.43	91.67±14.43	3.33±2.08	25.00±25.00	0.00±0.00	88.89±19.25	11.11±19.25
56공 포장	73.33±11.55	80.00±20.00	3.96±0.27	35.56±33.55	0.00±0.00	17.78±16.78	0.00±0.00



그림 5-21. 전곡농협 실증저장 75일차 봄배추 장해발생

표 5-11. 저장 90일차 전곡농협 봄배추의 장해발생률(%)

구분	진딧물	건진성	깨씨무늬	괴사반점	부패성	중륵갈변	무름병
무포장	100.00±0.00	100.00±0.00	3.80±0.35	78.36±20.21	0.00±0.00	100±0.00	0.00±0.00
40공 포장	86.67±11.55	93.33±11.55	3.73±0.64	70.00±8.66	0.00±0.00	100±0.00	0.00±0.00
56공 포장	83.33±28.87	100.00±0.00	4.13±0.81	61.67±12.58	0.00±0.00	100±0.00	8.33±14.43



그림 5-22. 전곡농협 실증저장 90일차 봄배추 장해발생

다. 전곡농협 실증저장 요약

여주에 위치한 전곡농협 임차 저온저장고에서 봄배추 실증저장을 수행하였다. 저장성을 향상시키기 위해 수확 전 배추밭에 약제를 살포하고 배추팻릿 단위로 타공 필름(40공, 56공)을 포장하였다. 1일 3℃씩 냉각하여 3℃에서 90일간 저장한 결과 중량감소율 3.01%, 총정선손실률 9.05%로서 저장감모율이 6.69%였다. 장해발생은 진딧물이 다수 관측되었고 이는 포전에서 방제시기를 놓쳤기 때문이다. 저장 90일에 깨씨무늬, 괴사반점, 중륵갈변이 모든 저장구에서 발생하였다.

4. 하늘마음 실증저장

봄배추를 지하저장고에서 실증 저장하였고, 봄배추를 질소시비 방법을 달리하여 재배하고 이의 장기저장 품질특성과 깨씨무늬증 발생을 억제할 수 있는 질소시비 방법을 연구하였다.

가. 하늘마음 실증저장 개요

(1) 배추밭 선정과 약제살포

봄배추(대통, Nongwoo Bio, Korea)를 수확 전일인 6월 8일 18시에 약제를 티포라탄(테프코나졸 20%, ㈜한일사이언스) 100 mL와 락스(차아염소산 4% 이상, 유한약품) 50 mL을 물 50 L에 희석하여 충청북도 보은 배추밭에 300평당 50L씩 살포하였다.



그림 5-23. 충북 보은군 회인면 배추밭

(2) 실증저장고 선정과 청소 소독

봄배추 저온저장고는 보은 회인면 부수리 50평 지하저장고에 봄배추를 100톤 실증저장하였다. 저장고는 2010년 6월 7일에 청소하고 락스(레굴러, 유한양행) 0.01% 액 50ℓ를 저장고 벽과 바닥에 살포하고 밀폐하여 소독하였다. 그리고 저장고를 미리 15℃로 냉각하였다.

(3) 배추의 수확과 운반

봄배추는 2020년 6월 10일 새벽에 수확하였으며 플라스틱 상자(520×370×320 mm)에 4-5포기씩 담아 120상자를 5톤 트럭에 싣고 아침 10시에 봄배추를 50평 지하저장고에 실증 저장하였다.



그림 5-24. 충북 보은군 회인면 봄배추 수확 및 저온저장고 입고

(4) 상자무게 측정과 타공필름 포장

부수리 50평 지하저장고에 봄배추를 100여 톤을 배추상자는 팔레트에 6개씩 7단으로 쌓고 무포장구 3펠릿, 14mm 직경으로 40공 포장구 3펠릿, 56공 포장구 3펠릿, 대구경 포장구(직경 200mm의 구멍을 포장필름 측면에 1개씩 뚫음) 3펠릿을 시험용으로 함께 저장하였다.

(5) 배추팻릿 적재와 냉장저장

저장고 온도를 15℃로 냉각한 상태에서 적재하고 냉해를 방지하기 위해 1일 2℃씩 저장고를 냉각하여 최종 2℃로 90일간 저장하였다.

(6) 온도기록계와 가스기록계 설치

질소시비구별 봄배추의 장기저장 특성을 연구하기 위해 저장고 바닥에 실시간 온도기록계(Saveris 2-H1, Testo, Lenzkirch, Germany)와 복합가스측정기(GasAlert Micro5, Honeywell, Charlotte, North Carolina, USA)를 설치하여 저장기간 동안 저장고의 온도와 습도, 그리고 산소와 이산화탄소 농도 변화를 측정하였다.

(7) 저장손실률 측정

저장 0일차에 봄배추 10포기씩을 꺼내어 초기무게와 품질을 평가하였다. 중량감소율은 질소시비구별 저장 전 무게와 저장 후 무게를 상자단위로 7상자씩 측정하여 백분율로 표시하였고, 정선손실률은 정선 전 무게와 정선 후 무게를 상자 당 5포기씩 포기단위로 측정하여 백분율로 표시하였다. 저장감모율은 중량감소율과 정선손실률을 고려하여 다음식으로 계산하였다.

$$\text{중량감소율(\%)} = \frac{\text{저장 전 중량} - \text{저장 후 중량}}{\text{초기 중량}} \times 100$$

$$\text{정선손실률(\%)} = \frac{\text{정선 전 중량} - \text{정선 후 중량}}{\text{정선 전 중량}} \times 100$$

$$\text{총 저장손실률(\%)} = \left\{ 1 - \left(1 - \frac{\text{중량감소율}}{100} \right) \times \left(1 - \frac{\text{정선손실률}}{100} \right) \right\} \times 100$$

$$\text{저장감모율(\%)} = \left\{ 1 - \left(1 - \frac{\text{중량감소율}}{100} \right) \times \left(1 - \frac{\text{정선손실률} - \text{초기 정선손실률}}{100} \right) \right\} \times 100$$

(8) 장해발생률 측정

저장배추의 장해발생률은 건전성, 깨씨무늬 발생률, 괴사반점 발생률, 부패율, 무름병 발생률, 증류갈변 발생률을 표준시험법에 따라 평가하였다.

깨씨무늬는 정선 후 배추 외엽을 5잎 떼어 5점 척도로 깨씨무늬 발생정도를 측정하였다(1점: 없음, 2점: 다소 있음, 3점: 보통, 4점: 많음, 5점: 매우 많음). 곰팡이 발생률은 상자 내 배추포기 수 대비 곰팡이가 발생한 배추포기 수를 백분율로 나타내

었다. 괴사반점은 정선 후 내엽의 괴사반점 여부를, 중륵갈변은 중륵부분의 갈변 여부를, 무름병은 배추 뿌리 부분의 무름병 발생을 가부로 판단하여 백분율로 계산하였다. 외부품질은 정선 후 배추 표면을 육안으로 관찰 후 김치원료로 사용가능을 가부로 판단하여 백분율로 계산하였다.

나. 하늘마음 실증저장 결과

봄배추 실증 지하저장고에서 저장 60일차, 75일차, 90일차 봄배추의 저장손실률을 중량감소율, 정선손실률 및 저장감모율로 표에 나타내었다.

(1) 중량감소율 변화

실증 지하저장고 봄배추의 중량감소율은 저장기간에 따라 증가하였다(표 5-12). 중량감소율은 무포장구에서 가장 높아서 저장 90일차에 23.22%였고, 대구경 포장구에서도 12.87%로 높았으며, 56공 포장구에서 5.80%로 가장 낮았다.

표 5-12. 실증 지하저장고에서의 봄배추 중량감소율 변화

저장기간(일)	0	60	75	90
무포장	0.00±0.00	8.45±1.70	10.00±3.71	23.22±3.00
40공 포장	0.00±0.00	2.01±1.72	3.77±0.99	8.55±6.48
56공 포장	0.00±0.00	3.22±4.69	3.68±1.32	5.80±2.20
대구경 포장	0.00±0.00	4.65±0.91	3.98±0.70	12.87±4.14

(2) 정선손실률 변화

실증 지하저장고 봄배추의 정선손실률은 초기 20.96%에서 저장기간에 따라 증가하기도 하고 감소하기도 하였다(표 5-13). 정선손실률은 60일차에는 56공 29.79%로 높았으나 90일차에는 무포장구에서 32.36%로 가장 높았으며, 40공 포장구와 대구경 포장구에서 각각 18.88%와 19.06%로 낮았다. 정선손실률이 초기보다 낮아진 것은 겉잎이 마르고 마른 겉잎을 제거하면 생 겉잎보다 손실이 적게 일어나기 때문이다. 초기보다 높은 것은 저장 중 부패가 일부 발생하였기 때문이다

표 5-13. 실증 지하저장고에서의 봄배추 정선손실률 변화

저장기간(일)	0	60	75	90
무포장	20.96±7.27	19.53±11.11	24.98±9.30	32.36±29.05
40공 포장	20.96±7.27	21.71±1.60	15.97±5.01	18.88±2.34
56공 포장	20.96±7.27	29.79±10.59	22.43±4.06	24.91±5.84
대구경 포장	20.96±7.27	15.67±5.41	16.15±2.61	19.06±7.56

(3) 저장감모율 변화

지하저장고 실증저장 봄배추의 저장손실률은 저장기간에 따라 증가하였다(표 5-14). 저장 90일차의 저장손실률은 40공 포장구에서 25.82%로 가장 낮았고, 저장감모율은 4.86-27.11%로서 무포장구에서 27.11%(48.07-20.96)로 가장 높았고, 40공 포장구에서 4.86%(25.82-20.96)로 가장 낮았다. 무포장구는 중량감소가 컸고 또 정선손실률도 높아져 저장감모율이 컸고, 40공 포장구는 중량감소율은 56공 포장구보다 높았으나 정선손실률이 낮아서 저장감모율이 낮았다.

표 5-14. 실증 지하저장고에서의 봄배추 저장손실률과 저장감모율 변화

저장기간(일)	저장손실률(%)				저장감모율(%)
	0	60	75	90	90
무포장	20.96	26.33	32.48	48.07	27.11
40공 포장	20.96	23.29	19.14	25.82	4.86
56공 포장	20.96	32.05	25.28	29.26	8.30
대구경 포장	20.96	19.59	19.49	29.48	8.52

(4) 장해발생률 변화

봄배추 실증 지하저장고에서 저장 75일차와 90일차 봄배추의 장해발생률을 건전성, 깨씨무늬증, 괴사반점, 부패성, 중륵갈변, 무름병으로 조사하여 표 5-15, 5-16에 나타내었다.

(가) 건전성

지하저장고 실증 저장 봄배추는 저장 90일차까지 건전성이 우수하여 김치원료로 사용이 가능하였다.

(나) 깨씨무늬증

깨씨무늬증은 모든 처리구에서 저장 90일차까지 소량 발생하였고 40공 포장구에서 더 많이 발생하였다.

(다) 괴사반점

괴사반점은 저장 75일차 무포장구에서만 발생하였다.

(라) 부패성

내부 고갱이부분의 부패는 무포장구와 56공 포장구에서 저장 75일차와 90일차에 발생하였다.

(마) 중륵갈변

중륵갈변은 저장 75일차에는 모든 처리구에서 발생하였으나 저장 90일차에는 무포장구와 56공 포장구에서만 발생하였다.

(바) 무름병

뿌리부분의 무름병은 발생하지 않았다.

표 5-15. 실증 지하저장고에서 저장 75일차 봄배추의 장해발생율

장해발생	건진성	깨씨무늬	괴사반점	부패성	중륵갈변	무름병
무포장	100±0.00	1.00	44.44±50.92	33.33±3.33	33.33±0.00	0.00±0.00
40공 포장	100±0.00	1.00	0.00±0.00	0.00±0.00	22.22±19.25	0.00±0.00
56공 포장	100±0.00	1.00	0.00±0.00	11.11±19.25	33.33±0.00	0.00±0.00

표 5-16. 실증 지하저장고에서 저장 90일차 봄배추의 장해발생율

장해발생	건진성	깨씨무늬	괴사반점	부패성	중륵갈변	무름병
무포장	100±0.00	1.00	0.00±0.00	22.22±38.49	55.56±19.25	0.00±0.00
40공 포장	100±0.00	2.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
56공 포장	100±0.00	1.00	0.00±0.00	11.11±19.25	44.44±38.49	0.00±0.00
대구경 포장	100±0.00	1.11	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00

다. 질소시비 봄배추 장기저장 개요

(1) 봄배추 질소시비 재배와 약제살포

봄배추는 충청북도 보은 회인 용촌리 600평 밭에서 대통배추(Nongwoo Bio, Korea)를 질소시비를 달리하여 재배하였다. 배추는 2020년 3월에 정식하였으며 기비량은 유박(Organic yard gold, Taerim, Korea) 80 kg/10a, 질산태 비료(DO-PRO, Yara, Norway) 20 kg/10a 를 포함해 관행재배법에 따라 처리하였다. 추비는 1차로 질산태 비료와 암모니아태 비료(Chobi21complex, Chobi, Korea)를 구분하여 2020년 4월에 30 kg/10a을 기준으로 암모니아태 1배(A1), 질산태 1배(N1) 비료와 기존 시비량의 2배로 암모니아태 2배(A2), 질산태 2배(N2) 비료를 배추 밭고랑에 각각 살포하였다(Table 5-17). 그리고 2차 추비는 2020년 5월에 처리구 구분없이 NK비료(EutteumNK804, Chobi, Korea)를 60 kg/10a 수준으로 살포하였다.

Table 5-17. Additional nitrogen fertilization of spring kimchi cabbage

Treatment	Fertilization	Amount of nitrogen fertilization (kg/10a)		
		N	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺
A1	Ammonium nitrogen ×1	-	-	6.30
A2	Ammonium nitrogen ×2	-	-	12.60
N1	Nitrate nitrogen ×1	3.81	2.06	1.75
N2	Nitrate nitrogen ×2	7.62	4.13	3.49

(2) 질소시비 배추 저장고 소독

봄배추 저온저장고는 보은 회남면 조곡리 지하저장고 10평에 질소시비를 달리한 배추의 저장연구를 하였고, 저장고는 2020년 6월 7일에 청소하고 락스(레귤러, 유한양행) 0.01% 액 50ℓ를 저장고 벽과 바닥에 살포하고 밀폐하여 소독하였다. 그리고

저장고를 미리 15℃로 냉각하였다.

(3) 배추의 수확과 운반

봄배추는 2020년 6월 9일 새벽에 수확하였으며 질소시비 처리구별로 구분하여 플라스틱 상자(520×370×320 mm)에 4-5포기씩 담아 120상자를 1.5톤 트럭에 싣고 아침 8시에 조곡리 10평 지하저장고로 운반하여 하역하였다.

(4) 상자무게 측정과 타공필름 포장

배추상자는 팔레트에 6개씩 5단으로 쌓고 14mm 직경으로 48개를 타공한 LDPE 필름으로 씌워 10평 저온저장고에서 90일간 저장하였다. 이때 질소시비 처리구별로 5상자씩 표지를 붙이고 무게를 측정하여 중량감소율을 측정하였다.

(5) 배추팠릿 적재와 냉각저장

저장고 온도를 15℃로 냉각한 상태에서 저장고 냉각기 아래 바닥에 시비구별 4팠릿의 배추를 배치하고, 냉해를 방지하기 위해 1일 2℃씩 저장고를 냉각하여 최종 2℃로 90일간 저장하였다.



그림 5-25. 질소시비 봄배추의 타공필름 팠릿 포장과 저장고 내 적재

(6) 온도기록계와 가스기록계 설치

질소시비구별 봄배추의 장기저장 특성을 연구하기 위해 저장고 바닥에 실시간 온도습도기록계(Saveris 2-H1, Testo, Lenzkirch, Germany)와 복합가스측정기(GasAlert Micro5, Honeywell, Charlotte, North Carolina, USA)를 설치하여 저장기간 동안 저장고의 온도와 습도, 그리고 산소와 이산화탄소 농도 변화를 측정하였다.

(7) 저장손실률 측정

저장 0일차에 질소시비구별 봄배추 10포기씩을 꺼내어 초기무게와 품질을 평가하였다. 중량감소율은 질소시비구별 저장 전 무게와 저장 후 무게를 상자단위로 5상자씩 측정하여 백분율로 표시하였고, 정선손실률은 정선 전 무게와 정선 후 무게를

상자 당 5포기씩 포기단위로 측정하여 백분율로 표시하였다. 총 저장손실률은 중량 감소율과 정선손실률을 고려하여 실증저장과 같은 식으로 계산하였다.

(8) 장해발생률 측정

저장배추의 장해발생률은 건전성, 깨씨무늬 발생률, 괴사반점 발생률, 부패율, 무름병 발생률, 중륵갈변 발생률을 표준시험법에 따라 평가하였다.

깨씨무늬는 정선 후 배추 외엽을 5잎 떼어 5점 척도로 깨씨무늬 발생정도를 측정하였다(1점: 없음, 2점: 다소 있음, 3점: 보통, 4점: 많음, 5점: 매우 많음). 곰팡이 발생률은 상자 내 배추포기 수 대비 곰팡이가 발생한 배추포기 수를 백분율로 나타내었다. 괴사반점은 정선 후 내엽의 괴사반점 여부를, 중륵갈변은 중륵부분의 갈변 여부를, 무름병은 배추 뿌리 부분의 무름병 발생을 가부로 판단하여 백분율로 계산하였다. 외부품질은 정선 후 배추 표면을 육안으로 관찰 후 김치원료로 사용가능성을 가부로 판단하여 백분율로 계산하였다.

(9) 이화학특성 분석

이화학특성 분석은 배추의 1/8쪽을 취하여 블렌더(Hand Blender HHM-630, Hanil co., Koryong, Korea)로 마쇄하여 멸균거즈(Sterile gauze No. 3, Soosung, Yangsan, Korea)로 여과한 시료액을 pH, 가용성 고형분 함량, 유리당 분석에 사용하였다. pH는 자동적정장치(Titroline easy, Schott Instruments, Mainz, Germany)를 사용하여 측정하였고, 가용성 고형분 함량은 굴절당도계(PR-1, Atago, Saitama, Japan)로 측정하여 Brix(%)로 표시하였다. 유리당은 시료액 10 μ l를 Dionex Ultimate 3000 HPLC-system(Dionex Corp., Sunnyvale, CA, USA)에 주입하여 Sugar-pak column(300 x 6.5 mm, Waters, Milford, MA, USA)과 Shodex RI-101 Detector(Showa Denko America Inc., New York, USA)를 이용해 분석하였다.

(10) 대사체 분석

배추 대사체는 GC-MS(gas chromatography-mass spectrometry)를 사용하여 분석하였다. 시료는 동결건조 후 O-methoxyamine hydrochloride in pyridine 용액(20 mg/mL)에 담가 30°C에서 90 분간 어두운 곳에 방치한 뒤에 1% trimethylchlorosilane이 함유된 N-methyl-N-trimethylsilyl-trifluoroacetamide 30 μ l를 첨가하여 실릴화시켰다. 표준용액으로 10 μ l ribitol(0.5 mg/L)을 첨가하여 13,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상등액을 분석에 사용하였다. GC-MS 분석조건은 Kim et al.(2020) 방법과 같고, Shimadzu GC 표준품(Shimadzu, Kyoto, Japan)을 사용하여 분자량을 확인하고 정성분석하였다. 분석결과는 MetaboAnalyst(GNU software, USA)와 SIMCA-P 15.0(Umetrics, Umea, Sweden)을 사용하여 분석하였고, 교차 검증은 200 회 반복된 순열테스트를 실행하였으며, VIP(Variable Important in Projection) > 1.0 및 p < 0.05 인 성분을 대사체 그룹을 구분할 수 있는 성분으로 간주하였다.

실험은 3회 반복하였으며 유의성 검증을 위해 각 항목의 측정값은 ANOVA 분석을 실시한 후 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다. 모든 통계분석은 미니탭(Minitab19 statistical software, Pennsylvania, USA) 통계프로그램을 이용하여 처리하였다.

라. 질소시비 봄배추 장기저장 결과

(1) 저장고 온습도 변화

저장고는 미리 15°C로 냉각한 다음 배추 시료를 입고하고 냉해 방지를 위해 2°C/day의 속도로 냉각하였다(Fig. 5-26). 배추가 입고되어 1일차 저장고 온도는 17°C에서 시작되어 저장 7일차에 6.9°C까지 냉각되었다. 배추 호흡열로 인해 3일간 8°C 부근에서 지체되었으나 13일차에는 냉각 목표온도인 2°C에 도달하였다.

상대습도는 1일차 81%에서 시작하여 8일차에 냉각기 작동에 따른 제습으로 64%까지 낮아졌고 이후 70-80% 수준을 유지하였다.

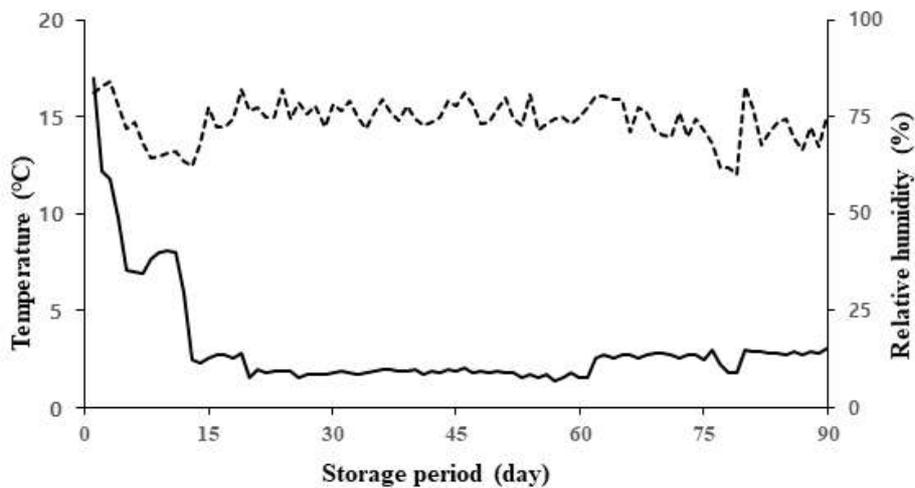


Fig. 5-26. Changes of temperature and relative humidity during cold storage (—: temperature, ---: relative humidity)

(2) 저장고 가스농도 변화

저장고 내부의 O₂ 농도는 초기 19.9%에서 배추 입고 후 19.8%로 약간 낮아졌다가 이후 19.9% 수준으로 90일차까지 유지하였고, CO₂ 농도는 초기 0.04%에서 배추 입고 후 호흡으로 인해 점차 증가하여 0.09% 수준까지 증가하였다가 이후 0.04%로 90일차까지 유지되었다(Fig. 5-27).

실증저장고의 산소농도는 초기 20.7%에서 봄배추를 채우고 밀폐하면 빠르게 낮아져 저장 3일차에 16.0로 낮아졌다가 7일차까지 빠르게 증가하여 18.0%에 도달하였고, 그 후 느리게 증가하여 20%에 접근하였다. 이산화탄소농도는 초기 0.04%에서 저장 3일차에 3.8%로 급격하게 높아졌고, 저장 10일차에 1.0%까지 일정한 속도로

감소하였다.

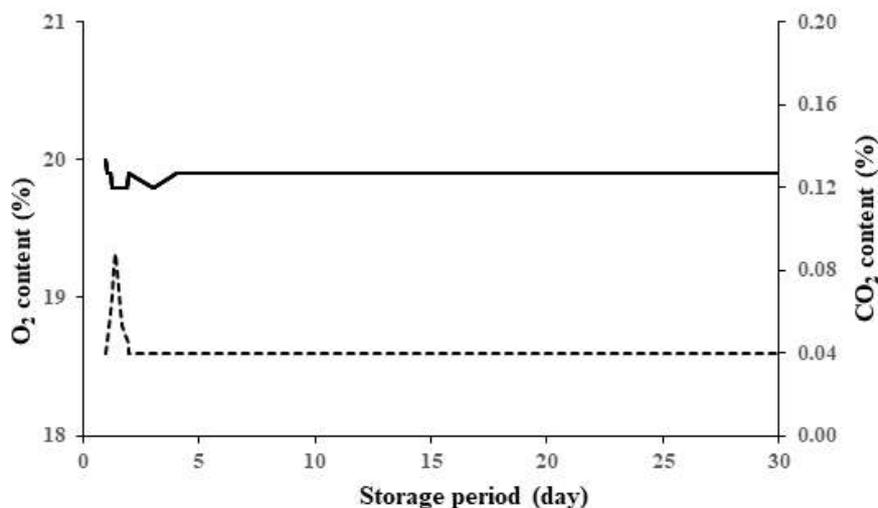


Fig. 5-27. Changes of O₂ and CO₂ content during cold storage
(—: O₂ content, ---: CO₂ content)

(3) 질소시비에 따른 배추무게의 변화

질소시비를 달리한 봄배추의 무게를 수확하여 다듬지 않은 상태로 측정한 결과 질소비료 2배 시비구가 기준 시비구보다 무거운 경향이였다(Fig. 5-28). N2는 평균 3,802 g으로 N1의 3,217 g에 비해 18% 증가하였고 A1과 A2는 모두 3,275 g과 3,280 g으로 비슷하였다. 추비를 모두 암모니아태 비료로 살포한 A는 시비량에 따라 구중의 차이가 없었으며, 질산태와 암모니아태 비료를 번갈아 살포한 N은 시비량에 따라 구중 차이가 있었다. Hong et al.(2017)은 질소비료를 2배 살포했을 때 봄배추의 무게가 7.0-12.9% 증가하였다고 보고하였다. 토양 중 질산태 질소와 암모니아태 질소 모두 일반적으로 식물에서 사용가능한 질소형태이고 영양원으로 흡수된 질소는 아미노산이나 단백질 등으로 동화된다. Kim et al.(2009)은 질소성분들의 조절여부가 속효성과 완효성 질소비료의 시비를 결정하게 되는 요인으로 보고하였는데, 본 연구에서는 질산태 질소비료가 암모니아태 질소비료 시비구보다 배추 성장에 더 효과적인 질소비료로 판단된다.

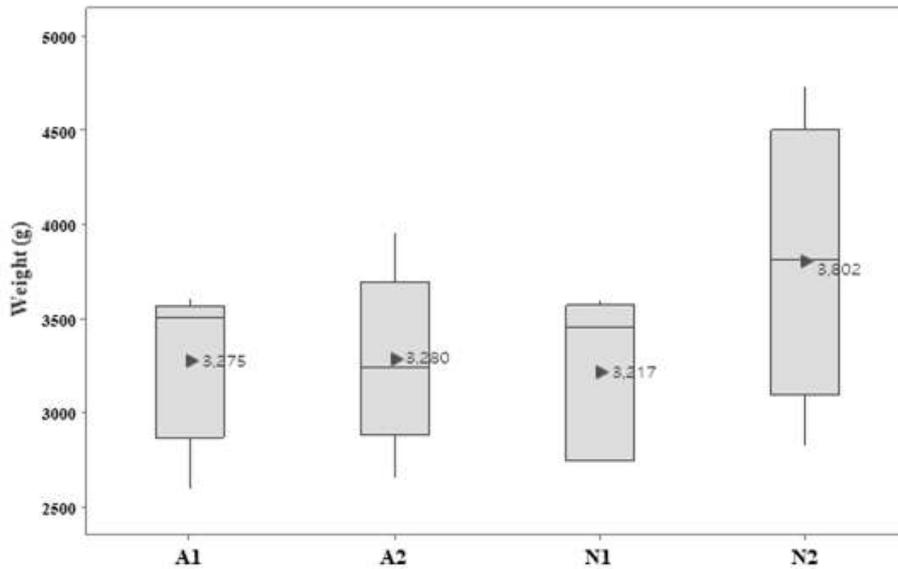


Fig. 5-28. Weight changes of spring kimchi cabbage with nitrogen fertilization (▶ mean weight)

(4) 저장손실률 변화

질소시비에 따른 봄배추의 저장손실률 저장 60일차, 75일차, 90일차 봄배추의 저장손실률을 중량감소율, 정선손실률 및 저장감모율로 표에 나타내었다.

(가) 중량감소율 변화

질소시비에 따른 봄배추의 중량은 저장기간에 따라 증가하였다(표 5-18). 중량감소율은 A1과 N1이 모두 10.6% 수준이고 비료종류에 따른 차이는 없었으며 시비량을 두 배로 처리한 배추의 중량감소율은 A2와 N2가 각각 7.1%와 9.3%로 기준시비량보다 낮았다. 2배 시비구 배추는 기준시비구 배추보다 저장 전 구중이 무거웠지만 저온저장 중 수분손실은 모두 배추의 겉잎에서만 한정적으로 일어나기 때문에 중량감소비율이 낮았을 것으로 판단된다.

표 5-18. 질소시비에 따른 봄배추의 저장 중 중량감소율 변화

저장기간(일)	0	60	75	90
A1	0.00±0.00	5.27±2.25	6.87±2.94	10.52±4.38
A2	0.00±0.00	7.84±3.84	5.63±1.11	7.11±3.20
N1	0.00±0.00	5.80±1.22	5.46±0.92	10.41±7.82
N2	0.00±0.00	4.56±1.12	5.83±1.88	9.27±2.24

(나) 정선손실률 변화

질소시비에 따른 봄배추의 정선손실률은 저장 60일차에 높았고, 저장 75일차와 저

장 90일차는 비슷하였다(표 5-19). 저장 90일차의 정선손실률은 비료종류와 시비량에 따라 모두 차이가 발생하였다. N1이 19.2%로 A1 21.2% 대비 10% 정선손실률이 낮았고, N2는 11.8%로 N1 대비 39% 낮았다. 이는 봄배추 저장기간을 연장하기 위해 플라즈마, 광촉매, 나노가습, 예냉, 예진, HDPE 필름 등을 복합처리하고 0.5℃에서 저온 저장한 6주차 봄배추의 정선손실률은 19.6%였고 저장 12주차에 39.7%로 손실률이 크게 증가하였다는 Bang et al.(2017)과 Cho et al.(2017)의 연구보다 우수한 결과이다. 하지만 이는 재배방법과 저장고 입고 시 배추 상태의 차이가 있을 수 있어 본 질소시비 연구와 다른 연구 간의 직접적인 수치를 비교하는 데는 한계가 있다. 배추 구중이 커진 것과 함께 곁잎은 저장 중에 일정한 비가식 부분만 정선되므로 정선손실률도 배추 구중이 무거워서 낮아진 것이라고 보여진다.

표 5-19. 질소시비에 따른 봄배추의 저장 중 정선손실률 변화

저장기간(일)	0	60	75	90
A1	17.88±3.08	23.19±3.85	20.61±5.70	21.15±8.29
A2	17.88±3.08	23.55±7.89	21.31±4.15	16.35±6.74
N1	17.88±3.08	25.23±8.15	18.07±6.16	19.24±6.12
N2	17.88±3.08	19.746±4.10	18.51±3.94	11.79±3.24

(다) 저장감모율 변화

질소시비에 따른 봄배추의 저장감모율은 저장 60일차에 높았고 75일차와 90일차에는 증가하기도 하고 감소하기도 하였다(표 5-20). 암모니아태 기준시비구는 90일차 저장감모율이 11.48%(29.36-17.88)로 높았고 질산태 2배 시비구는 0.18%(18.06-17.88)로 가장 낮았다.

표 5-20. 질소시비에 따른 봄배추의 저장 중 저장감모율 변화

저장기간(일)	0	60	75	90	
A1	17.88	27.65	24.95	29.36	11.48
A2	17.88	27.04	25.90	24.10	6.22
N1	17.88	29.17	23.70	27.74	9.86
N2	17.88	25.76	23.10	18.06	0.18

(5) 장해발생률 변화

질소시비를 달리한 봄배추의 저장 60일차, 75일차, 90일차 장해발생률을 건전성, 깨씨무늬증, 괴사반점, 부패성, 중륵갈변, 무름병으로 조사하여 표 5-21, 5-22, 5-23에 나타내었다.

(가) 건전성

질소시비를 달리한 봄배추의 저장 중 건전성은 60일차에는 암모니아 기준시비구

(A1)에서만 1포기 겉잎 부패가 있었고, 75일차에는 암모니아태 2배 시비구(A2)와 질산태 기준시비구(N1)에서도 발생하였으며, 90일차에는 질산태 2배 시비구(N2)에서도 발생하였다.

(나) 깨씨무늬증

질소시비를 달리한 봄배추의 저장 중 깨씨무늬증은 저장 60일차부터 저장 90일차까지 모든 시비구에서 다소 발생하였는데 2배 시비구에서 더 많이 발생하였다. 질소시비를 달리하여 재배한 봄배추의 장해발생은 깨씨무늬 발생정도는 시비량에 따라 영향을 받는 것으로 확인되었다.

깨씨무늬 발생이 질소시비의 영향을 보이지 않았다는 Hong et al.(2017)의 보고와 달리 기준 시비구인 A1과 N1에서 각각 1.92와 2.20 수준의 깨씨무늬가 발생한 반면 2배 시비구인 A2와 N2는 모두 2.82로 더 많이 발생하였다. 봄배추의 생육과 결구를 촉진시키기 위해 질소질 비료를 시비하고 있으나 질소질 비료의 남용은 다양한 생리장해 및 품질저하를 일으키는데(Park & Kim, 2016), 그 중 깨씨무늬의 발생 원인으로 질소질 비료의 부족 혹은 과다 공급이 보고되었다(RDA, 2020).

깨씨무늬를 제외한 생리장해는 질소시비 방법에 따라 큰 차이를 보이지 않았다. Kim et al.(2007)과 Yang et al.(1993)은 봄배추의 수분 손실, 경도 변화, 무름병 발생을 보고하였고, Lee(2020)는 실증 시험에서 겉잎의 부패가 중요하고 깨씨무늬와 갈변현상 등도 배추의 상품성을 감소시킨다고 보고하였다.

(다) 괴사반점

질소시비를 달리한 봄배추의 저장 중 괴사반점은 없었다.

(라) 부패성

질소시비를 달리한 봄배추의 저장 중 내부 부패는 없었다.

(마) 중륵갈변

질소시비를 달리한 봄배추의 저장 중 중륵갈변은 60일차에 모든 시비구에서 발생하였고, 75일차에는 암모니아태 시비구에서만 발생하였으며, 90일차에는 질산태 2배 시비구에서는 8.33%로 낮게 발생하였으나 다른 시비구에서는 높게 발생하였다.

중륵갈변은 A2에서 45.4%로 높게, N2에서 9.1%로 낮게 발생하였다. 배추 중륵부갈변은 석회 또는 붕소결핍이 원인으로 알려져 있는데 사용된 비료 종류와 함량에 따라 차이를 나타내는 것으로 보인다.

(바) 무름병

질소시비를 달리한 봄배추의 저장 중 뿌리부분 무름병은 암모니아태 기준시비구에서만 75일차부터 발생하였다.

표 5-21. 질소시비별 저장 60일차 봄배추의 장해발생을

장해발생	건전성	깨씨무늬증	괴사반점	부패성	중륵갈변	무름병
A1	91.67±14.43	2.11±0.32	0.00±0.00	0.00±0.00	8.33±14.43	0.00±0.00
A2	100±0.00	2.28±0.05	0.00±0.00	0.00±0.00	16.67±14.43	0.00±0.00

N1	100±0.00	2.18±0.71	0.00±0.00	0.00±0.00	16.67±28.87	0.00±0.00
N2	100±0.00	3.42±0.14	0.00±0.00	0.00±0.00	8.33±14.43	0.00±0.00

표 5-22. 질소시비별 저장 75일차 봄배추의 장해발생율

장해발생	건전성	깨씨무늬증	괴사반점	부패성	중록갈변	무름병
A1	91.67±14.43	2.61±0.55	0.00±0.00	0.00±0.00	8.33±14.43	8.33±14.43
A2	83.33±14.43	2.58±0.22	0.00±0.00	0.00±0.00	19.44±17.35	0.00±0.00
N1	91.67±4.43	1.84±0.47	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
N2	100±0.00	2.42±.29	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00

표 5-23. 질소시비별 저장 90일차 봄배추의 장해발생율

장해발생	건전성	깨씨무늬증	괴사반점	부패성	중록갈변	무름병
A1	100±0.00	1.92±0.38	0.00±0.00	0.00±0.00	25.00±25.00	33.33±28.87
A2	91.67±14.43	2.81±0.17	0.00±0.00	0.00±0.00	44.44±9.62	0.00±0.00
N1	83.33±28.87	2.08±0.52	0.00±0.00	0.00±0.00	41.67±14.43	0.00±0.00
N2	91.67±14.43	2.78±0.38	0.00±0.00	0.00±0.00	8.33±14.43	0.00±0.00

저장 중 LDPE 필름포장 내부의 높은 상대습도로 인해 배추 표면에 곰팡이가 83.3-100% 발생하였다. Kim et al.(2001b)은 겨울배추 저장 3개월 차에 부패율이 17-23%로 상품성과 경제성이 없었고, Bang et al.(2017)은 봄배추가 저장 12주차에 상업적 가치가 크게 저하되었다고 보고하였다.

정선 후 배추 외엽의 비가식부위를 제거한 외관품질과 배추시료를 반절하여 내부 품질을 조사한 결과 중록과 추대부분의 갈변현상과 뿌리부분의 무름현상이 약간 관측되었으나 정도가 미미하여 모두 김치원료로 사용 가능하였다. Lee(2020)는 저장배추의 상품성 저하는 외엽에만 해당되고 내엽은 이상이 없어, 저장 8주 후에 정선하여 가공하는데 어려움이 없었다고 보고하였는데, 이번 연구에서도 90일간 저온저장한 배추를 김치원료로 사용하는데 문제가 없었다.

(6) 이화학 특성 변화

질소시비 봄배추의 저장 중 pH는 질소시비 조건에 관계없이 저장기간에 따라 점차 증가하는 경향으로, 초기 6.16에서 90일차에 6.63-6.96으로 증가하였다.

가용성 고형분함량은 질소시비에 따른 차이가 분명하지 않았다는 보고(Hong et al., 2017)와 같이 질소시비 조건과 상관없이 저장초기 3.35%에서 90일차에 2.07-2.30% 수준으로 저장 기간에 따라 감소하는 경향이였다(Table 5-24). 가용성 고형분함량 변화는 저장 중의 당류의 감소가 원인으로 보여진다. 저장 전 봄배추의 유리당은 Lee et al.(2013) 연구와 같이 sucrose가 검출되지 않았고 glucose, fructose, galactose만 검출되었고, 총 유리당 함량은 평균 1.615 %로 glucose, fructose, galactose 순으로 높았다.

Glucose는 저장 초기 0.835% 수준에서 저장 90일차에 0.373% 수준으로 감소하였으며 fructose는 저장 초기 0.763% 에서 저장 90일차에 0.413% 수준으로 감소하였다. 저장 전 봄배추의 glucose 함량은 fructose보다 높았으나 저장기간 중 fructose보다 glucose 소모량이 많아서 저장 90일차에 glucose가 fructose보다 적게 검출되었다. Galactose는 소량 검출되었으며 저장기간에 따른 차이를 보이지 않았다.

질소 시비량이 많을수록 환원당 함량이 낮았다는 보고(Hong et al., 2017)와 같이 암모니아태 질소를 2배 시비한 경우 초기 환원당 함량이 낮았으나 질산태 질소를 2배 시비한 배추는 차이가 없었다. 유리당 감소는 배추의 장기저장 중 수분이 손실됨과 동시에 배추의 호흡작용으로 당이 소비되었기 때문으로 판단되며(Yang et al., 1993), glucose는 fructose보다 호흡기질로 먼저 소모되는 것으로 보인다.

Table 5-24. Change of free sugar content of spring kimchi cabbage during cold storage with nitrogen fertilization

Storage period		0	60	90
A1	Glucose	0.903±0.023 a ¹⁾	0.585±0.045 b	0.368±0.090 c
	Fructose	0.800±0.001 a	0.579±0.052 b	0.387±0.060 c
	Galactose	0.014±0.006 a	0.024±0.006 a	0.017±0.003 a
A2	Glucose	0.742±0.021 a	0.511±0.058 b	0.385±0.137 b
	Fructose	0.698±0.009 a	0.532±0.030 b	0.407±0.147 b
	Galactose	0.019±0.006 a	0.037±0.011 a	0.039±0.011 a
N1	Glucose	0.835±0.008 a	0.521±0.105 b	0.440±0.059 b
	Fructose	0.774±0.009 a	0.552±0.090 b	0.494±0.052 b
	Galactose	0.020±0.007 a	0.026±0.004 a	0.021±0.010 a
N2	Glucose	0.866±0.006 a	0.431±0.071 b	0.300±0.053 c
	Fructose	0.779±0.002 a	0.498±0.068 b	0.363±0.047 b
	Galactose	0.009±0.001 a	0.010±0.001 a	0.022±0.006 a
Mean ³⁾	Glucose	0.835±0.015 a	0.512±0.070 b	0.373±0.085 c
	Fructose	0.763±0.005 a	0.540±0.060 b	0.413±0.077 c
	Galactose	0.016±0.005 a	0.024±0.006 a	0.025±0.008 a
	Total	1.615±0.022 a	1.077±0.130 b	0.811±0.159 c

(7) 대사체 특성 변화

질소시비를 달리한 봄배추의 대사체와 저장기간별 대사체 변화를 분석하였다. 다변량 통계방법으로 질소시비와 저장기간별로 대사체를 분석한 결과 질소시비에 따른 대사체 변화(A)는 그룹이 중첩되어 시비구간에 차이가 없었고(Table 5-25) 저장기간에 따른 대사체 변화(B)는 그룹이 분리되어 저장기간별 차이가 있었다(Table 5-26). 질소시비를 달리한 봄배추의 대사체는 질소비료 종류에 따라 차이가 있었다. 암모니아태 질소시비구(A)가 질산태 질소시비구(N) 보다 proglutamic acid, malic acid, aspartic acid가 높았다. 질소 시비량에 따른 차이는 A2가 A1에 비해 aspartic acid, ribose, maleic acid, glutamic acid, putrescine이 증가하였고, N2는 N1에 비해

fructose, mannose, glucose 등 유리당과 alanine, valine, isoleucine 등 아미노산이 유의적으로 증가하였다. 질소시비량에 따른 대사체 변화는 질산태질소 비료가 암모니아태 질소비료보다 큰 영향을 주었는데 이는 질소질 비료종류와 시비량이 배추에 흡수되는 질소량과 대사에 영향을 주었기 때문으로 생각된다.

봄배추 저장기간에 따른 대사체 함량은 감소하는 경향으로, 저장 60일까지의 변화가 60일에서 90일까지의 변화보다 컸는데 봄배추 저장초기에 대사가 활발했기 때문으로 보인다. 저장기간 중에 당류는 glucose 54.6%, fructose 48.5%가 감소되었는데 이는 유리당 분석결과와 비슷한 경향이였다. 그리고 유기산은, citric acid 60.3% malic acid 51.7%, glycolic acid 43.2%가 감소하였고, 아미노산은 asparagine 91.6%와 serine 27.7%가 감소하였다. 저장기간 중에 증가된 성분은 ornithine, pyruvate, maleic acid, uracil, glycyL-glycine, tyramine, phenylalanine 이였다.

봄배추는 저온저장 중에도 대사작용이 일어나 대사체의 변화가 수반되는 것을 확인하였다. 하지만 이번 대사체 분석에 활용된 GC-MS는 주요성분을 선별하는데 효과적이지만 저분자 극성물질만을 분석할 수 있어서 봄배추 저온저장 중 모든 대사체의 변화를 정확하게 확인하기에는 한계가 있었다.

Table 5-25. Metabolite composition of spring kimchi cabbage with different nitrogen fertilization

Metabolites	Intensity				Mean ²⁾
	A1	A2	N1	N2	
Fructose	1.035 ^{bc1)}	0.932 ^{ab}	0.908 ^a	1.048 ^c	0.981
Mannose	0.788 ^b	0.681 ^a	0.675 ^a	0.793 ^b	0.734
Glucose	0.142 ^b	0.120 ^a	0.119 ^a	0.144 ^b	0.131
Pyroglutamic acid	0.125 ^b	0.131 ^b	0.071 ^a	0.074 ^a	0.100
Valine	0.029 ^b	0.025 ^b	0.020 ^a	0.026 ^b	0.025
Alanine	0.029 ^b	0.033 ^b	0.020 ^a	0.027 ^b	0.027
Glycerol	0.023 ^b	0.024 ^b	0.014 ^a	0.016 ^a	0.019
Malic acid	0.023 ^b	0.023 ^b	0.013 ^a	0.014 ^a	0.018
Aspartic acid	0.021 ^a	0.046 ^b	0.016 ^a	0.018 ^a	0.025
Inositol	0.019 ^{b1)}	0.015 ^a	0.013 ^a	0.021 ^b	0.017
Isoleucine	0.014 ^b	0.012 ^b	0.009 ^a	0.012 ^b	0.012
Ribose	0.014 ^a	0.019 ^b	0.013 ^a	0.012 ^a	0.015
Glycine	0.012 ^{bc}	0.013 ^c	0.011 ^{ab}	0.010 ^a	0.012
Maleic acid	0.011 ^a	0.014 ^b	0.010 ^a	0.010 ^a	0.011
Leucine	0.010 ^b	0.009 ^{ab}	0.007 ^a	0.008 ^{ab}	0.009
Glutamic acid	0.009 ^a	0.028 ^b	0.010 ^a	0.009 ^a	0.014
Citric acid	0.005 ^b	0.006 ^b	0.004 ^a	0.007 ^c	0.006
Fumaric acid	0.004 ^b	0.004 ^b	0.002 ^a	0.002 ^a	0.003
Succinic acid	0.003 ^b	0.003 ^c	0.002 ^a	0.002 ^a	0.003
Putrescine	0.002 ^a	0.003 ^c	0.002 ^b	0.002 ^a	0.002
Uracil	0.001 ^b	0.002 ^c	0.001 ^b	0.000 ^a	0.001
Lactitol	0.001 ^b	0.001 ^b	0.001 ^c	0.001 ^a	0.001

Table 5-26. Metabolites and their changes of spring kimchi cabbage during cold storage

Metabolites	0d	60d			90d		
	Intensity	Intensity	0d→60d ↑/↓ ⁽¹⁾	VIP value	Intensity	60d→90d ↑/↓	VIP value
Ornithine	0.0005	0.0104	↑*** ²⁾	1.56	0.0066	↓*	1.09
Phosphate	0.1213	0.0556	↓***	1.48	0.0307	↑**	1.30
Melibiose	0.0009	0.0002	↓***	1.46	0.0001	NS ³⁾	-
Glyceric acid	0.0038	0.0019	↓***	1.46	0.0012	↓**	1.20
Threonic acid	0.0020	0.0005	↓***	1.46	0.0002	NS	-
2-Dehydro-D-gluconate	0.6310	0.3495	↓***	1.41	0.3012	NS	-
Maleic acid	0.0114	0.0304	↑***	1.39	0.0179	↓**	1.27
Glucose	0.1312	0.0710	↓***	1.39	0.0596	NS	-
Pyruvate	0.0002	0.0008	↑***	1.37	0.0005	NS	-
Asparagine	0.0012	0.0001	↓***	1.37	0.0001	NS	-
Glutamine	0.0079	0.0013	↓***	1.34	0.0010	NS	-
Malic acid	0.0820	0.0474	↓***	1.33	0.0396	NS	-
Glutamic acid	0.0140	0.0362	↑***	1.32	0.0244	NS	-
Fructose	0.9810	0.6093	↓***	1.32	0.5048	NS	-
Uracil	0.0008	0.0020	↑***	1.27	0.0016	NS	-
Malonic acid	0.0008	0.0012	↑**	1.22	0.0011	NS	-
Inositol	0.0172	0.0115	↓**	1.20	0.0089	↑*	1.01
Glycyl-Glycine	0.0000	0.0015	↑**	1.17	0.0010	NS	-
Pipecolic acid	0.0046	0.0033	↓**	1.15	0.0024	NS	-
Tyramine	0.0005	0.0028	↑**	1.15	0.0020	NS	-
Phenylalanine	0.0025	0.0034	↑*	1.09	0.0029	NS	-
Glycolic acid	0.0155	0.0125	↓**	1.04	0.0088	↑**	1.24

마. 하늘마음 실증저장 요약

봄배추 지하저장고 실증저장 결과 40공 포장구에서 저장감모율이 4.86%로 낮아서 무포장구의 27.11% 대비 82.1%가 개선되었고, 저장 중 중록갈변이 약간 발생하였으나 깨씨무늬증, 괴사반점, 부패성, 무름병이 발생하지 않았다.

질소시비가 봄배추 저온저장 중 저장성과 장해발생에 미치는 영향을 조사하기 위하여 질산태와 암모니아태 질소 시비량을 달리한 배추를 90일간 저온저장하였다. 질산태질소를 2배 시비(60 kg/10a)할 때 배추 구중이 3.80 kg으로 컸으며 90일 저장 후 손실률은 20.0%로 낮았다. 저온저장 중 pH는 6.16에서 6.63-6.96으로 증가하였으며, 가용성 고형분과 유리당 함량은 감소하였다. 깨씨무늬 발생은 질소비료의 종류에 상관없이 2배 시비일 때 발생정도가 2.82로 기준시비의 2.20보다 증가하였다. 그 외의 생리장해는 모든 처리구에서 중록갈변이 약간 발생하였고 암모니아태 기준시비 시료에서만 무름병이 발생하였다. 저장 중 배추 겉잎에 곰팡이는 대부분 발생하였으나 정선 후 품질에는 영향을 주지 않았고 김치원료로 사용할 수 있는 수준이었다. 질산태질소 2배 시비가 배추 구중을 증가시키고 손실률을 감소시켰으나 깨씨무늬 발생은 증가되었다. 봄배추 질소시비는 사용목적과 저장기간에 맞춰 비료

종류와 시비량을 조절하는 것이 바람직하다고 판단된다.

5. 이킴 실증저장

가. 이킴 실증저장 개요

실증 저장을 위하여 36평 저장고 3개를 선정하고 실증 저장고명으로 각각 이킴A, 이킴B, 이킴C을 부여하였다.

이킴A저장고에는 이킴에서 매년 봄배추 저장에 사용한 관행의 저장조건으로 90일 저장을 시행하였다. 이킴B에는 병충해 방제를 위한 약제를 살포한 배추에 대하여 이킴A 저장고와 같은 관행의 저장 조건으로 90일 저장을 시행하였다. 이킴C에는 병충해 방제를 위한 약제를 살포한 배추에 대하여, 1일 3C씩 1C까지 저하시키는 완만냉각 저장 조건으로 90일 저장을 시행하였다.

상기 각각의 저장고에는 무포장 3펠릿, 40공 필름포장 3펠릿, 56공 필름포장 3펠릿의 9개 펠릿을 시험용 펠릿으로 지정하여, 3개의 저장고에서 총 27개 펠릿에 대하여 장기저장 평가를 시행하였다.

(1) 배추밭 선정과 약제살포

실증을 위한 배추는 이킴에서 생산용으로 사용하기 위해 충북 보은군 회인면의 3만여 평에 계약 재배한 흥농종묘의 대통품종 포진 중에서 일부를 선택하였다.

배추 장기저장을 방해하는 곰팡이 진균류의 발생 억제를 위하여 차아염소산나트륨과 테부코나졸 약제처리를 시행하였다. 2020년 6월 23일 새벽에 차아염소산나트륨(유한락스 레귤러 4%) 400ml를 물 4000ℓ에 혼합한 후, 테부코나졸(티포라탄, 한일싸이언스) 800ml를 다시 투입하여 균일하게 혼합하고 1600평의 배추밭에 살포하여 실증 저장용으로 사용하였다.

(2) 실증저장고 선정과 청소 소독

이킴에서 저장한 봄배추 실증저장고는 충북 보은군 삼승면 소재 (주)진미농산 소유 저온 저장고 3개(각 36평)를 선정하였고, 봄배추 입고 저장 1주일 전에 차아염소산나트륨(NaOCl) 0.01% 액으로, 농약살포용 분무기를 사용하여 실증 저장고 벽, 천정, 바닥에 살포하여 소독을 시행하였다. 저장고는 봄배추뿐만 아니라 겨울배추도 저장하기 위하여 연속적으로 사용하고 있기 때문에 벽체 및 천장에 진균 및 잡균의 발생은 필연적으로 나타나므로 장기저장을 위하여 저장고 소독은 필수적으로 시행해야 한다.

(3) 배추의 수확과 운반

배추 수확작업은 2020년 6월 24일 오전에 시행하였다. 걸잎을 한겹 채킨 후 칼을 뿌리 하단부에 넣어 일차 정선을 한 후, 5포기 씩 배추 운반용 플라스틱 박스

(L520×W370×H320)에 담아서 7단으로 팠릿타이징 한 후 양개 도어 윙바디를 갖춘 5톤 트럭으로 창고로 이송하였다. 이송된 팠릿은 계획한 저장 실험 방법에 따라 3개동의 각 저장고 입고하여 실증 저장을 시작하였다

(4) 상자무게 측정과 타공필름 포장

지정 저장고에 입고 전에 각각의 저장고에 대해, 배추박스가 7단(1 단당 6 박스) 적재된 팠릿을 9개 배열한 다음 다시 3팠릿씩 3개 집합군으로 분리하여 각각의 집합군에 속하는 팠릿에 표식 라벨(무포60일, 무포75일, 무포90일), (40공60일, 40공75일, 40공90일), (56공60일, 56공75일, 56공90일)을 부착하였다. 상기 9개의 팠릿에 대해 각 팠릿 당 7박스의 무게를 측정하였다.

배추박스가 7단 적재된 팠릿을 덮어씌울 수 있도록 차단 설계되어, 직경 14mm의 구멍이 각각 40개, 56개 타공된 폴리에틸렌 커버를 주관기관인 세계김치연구소로부터 공급받아 팠릿의 표식라벨에 대응하는 타공 커버를 각각의 팠릿에 덮어씌운 다음 지정 저장고에 입고하였다.

(5) 배추팔레트 적재와 냉장저장

수확한 배추의 이킴A, 이킴B, 이킴C의 3개 저장고에 입고는 배추의 수확 운송 작업상 2일에 걸쳐 입고되었으며, 1동의 36평 저장고에 98개 팠릿을 입고하였다. 팠릿은 2단으로 적재하여 저장고를 채우고 실험 계획에 의한 냉장조건을 설정하여 저장성 평가를 수행하였다.

이킴A 저장고와 이킴B 저장고는 이킴 관행 봄배추 보관 조건에서 저장성을 시험하였다. 이킴에서 다년간에 걸친 경험 끝에 봄배추 저장에 최적이라고 생각되는 다음의 조건으로 저장하였다.

배추를 수확한 후 적어도 3일 이내에 저온저장고에 배추를 입고하였다. 의도적인 불할채움이 아니지만 36평 저장고를 채우는 데는 5톤 트럭 7대분, 총 98 팠릿(약 80톤)이 필요하게 되었고 이를 밭에서 수확하고 운송하여 저장고 한 개를 채우는 데 3일이 소요되었다.

저온 저장고에 입고를 시작하면서 저온저장고의 온도를 10℃로 설정하여 저장고의 상대습도가 85% 이하가 될 때까지 기다렸다. 이때, 저장고의 냉풍기에 의해 수분제거가 활발히 일어나며 온도는 10℃로 유지조건에서 겉잎의 수분이 충분히 제거되게 된다. 이후 상대습도가 85% 이하가 되면, 그때부터 저장고의 온도를 1일 1℃씩 강하시켜 최종 1.5℃가 되면 그 상태를 유지하여 일정에 따라 봄배추를 장기 저장하여 사용하였다.

이킴C 저장고의 봄배추 저장 조건은 1일 3도씩 강하시켜 최종 1.5℃가 되면 그 상태를 유지하며 저장하였다.

상기 각각의 조건으로 설정하여 목표 온도와 습도에 도달하면 저장고를 밀폐하고 90일간 저장하였다.

(6) 온도기록계와 가스기록계 설치

저장고 온도는 배추입고 2일 전에 10℃로 냉각하여 저장고의 벽체와 바닥의 온도를 일정하게 조절하였다. 창고 내부의 온습도를 모니터링하기 위하여 온습도기록계(Vitcon H10 IOT)를 사용하여 기록하였다. 산소와 이산화탄소 변화를 기록하기 위한 가스기록계는 봄배추 저장성 연구에 이용한 저장고의 밀폐성이 보장되지 않는 관계로 사용하지 않았다.

(7) 봄배추 시료수집과 품질측정

저장고 입고 전에 15개의 봄배추에 대한 품질을 평가하였다. 중량감소율은 저장 전 무게와 저장 후 무게를 상자 단위로 7상자씩 측정하여 백분율로 표시하였고, 정선손실률은 정선 전 무게와 정선 후 무게를 상자 당 5포기씩 포기단위로 측정하여 백분율로 표시하였다. 저장감모율은 1-저장수율×정선수율로 구하였고, 순저장손실율은 1-저장수율×순정선수율로 구하였다. 순정선수율은 저장 후 정선수율에서 저장 전(초기) 정선수율(92.80%)을 차감하여 저장 중에 발생한 정선수율의 변화만을 나타내었다. 저장배추의 생리장해는 건전성, 깨씨무늬 발생률, 괴사반점 발생률, 부패율, 무름병 발생률, 중륵갈변 발생률을 표준시험법(Min et al., 2020)에 따라 평가하였다.

나. 이킴 실증저장 결과

(1) 실증저장고 온습도 변화

이킴A 저장고와 이킴B 저장고는 이킴 관행 봄배추 보관 조건에서 저장성을 시험하였다. 전술한대로 배추 입고 후 10℃로 설정하여 배추 겉잎의 수분을 빠른 시간에 제거하고 상대습도가 85%로 떨어지기를 기다린 후 그때부터 저장고의 온도를 1일 1℃씩 강하시켜 최종 1.5℃가 되도록 제어하고 그 상태를 유지하며 장기 저장에 들어갔다.

그림 5-29에 이킴A 저장고의 온습도 변화를 나타냈다. 봄배추 입고 후 10℃로 설정하면 약 5일 정도 후에 온도가 안정적으로 10℃를 유지하게 되고 상대습도는 급격하게 떨어진다. 저장 8일 째에 상대습도는 85%에 도달하는 것을 알 수 있다. 이후 9일째부터 1일 1℃씩 강하하여 냉장을 하면 약 7일 후 저장 15일째에 2℃에 도달하여 안정적인 습도와 온도를 유지하는 것을 알 수 있다.

그림 5-30에 이킴B 저장고의 온습도 변화를 나타냈다. 이킴B 저장고는 입고 전에 약제를 살포하여 진균 등의 곰팡이와 병충해를 저감하기 위한 저장고이다. 배추 입고 후 10℃를 설정하여 유지하고 냉장을 하면 약 5일이 되어 안정적으로 10℃를 유지하는 것을 볼 수 있다. 이킴A저장고와 유사하게 약 8일째에 상대습도 85%에 도달하였고 약 7일 후 저장 15일째에 2℃에 도달하였다.

그림 5-31에 이킴C저장고의 봄배추 저장기간에 따른 저장고 내 온습도 변화를

나타냈다.

이 저장고의 온도강하 조건은 1일 3℃씩 설정gkdu 온도를 완만하게 강하하는 것으로 약 9일 후에 1℃ 부근에서 안정적인 제어를 보였다. 이 온도강하 조건에서 상대습도의 변화는 8일차까지 급격히 85% 부근으로 떨어져 관행저장과 비슷하였으나 이후 약간 상승하여 88.6% 부근에서 제어가 이루어졌다.

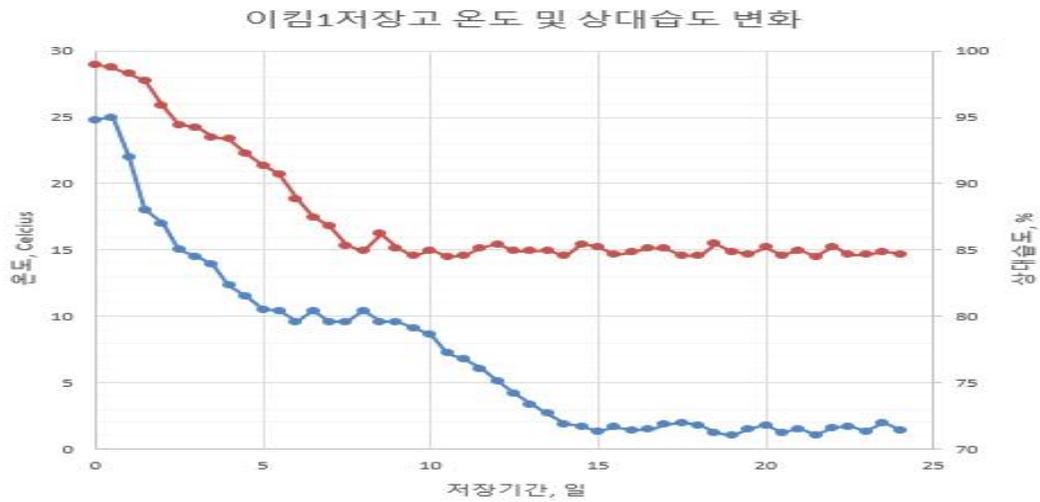


그림 5-29. 이킴A저장고 저장기간에 따른 온도 및 상대습도 변화

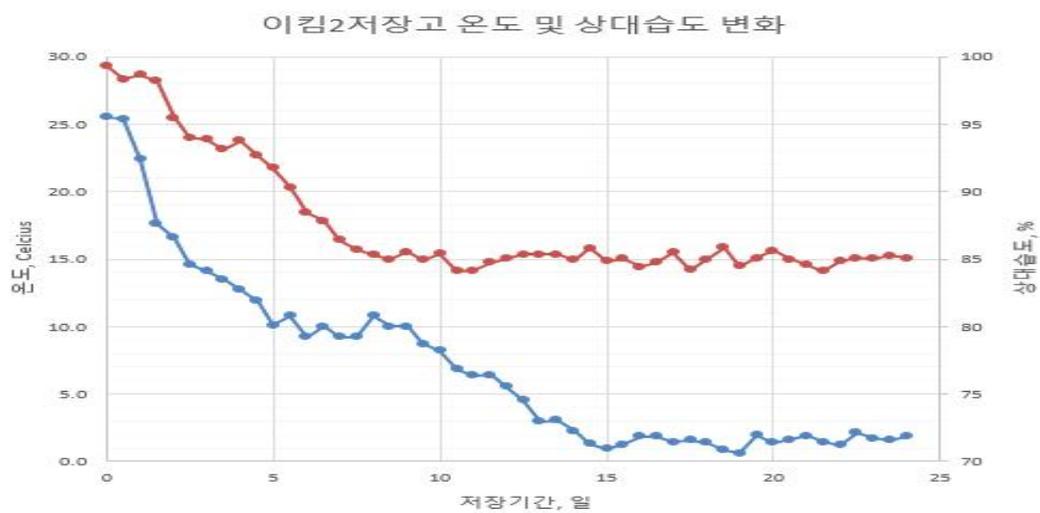


그림 5-30. 이킴B저장고 저장기간에 따른 온도 및 상대습도 변화

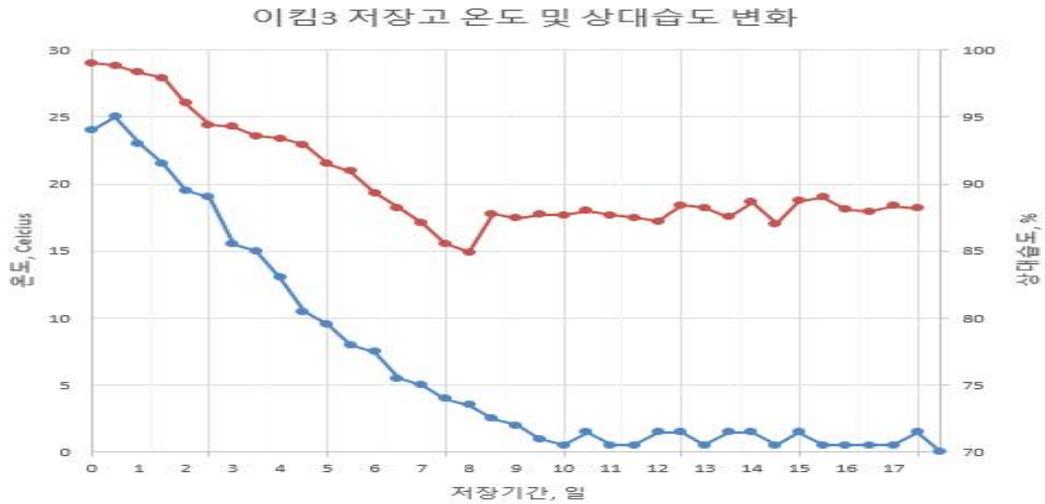


그림 5-31. 이킴C저장고 저장기간에 따른 온도 및 상대습도 변화

(3) 중량감소율 측정

이킴의 봄배추 관행저장방법(이킴A)에 의해 저장한 봄배추의 중량감소율을 표 5-27과 그림 5-32에 나타냈다.

관행저장 봄배추의 저장 중 중량감소율은 60일차에 무커버 포장구가 9.17%였고, 75일차 10.33%, 95일차에 11.09%로 나타났다. 관행냉각의 주요 포인트는 봄배추를 입고하여 겉면의 배춧잎과 표면에서 급속히 수분을 제거하는 것이다. 즉 수분을 잃은 겉잎은 배추를 감싸서 잡균이나 진균의 성장을 억제하고 배추 내부 수분의 증발을 억제하는 것을 경험적으로 알았고 이를 적용한 것이다.

표 5-27. 이킴A저장고의 관행냉각 조건에서 저장기간에 따른 중량감소율(%)

이킴1 저장고		상자무게,kg									
저장방식	덮개처리	상자번호	0일차	60일차	감량률	0일차	75일차	감량률	0일차	90일차	감량률
관행냉각 약제 무	무커버	1	14.86	13.32	10.37	13.86	12.74	8.10	15.76	13.96	11.46
		2	13.48	12.39	8.08	16.58	15.01	9.49	15.11	13.22	12.49
		3	16.22	14.82	8.63	13.96	12.38	11.33	14.59	12.99	10.95
		4	15.75	14.26	9.43	14.92	13.15	11.86	16.73	14.99	10.44
		5	13.98	12.73	8.95	15.94	14.58	8.49	16.32	14.83	9.12
		6	16.76	15.23	9.12	16.59	14.64	11.73	15.41	13.65	11.42
		7	16.71	15.11	9.61	14.86	13.18	11.31	17.13	15.12	11.72
		합계		15.39	13.98	9.17	15.24	13.67	10.33	15.86	14.11
평균		1.21	1.08	0.68	1.06	0.97	1.48	0.84	0.81	0.99	

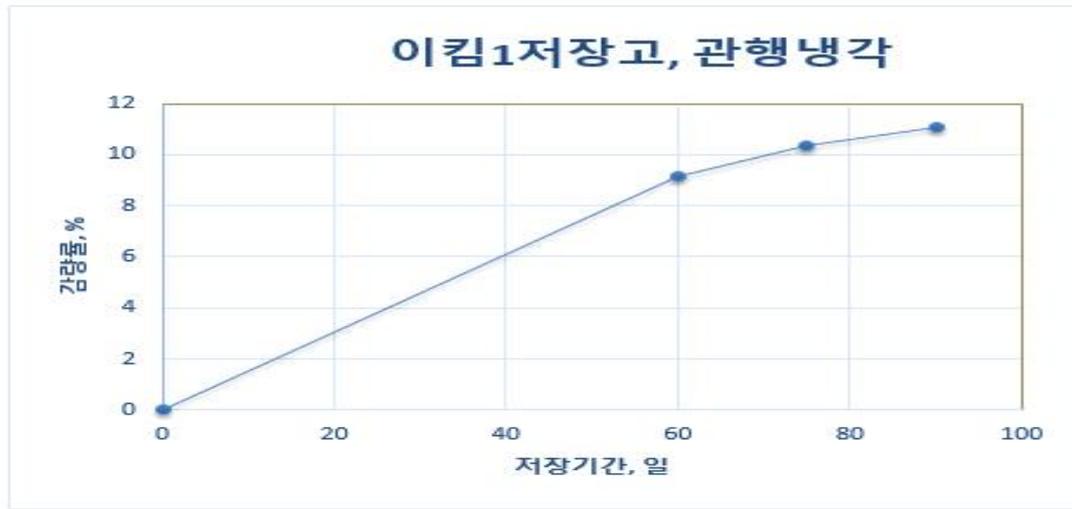


그림 5-32. 이킴A저장고의 관행냉각 조건에서 저장기간에 따른 중량감소율 변화

표 5-28에 이킴B저장고의 관행냉각 조건에서 저장 중 중량감소율을 나타냈다.

표 5-28. 이킴B저장고의 관행냉각 조건에서 저장기간에 따른 중량감소율(%)

이킴2 저장고		상자무게,kg									
저장방식	덮개처리	상자번호	0일차	60일차	감량률	0일차	75일차	감량률	0일차	90일차	감량률
관행냉각 약제살포	무커버	1	13.65	12.56	8.00	16.78	15.25	9.17	15.77	14.29	9.39
		2	16.49	15.17	8.01	13.73	12.15	11.46	16.24	14.47	10.94
		3	14.09	12.60	10.57	14.95	13.24	11.45	15.41	13.56	12.00
		4	15.84	14.47	8.64	13.81	12.15	12.00	14.49	12.74	12.09
		5	14.25	12.90	9.48	16.18	14.71	9.07	14.74	13.03	11.60
		6	14.19	12.90	9.07	15.53	13.78	11.27	16.00	14.07	12.09
		7	15.10	13.85	8.30	14.95	13.46	9.93	14.31	12.74	10.97
		평균	14.80	13.49	8.87	15.13	13.53	10.62	15.28	13.56	11.30
편차	0.96	0.94	0.86	1.05	1.09	1.12	0.71	0.68	0.91		
관행냉각 약제살포	56공 커버	1	15.96	15.35	3.79	16.13	15.21	5.68	13.67	12.67	7.32
		2	16.78	16.24	3.19	16.09	15.26	5.18	17.07	15.99	6.34
		3	13.81	13.19	4.44	14.67	14.14	3.62	15.49	14.87	4.03
		4	16.35	15.37	5.98	15.04	14.18	5.68	16.67	15.46	7.28
		5	14.89	14.05	5.64	15.83	14.81	6.40	17.13	16.35	4.56
		6	16.09	15.40	4.30	14.58	13.89	4.68	16.95	16.19	4.48
		7	15.09	14.34	4.96	17.38	16.19	6.87	16.19	15.19	6.21
		합계	15.57	14.85	4.62	15.67	14.81	5.45	16.17	15.24	5.74
평균	0.95	0.96	0.91	0.92	0.75	1.00	1.15	1.17	1.27		
관행냉각 약제살포	40공 커버	1	15.05	14.58	3.17	14.38	13.57	5.63	16.88	16.20	4.04
		2	15.99	15.08	5.73	14.69	14.03	4.48	15.02	13.86	7.72
		3	13.65	12.93	5.23	16.48	15.54	5.72	13.40	12.58	6.14
		4	16.22	15.44	4.82	15.81	15.11	4.41	15.86	15.19	4.17
		5	13.06	12.66	3.06	13.85	13.02	6.03	15.58	14.81	4.92
		6	14.67	13.95	4.85	15.26	14.58	4.49	15.63	14.80	5.35
		7	16.16	15.60	3.48	15.99	15.11	5.51	14.48	13.61	6.06
		합계	14.97	14.32	4.33	15.21	14.42	5.18	15.26	14.44	5.48
평균	1.17	1.09	1.00	0.88	0.85	0.64	1.02	1.10	1.19		

무커버로 보관한 봄배추의 중량감소율이 56공 및 40공 타공필름으로 덮어 보관한 것보다 중량감소율이 2배가량 높은 것을 알 수 있다. 전술한 온습도 데이터에서 이킴B 저장고의 상대습도를 85% 유지하였음에도 커버에 의한 수분증발의 억제는 40공과 56공 필름이 비슷하게 발휘하여 효과가 컸다. 수분증발의 억제로 40공 필름포장 배추의 중량감소율을 90일차에 5.48%로 억제되었다(그림 5-33).

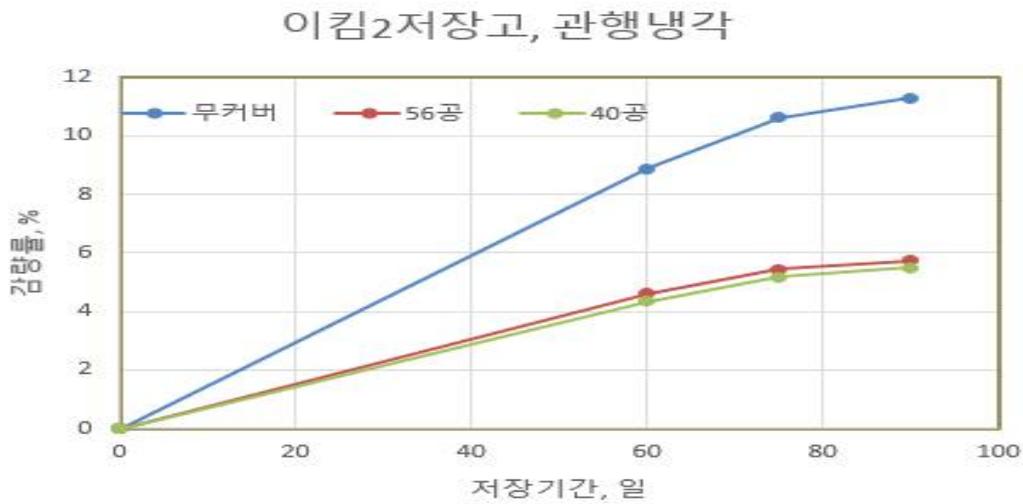


그림 5-33. 이킴B저장고의 관행냉각 조건에서 저장기간에 따른 중량감소율 변화

그림 5-34와 표5-28에 입고 전 약제처리한 봄배추를 이킴C저장고에 입고한 후 1일 3℃씩 완만냉각 조건에서 저장기간에 따른 봄배추의 중량감소율 변화를 나타냈다.

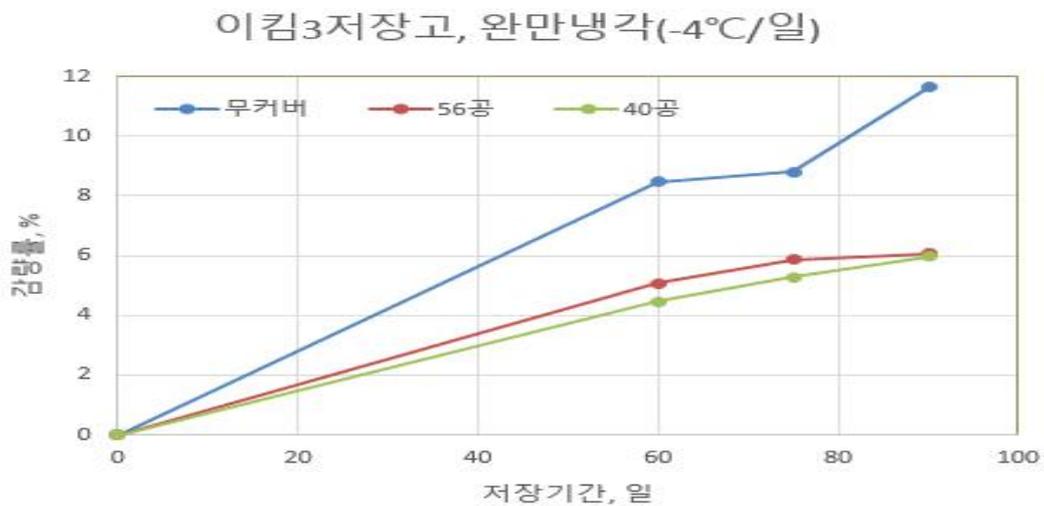


그림 5-34. 이킴C저장고 완만냉각 조건에서 저장기간에 따른 중량감소율 변화

타공필름으로 덮어씌워 보관한 배추가 무커버 상태로 보관한 배추보다 중량감소율이 1/2로 낮았다(표 5-29). 56공 필름을 씌운 배추의 중량감소율이 40공 필름의 그것보다 중량감소율이 약간 높게 나타났다. 따라서 중량감소율을 억제하기 위해서는 타공필름으로 덮개를 하여 보관하는 것이 중요하다.

표 5-29. 이킴C저장고의 완만냉각 조건에서 저장기간에 따른 중량감소율(%)

이킴3 저장고		상자무게,kg									
저장방식	덮개처리	상자번호	0일차	60일차	감량률	0일차	75일차	감량률	0일차	90일차	감량률
완만냉각 약제살포	무커버	1	14.63	13.26	9.40	17.20	15.46	10.11	14.92	13.15	11.85
		2	14.60	12.98	11.12	14.16	12.66	10.62	14.48	12.73	12.09
		3	16.17	14.87	8.03	13.89	12.37	10.94	17.49	15.94	8.88
		4	15.75	14.40	8.59	15.98	14.25	10.82	15.87	14.31	9.86
		5	13.85	12.37	10.72	17.41	15.55	10.71	16.25	14.45	11.07
		6	17.08	15.67	8.25	17.44	15.78	9.54	15.32	13.47	12.11
		7	15.60	14.28	8.47	15.05	13.73	8.79	14.40	12.72	11.62
		합계	15.38	13.97	9.23	15.88	14.26	10.22	15.53	13.82	11.07
평균	1.01	1.07	1.15	1.42	1.30	0.73	1.02	1.08	1.15		

완만냉각 약제살포	56공 커버	1	14.44	13.85	4.11	15.82	14.82	6.36	16.95	15.94	5.94
		2	16.03	15.01	6.34	14.76	13.89	5.94	16.55	15.44	6.72
		3	17.09	16.12	5.68	17.44	16.28	6.67	14.26	13.46	5.61
		4	14.90	14.01	6.02	16.56	15.42	6.90	16.68	15.66	6.17
		5	14.03	13.54	3.53	16.11	15.45	4.11	14.32	13.62	4.88
		6	15.83	14.85	6.14	17.43	16.75	3.88	16.04	14.86	7.36
		7	15.53	14.95	3.72	17.17	15.94	7.17	16.34	15.39	5.80
		합계	15.41	14.62	5.08	16.47	15.50	5.86	15.88	14.91	6.07
평균	0.96	0.82	1.14	0.91	0.88	1.24	1.04	0.92	0.74		

완만냉각 약제살포	40공 커버	1	14.71	14.33	2.57	17.02	15.81	7.06	14.84	13.75	7.34
		2	15.22	14.52	4.59	16.96	16.32	3.74	13.98	13.26	5.17
		3	14.81	14.26	3.68	16.11	15.03	6.66	15.07	14.20	5.77
		4	14.00	13.42	4.17	14.11	13.15	6.81	13.56	12.79	5.68
		5	16.41	15.66	4.58	14.13	13.48	4.63	14.57	13.77	5.49
		6	14.13	13.32	5.67	14.60	13.95	4.48	17.30	16.57	4.24
		7	16.18	15.22	5.97	14.09	13.59	3.58	15.15	13.94	8.04
		합계	15.07	14.39	4.46	15.29	14.48	5.28	14.93	14.04	5.96
평균	0.87	0.79	1.07	1.26	1.15	1.40	1.11	1.12	1.21		

이킴 실증저장 봄배추의 중량은 저장기간에 따라 감소하였고 약제살포(A와 B)와 냉각속도(B와 C)의 영향이 나타나지 않았다(표5-30).

타공포장 봄배추에서 무커버에 비해 중량감소율이 1/2로 낮아졌고, 특히 40공 필름 포장구에서 더 효과가 높았다(표 5-31).

표 5-30. 이킴 실증저장 봄배추의 저장고별 무커버 중량감소율(%)

저장일수(일)	0	60	75	90
이킴A	0.00	9.17	10.33	11.09
이킴B	0.00	8.87	10.62	11.30
이킴C	0.00	9.23	10.22	11.07

표 5-31. 이킴 실증저장 봄배추의 저장고별 타공필름포장 중량감소율(%)

저장일수(일)		0	60	75	90
이킴 B	40공포장	0.00	4.33	5.18	5.48
	56공포장	0.00	4.62	5.45	5.47
이킴 C	40공포장	0.00	4.46	5.28	5.96
	56공포장	0.00	5.08	5.86	6.07

(4) 정선손실률

이킴 실증저장 봄배추의 정선손실률은 저장기간에 따라 증가하였고 약제살포한 봄배추(A와 B중 B)에서 34.05%로 더 높았고, 관행냉각보다 완만냉각(B와 C중 C)에서 37.19%로 더 높았다(표 5-32).

타공포장 봄배추에서 무커버에 비해 정선손실률이 높았고, 특히 56공 포장구보다 40공 포장구에서 더 높았다(표 5-33).

저장 90일차 봄배추의 순정선손실률은 무약제 관행냉각(A)에서 31.74로 가장 낮았고 약제살포 완만냉각(C)에서 37.19%로 가장 높았다. 그리고 40공 포장구에서 56공 포장구보다 더 높았다(표 5-33).

표 5-32. 이킴 실증저장 봄배추의 저장고별 무커버 정선손실률(%)

저장일수(일)	0	60	75	90	순정선손실률
이킴A	10.97	34.55	37.25	42.71	31.74
이킴B	11.13	34.53	35.59	45.18	34.05
이킴C	11.16	38.11	39.67	48.35	37.19

표 5-33. 이킴 실증저장 봄배추의 저장고별 타공필름포장 정선손실률(%)

저장일수(일)		0	60	75	90	순정선손실률
이킴 B	40공포장	10.82	38.73	41.67	50.66	39.84
	56공포장	11.08	38.03	40.81	48.21	37.13
이킴 C	40공포장	10.65	41.24	44.71	55.24	44.59
	56공포장	11.29	41.09	43.96	50.47	39.18

5) 저장감모율

이킴 실증저장 봄배추의 저장감모율은 저장기간에 따라 증가하였고 저장 90일차에 약제살포한 봄배추에서 41.50%로 비살포 저장구보다 더 높았고 관행냉각보다 완만냉각에서 44.14%로 더 높았다(표 5-34).

저장 90일차 56공 타공포장 봄배추에서 무커버에 비해 저장감모율이 낮았는데 이는 정선손실률은 높았으나 중량감소율이 낮았기 때문이다. 저장 90일차 봄배추의 저장감모율은 약제살포 관행냉각 56공 포장구에서 40.57%로 관행냉각 다음으로 낮았다(표 5-35).

표 5-34. 이킴 실증저장 봄배추의 저장고별 무커버 저장감모율(%)

저장일수(일)	0	60	75	90
이킴A	0.00	30.59	33.90	39.31
이킴B	0.00	30.19	32.48	41.50
이킴C	0.00	33.69	35.82	44.14

표 5-35. 이킴 실증저장 봄배추의 저장고별 타공필름포장 저장감모율(%)

저장일수(일)		0	60	75	90
이킴 B	40공포장	0.00	31.03	34.43	43.14
	56공포장	0.00	30.32	33.56	40.57
이킴 C	40공포장	0.00	33.69	37.54	47.89
	56공포장	0.00	33.37	36.62	42.87

(6) 장해발생율

저장고A와 B를 비교하면 약제를 살포하여 관행저장한 저장고에서 깨씨무늬증, 괴사반점이 적게 발생하였고 부패율도 낮았으며 중륵갈변은 많았다(표 5-36, 5-37, 5-38).

저장고B와 C를 비교하면 관행냉각 봄배추에서 깨씨무늬증과 괴사반점이 적었다.

저장고B와 C에서 타공수 간을 비교하면 40공 타공포장에서 깨씨무늬증과 중륵갈변이 많았고 괴사반점이 적었다.

건전성은 저장기간에 따라 낮아졌고 내부 부패성은 저장 75일차부터 모든 저장구에서 나타났으며 뿌리무름병은 저장 75일차부터 타공포장구에서만 발생하였다(그림 5-35).

표 5-36. 이킴A저장고 무커버 저장 봄배추의 장해발생률 변화

저장일수(일)	건전성	깨씨무늬증	괴사반점	부패성	중륵갈변	무름병
0	1.00	0.53	0.60	0.00	0.00	0.00
60	0.60	1.73	1.73	0.07	0.36	0.00
75	0.53	2.80	1.13	0.27	0.33	0.00
90	0.60	3.07	2.27	0.53	0.17	0.00

표 5-37. 이킴B저장고 저장 봄배추의 장해발생률 변화

저장일수 (일)		건전성	깨씨무늬증	괴사반점	부패성	중록갈변	무름병
무 커 버	0	1.00	0.33	0.53	0.00	0.00	0.00
	60	0.60	1.47	1.60	0.00	0.40	0.00
	75	0.67	1.80	1.43	0.27	0.29	0.00
	90	0.53	2.80	1.87	0.27	0.40	0.00
40 공 포 장	0	1.00	0.47	0.73	0.00	0.00	0.00
	60	0.73	2.47	2.93	0.00	0.44	0.00
	75	0.73	2.80	1.80	0.20	0.53	0.07
	90	0.53	3.47	2.20	0.27	0.40	0.20
56 공 포 장	0	1.00	0.47	0.73	0.00	0.00	0.00
	60	0.67	1.79	1.60	0.00	0.60	0.00
	75	0.57	2.40	1.93	0.20	0.33	0.07
	90	0.73	3.20	2.60	0.40	0.27	0.20

표 5-38. 이킴C저장고 저장 봄배추의 장해발생률 변화

저장일수 (일)		건전성	깨씨무늬증	괴사반점	부패성	중록갈변	무름병
무 커 버	0	1.00	0.53	0.47	0.00	0.00	0.00
	60	0.80	2.53	2.40	0.20	0.40	0.13
	75	0.73	3.27	2.27	0.27	0.27	0.20
	90	0.67	3.40	4.00	0.27	0.40	0.20
40 공 포 장	0	1.00	0.53	0.60	0.00	0.00	0.00
	60	0.60	2.80	2.93	0.00	0.53	0.13
	75	0.60	3.07	3.00	0.27	0.33	0.20
	90	0.60	3.53	4.53	0.27	0.47	0.20
56 공 포 장	0	1.00	0.53	0.47	0.00	0.00	0.00
	60	0.60	2.73	2.53	0.00	0.40	0.17
	75	0.67	2.33	2.47	0.27	0.40	0.20
	90	0.67	3.27	4.21	0.27	0.40	0.20

저장방식		75일차 해당 사진				
이킴관행냉각	무포장					
약제살포+이킴관행냉각	무포장					
	20공					
	30공					
약제살포+완만냉각	무포장					
	20공					
	30공					

그림 5-35. 이킴 실증저장 봄배추의 중량 측정과 장해발생 측정

다. 이킴 실증저장 요약

이킴의 봄배추 실증저장 결과 56공 타공포장을 하여 중량감소율이 절반으로 줄었고, 정선손실률은 증가하였으며, 저장감모율은 기존 관행저장(39.31%)보다 조금 낮았다(40.57%). 약제를 살포하여 장해발생이 낮아졌다. 이킴의 관행저장방법은 저장고를 10℃로 설정하고 봄배추를 2-3일간 채운다음 습도가 85%에 도달한 다음에 1일 1℃씩 냉각하여 1.5℃에서 저장하는 방법이다.

6. 봄배추 실증저장 요약

봄배추 북파주농협 소형 저온저장고, 전곡농협 대형 저온저장고, (주)이킴중형 저온

저장고, (주)하늘마음 지하 저온저장고에 실증저장한 결과 북파주농협 30평 저장고에서 90일간 저장감모율이 10.5%로 가장 낮았고 장해발생도 적어서 가장 성공적이었다. 즉 봄배추를 6월 중순에 결구가 90% 되었을 때 배추밭에 락스 100ml와 테부코나졸 200ml를 물 1,000L에 혼합하여 배추밭 300평에 살포하고, 다음날 새벽에 수확하여 배추상자에 4-6포기씩 담아 펠릿에 7단으로 쌓고 40공 필름으로 포장하여 저온저장고에 적재하였다. 저온저장고는 미리 청소하고 락스 0.01% 용액으로 소독(30L/30평)하고 밀폐한 다음 7℃로 냉각하였다. 봄배추는 30평 저온저장고에 1일 1회 14펠릿(약 7톤)씩 5회에 나누어 채우고 밀폐하여 2℃로 냉각하여 90일간 유지하였다. 이때 산소농도는 밀폐 후 2일차에 16.0%로 낮아졌다가 점차 올라가서 19.5%로 유지되었고 이산화탄소농도는 3.8%로 높아졌다가 0.04%로 낮아져서 유지되었다. 저장 90일차 봄배추의 중량은 6.11% 감소되었고 순정선손실률(90일차 정선손실률-0일차 정선손실률)은 4.71%로 저장 90일간의 중량 및 손상감모율은 10.5%였다.

제 6절 장기저장 봄배추의 김치가공 적성 평가

1. 시험개요

배추는 2019년 충북 보은에서 재배된 청나 품종 봄배추(우리종묘(주))로 수확시점에 개체 당 중량은 1.8-3.6 kg이었다. 수확 시 이물질을 제거하여 겉잎을 다듬은 후 배추상자에 4-5개를 담고 팔레트에 6단을 적재하여 저온저장고에 저장하였다. 배추저장은 보은 과일렛저장고(가로 1,300mm 세로 1,500mm, 높이 2,000mm)를 이용하였고 저장기간별 배추의 품질분석과 절임 및 김치제조는 세계김치연구소에서 수행하였다.

시험 저장고에 배추는 30상자씩 보관하면서 냉각속도(1℃/day: 초완만냉각, 2℃/day: 완만냉각, 4℃/day: 저중속냉각, 6℃/day: 중중속냉각, 8℃/day: 고중속냉각, 24℃/day: 급속냉각)를 달리하여 90일까지 저장하였다. 저장 60일차와 90일차 봄배추의 품질을 김치로 담가 가공적성을 평가하였는데 이때 사용한 대조구는 여름 생배추를 사용하였다. 처리구별 김치 가공적성은 막김치를 담가서 평가하였다.

막김치 제조는 배추를 3 × 3cm 씩 균등하게 자른 뒤 정제염으로 만든 25%(w/v) 고염수에서 30분간 절여주었다. 절임배추는 3회 세척하고 60분간 자연탈수한 뒤 절임배추 80% 대 김치양념((주)뜨레찬) 20% 비율로 혼합하여 막김치를 제조하였다. 제조된 김치는 플라스틱통(지름 11.5cm, 높이 8.3cm)에 포장한 후, 4℃에서 5주간 보관하면서 주별로 이화학적 미생물학적 특성과 관능적 품질을 평가하였다.

가. 저장 봄배추의 김치가공 적성 평가

(1) 김치 가공수율

(가) 절단수율

다듬은 배추의 추대, 장애가 심한 잎 등 김치 원료로 사용할 수 없는 부위(배추심과 고갱이 포함)를 제거한 다음 절단 전과 후의 배추 무게 변화량을 백분율로 표기하였다.

$$\text{절단수율(\%)} = \frac{\text{절단 후 배추무게}}{\text{절단 전 배추무게}} \times 100$$

(나) 절임수율

배추의 절임 전과 절임 후의 무게 변화량을 백분율로 표기한 것으로 5 kg의 배추중량을 맞춘 상태에서 포화염수에 절이고 탈수한 후 중량을 측정하였다.

$$\text{절임수율(\%)} = \frac{\text{절임 후 배추무게}}{\text{절임 전 배추무게}} \times 100$$

(2) 막김치 제조와 발효

(가) 막김치 제조

물 45 L와 소금 15.5 kg을 혼합하여 포화염수 50 L를 제조하였다. 배추를 3 cm 길이로 자른 뒤 5 kg로 중량을 맞추어 망에 담았다. 준비된 포화 염수에 배추 망이 충분히 잠기도록 넣고 30분 간 절였다. 수도수에서 3회 세척하고 60분 간 중력탈수하였다. 탈수배추를 비닐봉투에 담고 양념을 혼합하였다.

(나) 포장과 발효

양념을 혼합한 막김치를 PET병에 약 500 g씩 담아 밀봉하고 10℃ 저장고에서 발효시키면서 매주 품질을 평가하였다.

(3) 막김치 품질평가

(가) 당도 측정

막김치를 마쇄하여 균질화 한 뒤 2점의 거즈로 짜서 여과한 것을 시료로 사용하였다. 시료 1 mL의 당도를 굴절당도계(PR-1, Atago Japan)로 측정하였다.

(나) 염도 측정

막김치를 마쇄하여 균질화 한 뒤 2점의 거즈로 짜서 여과한 것을 시료로 사용하였고 시료 1 mL를 취하여 전위차 염도계(Pal-salt 10, Atago, Japan)로 측정하였다.

(다) pH 측정

막김치를 마쇄하여 균질화 한 뒤 2점의 거즈로 짜서 여과한 것을 pH meter(Tiroline easy, Schott Instruments, Germany)를 이용해 측정하였다.

(라) 막김치 산도 측정

막김치 약 500 g을 마쇄하여 균질화 한 뒤 2점의 거즈로 짜서 여과한 것을 시료로 사용하였다. 0.1N NaOH로 시료의 pH가 8.1이 될 때까지 적정했을 때의 NaOH 소비량을 측정하여 산도를 계산하였다. 시료는 약 2-20 g을 채취하였다. 발효정도에 따라 시료에 증류수를 혼합해 사용하였다.

$$\text{산도(\%)} = \frac{\text{소비된 } 0.1 \text{ N NaOH (mL)} \times \text{NaOH의 역가} \times 0.009}{\text{적정에 사용된 시료액의 양 (mL)}} \times 100$$

(마) 유산균수 측정

막김치를 마쇄하여 균질화 한 뒤 2점의 거즈로 짜서 여과한 것을 시료로 사용하였다. 시료의 발효 정도에 따라 희석한 것을 MRS 배지에 100 μ l씩 분주하여 도달한 뒤 30℃에서 2일간 배양 후 생성된 집락을 계수하였다.

(바) 관능평가

강도평가와 기호도평가로 나누어 7점 척도법을 시행하였다. 강도평가는 짠맛, 신맛, 단맛, 조직감으로 항목을 구성하였고, 기호도평가는 외관, 전체적인 맛과 향, 단맛, 조직감, 종합 기호도로 구성하였다. 시료는 난수를 설정하여 일회용 용기에 소분하였다. 12명의 패널이 다음 표와 같은 기준으로 막김치의 품질을 평가하였다.

표 6-1. 강도평가 점수 기준

점수	1	2	3	4	5	6	7
품질	매우 약하다	약하다	약간 약하다	보통이다	약간 강하다	강하다	매우 강하다

표 6-2. 기호도평가 점수 기준

점수	1	2	3	4	5	6	7
품질	매우 나쁘다	나쁘다	약간 나쁘다	보통이다	약간 좋다	좋다	매우 좋다

2. 저장 60일차 봄배추를 이용한 막김치 품질평가

가. 저장 60일차 봄배추의 김치 가공수율

(1) 절단수율

저장 60일차 다듬은 봄배추의 절단 전 무게는 평균 17.25 ± 0.94 kg이었고 비가식부위를 제거하고 절단한 배추의 무게는 15.94 ± 0.97 kg이었다. 동해를 입어 김치원료로 거의 사용할 수 없었던 급속냉각을 제외한 4개 처리구들의 절단수율은 평균 $92.37 \pm 1.58\%$ 였다. 저장 60일차 봄배추의 절단수율은 저중속냉각에서 높았고 완만냉각에서 낮았다.

표 6-3. 저장 60일차 봄배추로 제조한 막김치의 절단수율

냉각속도	절단 전 무게(kg)	절단 후 무게(kg)	절단수율(%)
급속냉각	11.45	6.20	54.15
고중속냉각	18.80	17.55	93.35
중중속냉각	16.30	15.10	92.64
저중속냉각	16.85	15.80	93.77
완만냉각	17.05	15.30	89.74
평균(급속냉각 제외)	17.25 ± 0.94	15.94 ± 0.97	92.37 ± 1.58

(2) 절임수율

포화염수에 절인 후 배추의 무게는 5 kg에서 평균 4.36 ± 0.16 kg으로 감소하여 저장 60일차 봄배추의 절임수율은 평균 $87.25 \pm 3.27\%$ 로 측정되었다. 저장 60일차 봄배추의 절임수율은 저중속냉각에서 높았고 고중속냉각에서 낮았다.

표 6-4. 저장 60일차 봄배추로 제조한 막김치의 절임수율

냉각속도	절임 전 무게(kg)	절임 후 무게(kg)	절임수율(%)
급속냉각	5.00	4.45	89.00
고중속냉각	5.00	4.15	83.00
중중속냉각	5.00	4.30	86.00
저중속냉각	5.00	4.60	92.00
완만냉각	5.00	4.40	88.00
평균	5.00	4.36 ± 0.16	87.25 ± 3.27

나. 발효 0주차 막김치의 품질

(1) 이화학적 특성

- (가) 당도 : 발효 0주차 막김치의 당도는 평균 10.01 ± 0.76 brix로 급속냉각이 가장 높았고 저중속냉각이 가장 낮았다.
- (나) 염도 : 발효 0주차 막김치의 염도는 평균 2.39 ± 0.31 %로 급속냉각이 가장 높았고 고중속냉각이 가장 낮았다.
- (다) pH : 발효 0주차 막김치의 pH는 평균 5.77 ± 0.04 로 중중속냉각이 가장 높았고 고중속냉각과 완만냉각이 가장 낮았다.
- (라) 산도 : 발효 0주차 막김치의 산도는 평균 $0.27 \pm 0.02\%$ 로 고중속냉각이 가장 높았다.

표 6-5. 저장 60일차 봄배추로 제조한 막김치의 발효 0주차 이화학적 특성

냉각속도	당도(brix)	염도(%)	pH	산도(%)
급속냉각	11.5	2.96	5.75	0.26
고중속냉각	9.9	2.09	5.74	0.31
중중속냉각	9.7	2.36	5.85	0.26
저중속냉각	9.3	2.13	5.76	0.27
완만냉각	9.8	2.39	5.74	0.26
평균	10.04 ± 0.76	2.39 ± 0.31	5.77 ± 0.04	0.27 ± 0.02

(2) 유산균수

저장 60일차 봄배추로 담근 김치의 발효 0주차 유산균수는 평균 6.34×10^5 CFU/g로 중중속냉각에서 가장 높았고 급속냉각에서 가장 낮았다.

표 6-6. 저장 60일차 봄배추로 제조한 막김치의 발효 0주차 유산균수

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
유산균수 (CFU/g)	5.75×10^5	6.55×10^5	6.85×10^5	6.00×10^5	6.55×10^5	6.34×10^5

(3) 관능평가

저장 60일차 봄배추로 제조한 막김치의 발효 0주차 관능품질은 강도평가 결과 짠맛이 가장 강한 것은 급속냉각, 약한 것은 저중속냉각이었다. 신맛이 가장 강한 것은 급속냉각, 약한 것은 고중속냉각과 저중속냉각이었다. 단맛이 가장 강한 것은 완만냉각, 약한 것은 급속냉각이었다. 조직감이 가장 강한 것은 고중속냉각, 약한 것은 저중속냉각과 완만냉각이었다. 급속냉각이 짠맛과 신맛이 가장 높아 맛이 전체적으로 강한 것으로 보인다.

기호도평가 결과 외관이 가장 좋은 것은 고중속냉각, 나쁜 것은 저중속냉각이었다. 전체적인 맛과 향이 가장 좋은 것은 고중속냉각, 나쁜 것은 급속냉각이었다. 단맛이 가장 좋은 것은 저중속냉각과 완만냉각, 나쁜 것은 급속냉각이었다. 조직감이 가장 좋은 것은 급속냉각, 나쁜 것은 중중속냉각이었다. 종합 기호도가 가장 좋은 것은 고중속냉각, 나쁜 것은 급속냉각이었다. 고중속냉각이 외관, 전체적인 맛과 향, 조직감 항목에서 가장 높은 점수를 받았고 급속냉각이 전체적인 맛과 향, 단맛, 종합 기호도 항목에서 가장 낮은 점수를 받았다.

표 6-7. 저장 60일차 봄배추로 제조한 막김치의 발효 0주차 관능평가

구분	항목	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각
강도 평가	짠맛	5.42 ± 1.26	4.67 ± 1.60	4.67 ± 1.37	4.00 ± 1.08	4.75 ± 1.30
	신맛	3.42 ± 1.55	2.33 ± 1.18	3.00 ± 1.58	2.33 ± 0.75	2.92 ± 0.95
	단맛	2.83 ± 1.14	3.00 ± 1.00	2.92 ± 1.26	3.58 ± 0.86	3.67 ± 1.03
	조직감	4.33 ± 1.03	4.92 ± 1.11	4.25 ± 1.16	4.00 ± 0.91	4.00 ± 1.00
기호도 평가	외관	4.33 ± 1.18	4.75 ± 1.09	4.17 ± 1.07	4.08 ± 1.04	4.67 ± 1.25
	맛과 향	3.17 ± 1.34	4.25 ± 1.16	3.83 ± 1.14	4.00 ± 0.71	4.17 ± 1.14
	단맛	3.58 ± 0.95	3.67 ± 0.85	3.67 ± 0.94	4.00 ± 0.82	4.00 ± 1.00
	조직감	4.75 ± 0.83	4.50 ± 1.38	4.17 ± 1.40	4.33 ± 1.18	4.42 ± 1.11
	기호도	3.33 ± 1.11	4.17 ± 1.28	3.92 ± 1.32	3.83 ± 0.90	4.00 ± 1.15

다. 발효 1주차 막김치의 품질

(1) 이화학적 특성

- (가) 당도 : 발효 1주차 막김치의 당도는 평균 9.94 ± 0.83 brix로 급속냉각이 가장 높았고 저중속냉각이 가장 낮았다.
- (나) pH : 발효 1주차 막김치의 pH는 평균 4.29 ± 0.12 로 발효에 따라 pH가 낮아졌으며 급속냉각이 가장 높았고 완만냉각이 가장 낮았다.
- (다) 산도 : 발효 1주차 막김치의 산도는 평균 $0.94 \pm 0.03\%$ 로 발효에 따라 산도가 높아졌는데 급속냉각이 가장 높았고 저중속냉각이 가장 낮았다.

표 6-8. 저장 60일차 봄배추로 제조한 막김치의 발효 1주차 이화학적 특성

냉각속도	당도(brix)	pH	산도(%)
급속냉각	11.1	4.40	0.99
고중속냉각	10.3	4.34	0.95
중중속냉각	9.9	4.30	0.92
저중속냉각	9.1	4.27	0.91
완만냉각	9.3	4.14	0.92
평균	9.94 ± 0.83	4.29 ± 0.12	0.94 ± 0.03

(2) 유산균수

저장 60일차 봄배추로 담근 김치의 발효 1주차 유산균수는 평균 1.17×10^9 CFU/g로 0주차에 비해 대수적으로 증가했는데 완만냉각에서 가장 많았고 저중속냉각에서 가장 적었다.

표 6-9. 저장 60일차 봄배추로 제조한 막김치의 발효 1주차 유산균수(CFU/g)

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
유산균수 (CFU/g)	1.22×10^9	1.15×10^9	1.22×10^9	9.85×10^8	1.28×10^9	1.17×10^9

라. 발효 2주차 막김치의 품질

(1) 이화학적 특성

- (가) 당도 : 발효 2주차 막김치의 당도는 평균 10.08 ± 0.59 brix로 급속냉각이 가장 높았고 저중속냉각이 가장 낮았다.
- (나) pH : 발효 2주차 막김치의 pH는 평균 4.23 ± 0.04 로 발효에 따라 pH가 낮

아졌으며 급속냉각이 가장 높았고 저중속냉각이 가장 낮았다.

(다) 산도 : 발효 2주차 막김치의 산도는 평균 $1.27 \pm 0.53\%$ 로 발효에 따라 산도가 높아졌는데 중중속냉각이 가장 높았고 완만냉각이 가장 낮았다.

표 6-10. 저장 60일차 봄배추로 제조한 막김치의 발효 2주차 이화학적 특성

냉각속도	당도(brix)	pH	산도(%)
급속냉각	10.9	4.28	1.02
고중속냉각	10.3	4.26	1.62
중중속냉각	10.2	4.23	1.67
저중속냉각	9.4	4.18	1.06
완만냉각	9.7	4.21	0.98
평균	10.08 ± 0.59	4.23 ± 0.04	1.27 ± 0.53

(2) 유산균수

저장 60일차 봄배추로 담근 막김치의 발효 2주차 유산균수는 평균 4.67×10^8 CFU/g로 1주차에 비해 균수가 감소했는데 급속냉각에서 가장 높았고 고중속냉각에서 가장 낮았다.

표 6-11. 저장 60일차 봄배추로 제조한 막김치의 발효 2주차 유산균수

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
유산균수 (CFU/g)	5.7×10^8	3.4×10^8	4.2×10^8	5.1×10^8	5.0×10^8	4.67×10^8

(3) 관능평가

강도평가 결과 짠맛이 가장 강한 것은 중중속냉각, 약한 것은 저중속냉각이었다. 신맛이 가장 강한 것은 중중속냉각, 약한 것은 저중속냉각이었다. 단맛이 가장 강한 것은 완만냉각, 약한 것은 고중속냉각이었다. 조직감이 가장 강한 것은 완만냉각, 약한 것은 중중속냉각이었다. 중중속냉각이 짠맛과 신맛이 가장 강하여 맛이 전체적으로 강한 것으로 보인다.

기호도평가 결과 외관이 가장 좋은 것은 고중속냉각, 나쁜 것은 저중속냉각이었다. 전체적인 맛과 향이 가장 좋은 것은 고중속냉각, 나쁜 것은 급속냉각이었다. 단맛이 가장 좋은 것은 중중속냉각, 나쁜 것은 급속냉각이었다. 조직감이 가장 좋은 것은 고중속냉각, 나쁜 것은 중중속냉각과 저중속냉각이었다. 종합 기호도가 가장 좋은 것은 고중속냉각, 나쁜 것은 완만냉각이었다.

표 6-12. 저장 60일차 봄배추로 제조한 막김치의 발효 2주차 관능평가

구분	항목	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각
강도 평가	짠맛	4.75±0.75	4.42±0.51	5±0.95	4.17±0.94	4.5±1.31
	신맛	5.00±0.85	5.25±0.87	5.42±1.08	4.33±0.98	4.50±1.09
	단맛	3.00±0.60	3.50±1.24	3.50±1.09	3.17±0.83	3.75±1.06
	조식감	3.83±0.83	4.08±1.24	3.75±0.62	3.92±0.90	4.42±1.00
기호도 평가	외관	4.67±1.07	5.17±0.94	4.75±0.75	4.50±1.24	4.67±1.15
	맛과 향	3.67±0.98	4.42±1.08	4.00±1.21	4.33±0.49	3.92±1.08
	단맛	3.17±0.83	3.92±1.00	4.08±1.16	3.83±1.11	3.83±1.11
	조식감	4.08±1.16	4.50±1.38	4.00±0.95	4.00±0.95	4.25±1.22
	기호도	3.92±1.00	4.67±1.23	4.08±1.16	4.25±0.75	3.83±1.53

마. 발효 3주차 막김치의 품질

(1) 이화학적 특성

- (가) 당도 : 발효 3주차 막김치의 당도는 평균 10.3±0.90 brix이며, 급속냉각이 가장 높았고 저중속냉각이 가장 낮았다.
- (나) pH : 발효 3주차 막김치의 pH는 평균 3.92±0.08로 저장 중 발효되어 pH가 낮아졌는데 급속냉각이 가장 낮았고 저중속냉각이 가장 높았다.
- (다) 산도 : 발효 3주차 막김치의 산도는 평균 1.16±0.22%로 저장중 발효되어 산도가 높아진 것을 알 수 있다. 중중속냉각이 가장 높았고 저중속냉각이 가장 낮았다.

표 6-13. 저장 60일차 봄배추로 제조한 막김치의 발효 3주차 이화학적 특성

냉각속도	당도(brix)	pH	산도(%)
급속냉각	11.2±0.70	3.85±0.18	1.17±0.01
고중속냉각	10.6±0.90	3.92±0.01	1.20±0.10
중중속냉각	10.0±0.40	3.91±0.04	1.40±0.45
저중속냉각	9.1±0.10	3.98±0.02	0.94±0.07
완만냉각	10.5±0.00	3.94±0.06	1.10±0.02
평균	10.3±0.90	3.92±0.08	1.16±0.22

(2) 유산균수

저장 60일차 봄배추로 담근 막김치의 발효 3주차 유산균수는 평균 5.0×10^8 CFU/g로 2주차 막김치 유산균수와 비슷하게 측정되었다. 특히 고중속냉각이 가장 높았고, 저중속냉각이 가장 낮았다.

표 6-14. 저장 60일차 봄배추로 제조한 막김치의 발효 3주차 유산균수

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
유산균수 (CFU/g)	5.9×10^8	6.1×10^8	5.6×10^8	2.4×10^8	5.1×10^8	5.0×10^8

바. 발효 4주차 막김치의 품질

(1) 이화학적 특성

- (가) 당도 : 발효 4주차 막김치의 당도는 평균 10.3 ± 0.80 brix이며, 급속냉각이 가장 높았고 저중속냉각이 가장 낮았다.
- (나) pH : 발효 4주차 막김치의 pH는 평균 4.05 ± 0.05 로 측정되었다. 완만냉각이 가장 낮았고 고중속냉각이 가장 높았다.
- (다) 산도 : 발효 4주차 막김치의 산도는 평균 $1.20 \pm 0.03\%$ 로 저장 중 발효되어 산도가 높아진 것을 알 수 있다. 중중속냉각이 가장 높았고 저중속냉각이 가장 낮았다.

표 6-15. 저장 60일차 봄배추로 제조한 막김치의 발효 4주차 이화학적 특성

냉각속도	당도(brix)	pH	산도(%)
급속냉각	11.2 ± 0.10	4.06 ± 0.01	1.22 ± 0.00
고중속냉각	10.3 ± 0.00	4.13 ± 0.06	1.20 ± 0.04
중중속냉각	11.1 ± 0.10	4.03 ± 0.00	1.24 ± 0.02
저중속냉각	9.4 ± 0.10	4.03 ± 0.04	1.17 ± 0.03
완만냉각	9.8 ± 0.40	4.01 ± 0.01	1.19 ± 0.03
평균	10.3 ± 0.80	4.05 ± 0.05	1.20 ± 0.03

(2) 유산균수

저장 60일차 봄배추로 담근 김치의 발효 4주차 유산균수는 평균 4.2×10^8 CFU/g로 2주차 막김치 유산균수와 비슷하게 측정되었다. 특히 고중속냉각이 가장 높았고, 저중속냉각이 가장 낮았다.

표 6-16. 60일차 봄배추로 제조한 막김치의 4주차 유산균수

냉각속도	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
유산균수 (CFU/g)	3.6×10^8	3.6×10^8	5.2×10^8	4.3×10^8	4.4×10^8	4.2×10^8

(3) 관능평가

저장 60일차 봄배추로 제조한 막김치의 관능평가는 강도평가 결과 짠맛이 가장 강한 것은 급속냉각, 약한 것은 저중속냉각이었다. 신맛이 가장 강한 것은 완만냉각, 약한 것은 저중속냉각이었다. 단맛이 가장 강한 것은 저중속냉각, 약한 것은 급속냉각과 중중속냉각이었다. 조직감이 가장 강한 것은 고중속냉각, 약한 것은 중중속냉각이었다. 완만냉각이 짠맛과 신맛이 가장 강하여 맛이 전체적으로 센 것으로 보인다.

기호도평가 결과 외관이 가장 좋은 것은 완만냉각, 나쁜 것은 급속냉각이었다. 전체적인 맛과 향이 가장 좋은 것은 중중속냉각, 나쁜 것은 급속냉각이었다. 단맛이 가장 좋은 것은 저중속냉각, 나쁜 것은 급속냉각이었다. 조직감이 가장 좋은 것은 고중속냉각, 나쁜 것은 급속냉각과 저중속냉각이었다. 종합 기호도가 가장 좋은 것은 고중속냉각, 나쁜 것은 급속냉각이었다.

표 6-17. 60일차 봄배추로 제조한 막김치의 4주차 관능평가

구분	항목	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각
강도 평가	짠맛	4.77±1.42	4.62±1.39	4.69±1.18	4.08±1.04	4.54±1.45
	신맛	5.77±1.09	5.69±1.32	5.77±0.93	5.38±1.19	6.15±0.90
	단맛	3.15±1.52	3.31±1.25	3.15±1.41	3.77±1.59	3.31±1.44
	조직감	4.00±1.22	4.69±0.75	3.54±1.05	4.62±1.04	4.00±1.00
기호도 평가	외관	3.54±1.13	4.77±0.93	4.85±1.41	4.00±1.29	4.92±0.95
	맛과 향	3.54±1.51	4.31±1.25	4.54±1.45	4.23±1.36	3.92±1.32
	단맛	3.31±1.60	3.92±1.38	4.08±1.26	4.23±1.64	3.85±1.41
	조직감	4.23±1.30	4.69±1.11	3.85±1.41	4.23±1.17	4.31±1.03
	기호도	3.31±1.38	4.38±1.33	4.23±1.24	4.15±1.41	3.92±1.32

3. 저장 90일차 봄배추를 이용한 막김치 품질평가

가. 저장 90일차 봄배추의 김치 가공수율

(1) 절단수율

저장 90일차 다듬은 봄배추의 절단 전 무게는 평균 17.85±1.13kg이었고 비

가식부위를 제거한 다음 절단한 후 배추의 무게는 $13.31 \pm 0.85 \text{kg}$ 이었다. 배추가 동해를 입어 김치원료로 거의 사용할 수 없었던 급속냉각과 대조구(여름생배추)를 제외한 4개의 처리구들의 절단수율은 평균 $78.6 \pm 6.02\%$ 였다. 저장 90일차 봄배추의 절단수율은 저중속냉각에서 여름배추와 비슷한 수준으로 높았고 급속냉각과 고중속냉각에서 낮았다.

표 6-18. 90일차 봄배추로 제조한 막김치의 절단수율

냉각속도	절단 전 무게(kg)	절단 후 무게(kg)	절단수율(%)
여름 생배추	21.13	18.04	85.38
급속냉각	19.15	11.70	61.10
고중속냉각	19.22	13.29	69.15
중중속냉각	17.09	13.59	79.52
저중속냉각	16.44	14.12	85.89
완만냉각	17.33	13.84	79.86
평균	17.85 ± 1.13	13.31 ± 0.85	75.1 ± 8.83

(2) 절임수율

저장 90일차 봄배추를 포화염수에 절임 후 배추의 무게는 5 kg에서 평균 $3.58 \pm 0.20 \text{ kg}$ 으로 감소하여 절임수율은 평균 $71.50 \pm 3.91\%$ 로 측정되었다. 저장 90일차 절임수율은 고중속냉각과 중중속냉각에서 높았고 여름 생배추와 급속냉각에서 낮았다.

표 6-19. 저장 90일차 봄배추로 제조한 막김치의 절임수율

냉각속도	절임 전 무게(kg)	절임 후 무게(kg)	절임수율(%)
여름 생배추	5.00	3.36	67.20
급속냉각	5.00	3.36	67.20
고중속냉각	5.00	3.79	75.80
중중속냉각	5.00	3.77	75.40
저중속냉각	5.00	3.67	73.40
완만냉각	5.00	3.50	70.00
평균	5.00	3.58 ± 0.20	71.50 ± 3.91

나. 발효 0주차 막김치의 품질

(1) 이화학적 특성

- (가) 당도 : 발효 0주차 막김치의 당도는 평균 9.52 ± 0.29 brix로 급속냉각이 9.9 ± 0.00 으로 가장 높았고 중중속냉각이 9.1 ± 0.2 로 가장 낮았다.
- (나) 염도 : 발효 0주차 막김치의 염도는 평균 $2.48 \pm 0.24\%$ 로 급속냉각이 2.76 ± 0.18 로 가장 높았고 중중속냉각이 2.19 ± 0.00 로 가장 낮았다.
- (다) pH : 발효 0주차 막김치의 pH는 평균 5.89 ± 0.03 로 중중속냉각이 5.94 ± 0.01 로 가장 높았고 생배추가 5.85 ± 0.03 로 가장 낮았다.
- (라) 산도 : 발효 0주차 막김치의 산도는 평균 $0.29 \pm 0.01\%$ 로 저중속냉각이 0.27 ± 0.00 로 가장 낮았고 여름생배추가 0.31 ± 0.01 로 가장 높았다.

표 6-20. 90일차 봄배추로 제조한 막김치의 0주차 이화학적 특성

냉각속도	당도(brix)	염도(%)	pH	산도(%)
여름 생배추	9.70 ± 0.28	2.58 ± 0.07	5.85 ± 0.03	0.31 ± 0.01
급속냉각	9.9 ± 0.00	2.76 ± 0.18	5.87 ± 0.01	0.30 ± 0.00
고중속냉각	9.4 ± 0.2	2.20 ± 0.02	5.89 ± 0.13	0.29 ± 0.01
중중속냉각	9.1 ± 0.2	2.19 ± 0.00	5.94 ± 0.01	0.28 ± 0.02
저중속냉각	9.5 ± 0.00	2.47 ± 0.00	5.92 ± 0.03	0.27 ± 0.00
완만냉각	9.6 ± 0.1	2.66 ± 0.03	5.88 ± 0.01	0.29 ± 0.00
평균	9.52 ± 0.29	2.48 ± 0.24	5.89 ± 0.03	0.29 ± 0.01

(2) 유산균수

저장 90일차 봄배추로 담근 김치의 발효 0주차 유산균수는 평균 5.3×10^5 CFU/g로 고중속냉각이 1.1×10^4 로 가장 낮았고 급속냉각이 5.4×10^5 로 가장 높았다.

표 6-21. 저장 90일차 봄배추로 제조한 막김치의 0주차 유산균수

냉각속도	여름 생배추	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
유산균수 (CFU/g)	5.3×10^5	5.4×10^5	1.1×10^4	6.5×10^4	3.8×10^5	4.3×10^5	5.3×10^5

(3) 관능평가

저장 90일차 봄배추로 제조한 막김치의 관능평가는 강도평가 결과 짠맛이 가장 강한 것은 완만냉각, 약한 것은 중중속냉각이었다. 신맛이 가장 강한 것은

급속냉각과 저중속냉각, 약한 것은 중중속냉각 이었다. 단맛이 가장 강한 것은 고중속냉각과 중중속냉각, 약한 것은 생배추였다.

기호도평가 결과 외관이 가장 좋은 것은 생배추와 중중속냉각, 나쁜 것은 급속냉각이었다. 전체적인 맛과 향이 가장 좋은 것은 생배추, 나쁜 것은 급속냉각이었다. 조직감이 가장 좋은 것은 생배추, 나쁜 것은 저중속냉각과 완만냉각 이었다. 종합 기호도가 가장 좋은 것은 생배추와 저중속냉각, 나쁜 것은 급속냉각이었다.

표 6-22. 저장 90일차 봄배추로 제조한 막김치의 발효 0주차 관능평가

구분	항목	여름 생배추	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각
강도 평가	짠맛	4.30±1.42	4.90±2.13	4.40±1.07	4.00±1.33	4.90±1.10	5.60±1.51
	신맛	2.10±1.20	2.30±1.42	2.20±1.32	1.80±1.03	2.30±1.49	1.90±1.20
	단맛	3.40±1.26	3.70±1.42	4.80±1.69	4.80±1.03	4.70±1.49	3.60±1.26
기호도 평가	외관	5.10±0.74	3.60±1.26	4.70±1.57	5.10±1.20	4.00±1.05	4.40±1.26
	맛과 향	5.00±1.25	3.70±1.06	4.70±1.06	3.80±1.03	4.30±1.16	4.20±1.48
	조직감	4.80±0.92	4.70±1.16	4.00±1.25	4.60±1.30	3.90±1.52	3.90±1.29
	기호도	4.60±1.26	3.30±1.49	4.10±1.20	5.10±1.52	4.60±1.43	3.60±1.35

다. 발효 1주차 막김치의 품질

(1) 이화학적 특성

- (가) 당도 : 발효 1주차 막김치의 당도는 평균 9.52±0.73 brix로 급속냉각이 10.3±0.1로 가장 높았고 고중속냉각이 8.6±0.1로 가장 낮았다.
- (나) 염도 : 발효 1주차 막김치의 염도는 평균 2.44±0.26%로 급속냉각이 2.8±0.00로 가장 높았고 중중속냉각이 2.2±0.00로 가장 낮았다.
- (다) pH : 발효 1주차 막김치의 pH는 평균 4.40±0.13로 급속냉각이 4.61±0.02로 가장 높았고 고중속냉각이 4.31±0.01로 가장 낮았다.
- (라) 산도 : 발효 1주차 막김치의 산도는 평균 0.81±0.07%로 완만냉각이 0.89±0.00로 가장 높았고 급속냉각이 0.74±0.00으로 가장 낮았다.

표 6-23. 저장 90일차 봄배추로 제조한 막김치의 발효 1주차 이화학적 특성

냉각속도	당도(brix)	염도(%)	pH	산도(%)
여름 생배추	9.30±0.42	2.63±0.04	4.58±0.01	0.76±0.00
급속냉각	10.3±0.1	2.8±0.00	4.61±0.02	0.74±0.00
고중속냉각	8.6±0.1	2.2±0.00	4.31±0.01	0.81±0.04
중중속냉각	9.1±0.1	2.2±0.0	4.34±0.01	0.84±0.01
저중속냉각	9.4±0.1	2.4±0.01	4.44±0.01	0.77±0.00
완만냉각	10.2±0.1	2.6±0.0	4.32±0.04	0.89±0.00
평균	9.52±0.73	2.44±0.26	4.40±0.13	0.81±0.07

(2) 유산균수

저장 90일차 봄배추로 담근 김치의 발효 1주차 유산균수는 평균 1.0×10^9 CFU/g로 김치 유산균 수가 최고점에 도달하였다.

표 6-24. 저장 90일차 봄배추로 제조한 막김치의 발효 1주차 유산균수

냉각속도	여름 생배추	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
유산균수 (CFU/g)	1.1×10^8	1.0×10^9	1.3×10^9	1.3×10^9	1.1×10^9	1.4×10^9	1.0×10^9

(3) 관능평가

저장 90일차 봄배추로 제조한 막김치의 관능평가는 강도평가 결과 짠맛이 가장 강한 것은 급속냉각, 약한 것은 중중속냉각이었다. 신맛이 가장 강한 것은 생배추, 저중속냉각, 완만냉각, 약한 것은 고중속냉각 이었다. 단맛이 가장 강한 것은 완만냉각, 약한 것은 급속냉각였다.

기호도평가 결과 외관이 가장 좋은 것은 저중속냉각, 나쁜 것은 급속냉각이었다. 전체적인 맛과 향이 가장 좋은 것은 중중속냉각, 나쁜 것은 생배추였다. 조직감이 가장 좋은 것은 고중속냉각과 저중속냉각, 나쁜 것은 중중속냉각이었다. 종합 기호도가 가장 좋은 것은 저중속냉각, 나쁜 것은 중중속냉각이었다.

표 6-25. 저장 90일차 봄배추로 제조한 막김치의 발효 1주차 관능평가

구분	항목	여름 생배추	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각
강도 평가	짠맛	4.67±1.44	5.00±0.95	4.67±1.30	4.58±1.00	4.92±1.24	4.75±1.14
	신맛	4.00±1.81	3.67±1.23	3.58±1.31	3.75±1.06	4.00±1.28	4.00±1.13
	단맛	3.58±1.00	3.17±1.11	3.58±0.90	3.25±0.75	3.67±0.89	3.92±1.16
기호도 평가	외관	4.00±1.13	3.92±1.31	4.67±1.37	4.17±1.47	4.92±1.08	4.42±1.31
	맛과 향	3.83±1.19	4.50±1.38	4.42±0.79	4.58±0.90	4.42±1.24	4.50±0.90
	조식감	4.25±1.14	4.17±0.94	4.50±0.90	4.00±1.35	4.50±1.09	4.42±1.00
	기호도	4.00±1.54	4.00±1.54	3.92±0.79	3.75±1.66	4.33±1.30	3.92±0.90

라. 발효 2주차 막김치의 품질

(1) 이화학적 특성

- (가) 당도 : 발효 2주차 막김치의 당도는 평균 9.32±0.40 brix로 급속냉각이 9.8±0.4로 가장 높았고 중중속냉각이 8.7±0.00로 가장 낮았다.
- (나) 염도 : 발효 2주차 막김치의 염도는 평균 2.59±0.21%로 생배추가 2.85±0.00로 가장 높았고 중중속냉각이 2.36±0.03로 가장 낮았다.
- (다) pH : 발효 2주차 막김치의 pH는 4.23±0.10로 급속냉각이 4.41±0.01로 가장 높았고 고중속냉각이 4.15±0.02로 가장 낮았다.
- (라) 산도 : 발효 2주차 막김치의 산도는 평균 0.98±0.07%로 완만냉각이 1.05±0.01%로 가장 높았고 급속냉각이 0.89±0.00%으로 가장 낮았다.

표 6-26. 저장 90일차 봄배추로 제조한 막김치의 발효 2주차 이화학적 특성

냉각속도	당도(brix)	염도(%)	pH	산도(%)
여름 생배추	9.20±0.00	2.85±0.00	4.26±0.01	0.90±0.01
급속냉각	9.3±0.00	2.79±0.01	4.41±0.01	0.89±0.00
고중속냉각	9.2±0.2	2.41±0.00	4.15±0.03	1.05±0.01
중중속냉각	8.7±0.00	2.36±0.03	4.17±0.02	1.00±0.03
저중속냉각	9.8±0.4	2.46±0.01	4.18±0.03	1.01±0.06
완만냉각	9.7±0.1	2.69±0.01	4.18±0.04	1.05±0.01
평균	9.32±0.40	2.59±0.21	4.23±0.10	0.98±0.07

(2) 유산균수

저장 90일차 봄배추로 담근 막김치의 발효 2주차 유산균수는 평균 9.9×10^8 CFU/g이며, 급속냉각이 5.7×10^8 로 가장 낮았고, 완만냉각이 1.4×10^9 로 가장 높았다.

표 6-27. 저장 90일차 봄배추로 제조한 막김치의 발효 2주차 유산균수

냉각속도	여름 생배추	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
유산균수 (CFU/g)	9.0×10^8	5.7×10^8	9.7×10^8	1.0×10^9	1.0×10^9	1.4×10^9	9.9×10^8

마. 발효 3주차 막김치의 품질

(1) 이화학적 특성

(가) 당도 : 발효 3주차 막김치의 당도는 평균 8.98 ± 0.60 brix로 급속냉각이 9.95 ± 0.21 이고 가장 높았고 중중속냉각이 8.30 ± 0.14 로 가장 낮았다.

(나) 염도 : 발효 3주차 막김치의 염도는 평균 $2.52 \pm 0.32\%$ 이고 급속냉각이 $3.10 \pm 0.00\%$ 로 가장 높았고 고중속냉각이 $2.29 \pm 0.01\%$ 로 가장 낮았다.

(다) pH : 발효 3주차 막김치의 pH는 평균 4.11 ± 0.08 이고 생배추가 4.23 ± 0.04 로 가장 높았고 저중속냉각이 4.02 ± 0.03 로 가장 낮았다.

(라) 산도 : 발효 3주차 막김치의 산도는 평균 $1.03 \pm 0.06\%$ 이고 완만냉각이 $1.10 \pm 0.01\%$ 로 가장 높았고 생배추가 $0.93 \pm 0.00\%$ 으로 가장 낮았다.

표 6-28. 90일차 봄배추로 제조한 막김치의 발효 3주차 이화학적 특성

냉각	당도(brix)	염도(%)	pH	산도(%)
여름 생배추	8.95 ± 0.07	2.33 ± 0.23	4.23 ± 0.04	0.93 ± 0.00
급속냉각	9.95 ± 0.21	3.10 ± 0.00	4.18 ± 0.03	1.00 ± 0.02
고중속냉각	8.55 ± 0.21	2.29 ± 0.01	4.07 ± 0.00	1.03 ± 0.00
중중속냉각	8.30 ± 0.14	2.29 ± 0.01	4.07 ± 0.03	1.04 ± 0.01
저중속냉각	8.75 ± 0.07	2.45 ± 0.00	4.02 ± 0.03	1.05 ± 0.02
완만냉각	9.35 ± 0.07	2.64 ± 0.00	4.08 ± 0.04	1.10 ± 0.01
평균	8.98 ± 0.60	2.52 ± 0.32	4.11 ± 0.08	1.03 ± 0.06

(2) 유산균수

저장 90일차 봄배추로 담근 막김치의 발효 3주차 유산균수는 평균 9.9×10^8 CFU/g이며, 중중속냉각이 5.7×10^8 로 가장 낮았고, 완만냉각이 1.7×10^9 로 가장 높았다.

표 6-29. 저장 90일차 봄배추로 제조한 막김치의 발효 3주차 유산균수

냉각속도	여름 생배추	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
유산균수 (CFU/g)	1.1×10^9	1.0×10^9	8.3×10^8	5.7×10^8	8.4×10^8	1.7×10^9	9.9×10^8

바. 발효 5주차 막김치의 품질

(1) 이화학적 특성

- (가) 당도 : 발효 5주차 막김치의 당도는 평균 9.31 ± 0.45 brix이고 급속냉각이 9.75 ± 0.07 로 가장 높았고 완만냉각이 8.80 ± 0.14 로 가장 낮았다.
- (나) pH : 발효 5주차 막김치의 pH는 평균 4.07 ± 0.06 이고 저중속냉각이 3.96 ± 0.00 로 가장 낮았고 생배추가 4.11 ± 0.01 로 가장 높았다.
- (다) 산도 : 발효 5주차 막김치의 산도는 평균 $1.04 \pm 0.02\%$ 이고 완만냉각이 $0.89 \pm 0.00\%$ 로 가장 높았고 급속냉각이 $0.74 \pm 0.00\%$ 으로 가장 낮았다.

표 6-30. 저장 90일차 봄배추로 제조한 막김치의 발효 5주차 이화학적 특성

냉각속도	당도(brix)	pH	산도(%)
여름 생배추	9.65 ± 0.21	4.11 ± 0.01	1.02 ± 0.01
급속냉각	9.75 ± 0.07	4.05 ± 0.08	1.05 ± 0.02
고중속냉각	8.90 ± 0.14	4.08 ± 0.05	1.02 ± 0.01
중중속냉각	8.80 ± 0.14	4.10 ± 0.04	1.05 ± 0.01
저중속냉각	9.00 ± 0.00	3.96 ± 0.00	1.05 ± 0.01
완만냉각	8.95 ± 0.07	3.97 ± 0.01	1.08 ± 0.00
평균	9.31 ± 0.45	4.07 ± 0.06	1.04 ± 0.02

(2) 유산균수

저장 90일차 봄배추로 담근 막김치의 발효 5주차 유산균수는 평균 8.36×10^8 CFU/g로 여름생배추가 1.04×10^8 로 가장 낮았고 완만냉각이 1.4×10^9 로 가장 높았다.

표 6-31. 저장 90일차 봄배추로 제조한 막김치의 발효 5주차 유산균수

냉각속도	생배추	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각	평균
유산균수 (CFU/g)	1.04×10^8	1.07×10^9	8.5×10^8	7.0×10^8	8.5×10^8	1.4×10^9	8.36×10^8

(3) 관능평가

저장 90일차 봄배추로 제조한 막김치의 관능평가는 강도평가 결과 짠맛이 가

장 강한 것은 급속냉각, 약한 것은 고중속냉각이었다. 신맛이 가장 강한 것은 중중속냉각, 약한 것은 완만냉각 이었다. 단맛이 가장 강한 것은 중중속냉각과 완만냉각, 약한 것은 급속냉각였다.

기호도평가 결과 외관이 가장 좋은 것은 저중속냉각, 나쁜 것은 급속냉각이었다. 전체적인 맛과 향이 가장 좋은 것은 중중속냉각, 나쁜 것은 생배추였다.

조직감이 가장 좋은 것은 생배추, 나쁜 것은 고중속냉각이었다. 종합 기호도가 가장 좋은 것은 저중속냉각, 나쁜 것은 중중속냉각이었다.

표 6-32. 저장 90일차 봄배추로 제조한 막김치의 5주차 관능평가

구분	항목	여름 생배추	급속냉각	고중속냉각	중중속냉각	저중속냉각	완만냉각
강도 평가	짠맛	4.33±1.12	4.78±0.67	4.00±1.58	4.44±0.88	4.33±.22	4.44±1.13
	신맛	4.89±2.03	5.11±1.27	4.78±1.39	5.22±0.09	4.89±1.27	4.78±1.86
	단맛	3.78±1.39	3.11±.27	3.44±1.13	3.89±1.36	3.33±1.41	3.89±1.54
기호도 평가	외관	3.89±0.93	3.78±0.83	4.33±1.12	4.11±0.93	4.44±1.01	4.11±1.17
	맛과 향	3.67±1.00	4.44±1.13	4.67±1.00	4.78±1.39	4.56±1.01	4.22±0.83
	조직감	4.67±1.50	4.33±1.41	3.78±1.48	3.89±0.93	4.22±1.09	3.56±1.74
	기호도	4.56±1.24	4.67±.50	4.33±.41	4.00±1.32	4.78±1.20	3.67±1.32

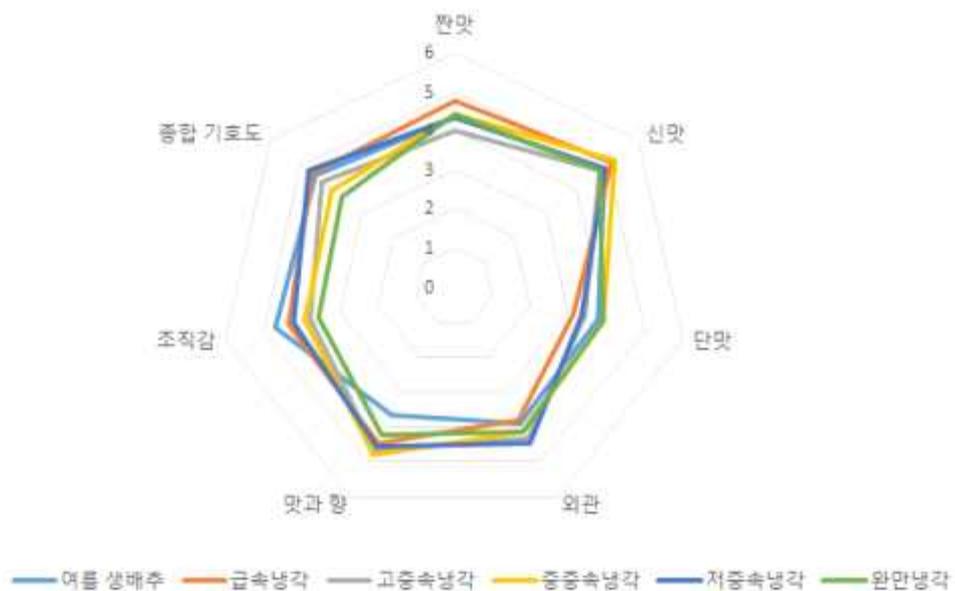


그림. 6-1. 저장 90일차 봄배추로 제조한 막김치 5주차 관능평가

4. 장기저장 봄배추의 김치가공 적성

저장 60일차 봄배추로 담근 막김치의 품질은 발효 4주차에 pH 4.05, 산도

1.20%, 유산균수 4.2×10^8 으로 정상적으로 발효되었고, 전체적인 기호도가 고중속냉각($6^\circ\text{C}/\text{day}$)에서 4.38로 우수하였다. 저장 90일차 봄배추로 담근 막김치의 품질은 발효 5주차에 pH 4.07, 산도 1.04%, 유산균수 8.36×10^8 으로 정상적으로 발효되었고, 전체적인 기호도가 저중속냉각($2^\circ\text{C}/\text{day}$)에서 4.78로 여름 생배추로 제조한 김치의 4.56보다 우수하였다.

제 7절 봄배추 장기저장 기술의 경제적 효용성 분석

1. 경제적 효용성 분석 필요성

가. 봄배추 장기저장의 필요성

배추(*Brassica campestris* L. ssp. *Pekinensis*)는 십자화과 채소로 한국에서는 가장 많이 소비되는 채소 중 하나로 주로 김치의 재료로 사용된다. 농작물 생산통계 자료(KOSIS)에 따르면 2018년 배추 총 생산량은 295만톤이며 계절별 생산비중은 봄배추 28.4%, 여름배추 9.4%, 가을배추 47.6%, 겨울배추 14.6%이다. 배추는 가정수요 뿐 아니라 상품김치의 소비 증가로 하절기에도 많은 수요가 있지만, 여름철 배추 산지(강원도)는 고온, 태풍 등 이상기후가 빈번히 발생하므로 안정적으로 재배하기 어렵고 그로 인한 가격변동도 크다(2.6배 차이). 이로 인해 김치 제조업체는 하절기에 배추를 안정적으로 공급받는 것이 기업경영에서 무엇보다 중요하다.

그 동안 봄배추 저장기간 연장을 위한 방법으로 차압식 및 진공식 예냉, CA(Controlled atmosphere) 저장 등의 연구들이 수행되어 왔지만 실제 현장에 적용된 사례는 미미한 실정이다. 이는 연구된 방법들이 너무 복잡하고 중소 김치제조업체들이 별도 시설을 구축해야 하는 등 경제적인 부담과 단가가 낮은 배추에 운영비 등 저장비용을 많이 투입하는 것이 현실적으로 맞지 않기 때문이다. 연구개발한 봄배추 장기저장을 실제 현장에서 활용하려면 김치공장에서 활용 시 경제성을 분석할 필요가 있다.

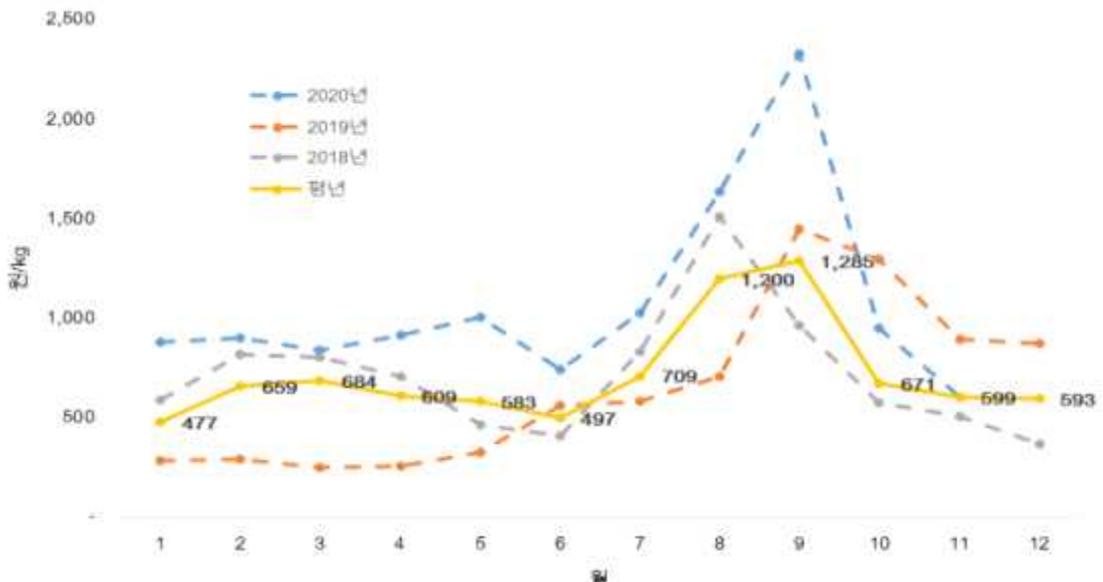


그림 7-1. 봄배추 도매가격 동향

나. 봄배추 장기저장 관련기술

배추는 호냉성 채소로 수확 이후에도 호흡, 증산 등의 생리작용이 진행된다. 배추를 장기저장하려면 호흡속도, 증산작용 및 각종 부패 미생물의 생육을 억제시켜 수확 당시의 품질을 유지해야 한다. 지금까지 배추 장기저장에 연구개발된 기술은 아래와 같다.

(1) 예냉(Pre-cooling)

- 강제통풍식: 저온 저장고의 냉각능력과 순환송풍량을 증대시켜 예냉하는 방식으로 간접 냉각방식은 냉각속도가 느리다.
- 차압통풍식: 저장고 내부에 차압실과 팬을 설치하여 유효 냉각 공기량을 증가시킴으로써 예냉하는 방식으로 강제통풍식에 비해 냉각속도가 빠르고 균일한 냉각이 가능하다.
- 진공냉각식: 공기의 압력이 낮아지면 물의 증발온도가 낮아지는 원리를 이용하여 감압하에서 배추로부터 수분이 증발할 때 발생하는 기화열에 의해 예냉하는 방식으로 단기간 냉각이 가능하지만 설치비와 운영비용이 높다.

(2) CA(Controlled atmosphere) 저장: 저장고 안의 기체농도를 제어하여 배추의 호흡속도를 지연시켜 품질변화를 최소화하는 기술이다.

(3) 1-MCP(1-methylcyclopropene) 처리: 배추의 노화를 촉진하는 에틸렌 작용 억제제인 1-MCP는 식물체내 에틸렌 수용체의 결합부위에 비가역적으로 결합하여 에틸렌의 작용을 억제시키는 기술이다.

(4) MAP(Modified atmosphere packaging): 저장고 안의 배추를 PE 필름 등으로 포장하여 필름내부의 기체조성과 습도를 조절하여 호흡 및 증산작용을 억제하는 기술이다.

다. 효율적인 봄배추 장기저장 방법

본 연구는 봄배추 장기저장을 실제 김치제조업체가 활용할 수 있는 실용적인 방법으로 개발하는 것이 목적이다. 엽채류인 배추는 장기저장하면 수분 증발로 선도가 저하되고 수확후 생리장애, 미생물에 의한 부패 등으로 인해 손실이 발생하게 된다. 배추는 한가지 조건으로 이를 해결하기 어렵고 재배단계부터 수확 및 수확 후 관리, 저장 등에 종합적인 관리가 요구된다. 봄배추는 냉장고에서 90일간 저장하면 약 27-30%의 중량이 감소되며, 비가식 부위를 제거하는 정선단계까지 포함하면 총 40-45%의 손실이 발생된다. 그 동안 장기저장 시 온습도 관리, 플라즈마 살균처리, CA 저장, MAP 효과에 관한 연구가 각각 진행되어왔는데, 본 연구는 채움율, 냉각온도, 냉각속도 및 포장재를 이용하여 온도, 습도, 기체조성을 한번에 조절하고 효과를 검증하였으며 개발된 효과적인 저장방법은 아래와 같다.

봄배추를 6월 중순에 결구가 90% 되었을 때 배추밭에 락스 100ml와 테부코나졸 200ml를 물 1,000L에 혼합하여 배추밭 300평에 살포하고, 다음날 새벽에 수확하여 배추상자에 4-6포기씩 담아 팠릿에 7단으로 쌓고 40공 필름으로 포장하여 저온저장고에 적재하였다. 저온저장고는 미리 청소하고 락스 0.01% 용액으로 소독(30L/30평)하고 밀폐한 다음 7℃로 냉각하였다. 봄배추는 30평 저온저장고에 1일 1회 14팠릿(약 7톤)씩 5회에 나누어 채우고 밀폐하여 2℃로 냉각하여 90일간 유지하였다. 이때 산소농도는 밀폐 후 2일차에 16.0%로 낮아졌다가 점차 올라가서 19.5%로 유지되었고 이산화탄소농도는 3.8%로 높아졌다가 0.04%로 낮아져서 유지되었다. 저장 90일차 봄배추의 중량은 6.11% 감소되었고 순정선손실률(90일차 정선손실률-0일차 정선손실률)은 4.71%로 저장 90일간의 중량 및 손상감모율은 10.5%였다.

연구 개발한 기술로 봄배추를 90일간 저장하면 저장감모율(중량 및 손상감모율)이 10.5%로 기존 관행저장의 19.9%보다 저장수율이 47.2% 증가였다. 관행저장의 중량감소율이 18.0%였고 순정선손실률이 2.3%(저장 90일 정선손실률 9.5%-저장 0일 정선손실률 7.2%)로 저장감모율은 19.9%였다. 그러나 신기술은 중량감소율이 6.1%였고 순정선손실률이 2.9%(저장 90일 정선손실률 10.1%-저장 0일 정선손실률 7.2%)로 저장감모율은 10.5%였다.



그림 7-2. 봄배추 장기저장방법

결론적으로 김치공장에서도 필요로 하는 저장기간은 3개월간 장기저장한 봄배추의 순저장손실률은 일시채움저장고에서 5.62-6.42%, 분할채움저장고에서 10.54-10.85%로 각각 분석되었고 이는 대조구 대비 모두 유의적으로 낮았다

2. 봄배추 장기저장 비용 산출

가. 비용항목

봄배추 장기저장 비용의 구성항목은 저장고 임대료, 설비가동비, 저장고 운영에 따른 소요 인건비, 배추상자 이용료, 포장재비 등의 포함되며,

전문가의 자문을 얻어 저장 비용을 산출하였다.

표 7-1. 봄배추 저장비용

구분	저장비용(원/kg)	비고
저장고 임대료	45원	평당 5만원/월
설비가동비(전력료)	12원	계절별 전력요금(산업용)
관리 인건비	45원	해당기간 1인 임시 고용
배추상자 이용료	16.3원	해당기간 상자 이용료
필름포장재비	3.1원	장당 2,250원(팔렛규격)
계	121.4원	

나. 비용 근거자료

봄배추 장기저장에 따라 발생하는 비용은 다음을 근거로 하였다.

배추가격은 서울시농수산물식품공사에서 공시한 평년 도매가격(상품)

※ 6월 배추: 497원/kg, 9월배추: 1,285원/kg

봄배추 순저장손실률은 실증시험 결과 5.5%, 10.5% 2가지로 나타남

봄배추 이동 경로는 산지에서 김치공장 저온저장고로 직접 이송하며,

저장고는 3개월(7-9월) 간 임대 사용을 전제로 하고, 50평 저장고에서 100 톤 저장

3. 봄배추 장기저장 기술 경제성 분석

6월 봄배추 kg당 가격(497원)에 3개월 저장비용을 추가하면 618.4원이 되고, 장기저장 기술로 인한 순저장손실률 5.5%, 10.5%를 포함하면 652.4원, 683.3원으로 분석된다.

이는 9월 여름배추 kg당 가격(1,285원) 대비 601-632원이 절감된 것이며 연간 1,000톤 저장을 기준으로 하면 600-630백만원이 절감되는 효과가 나타난다.

그리고, 여름배추는 수분함량이 높아서 봄배추 사용 시 절임수율 증가하고 여름배추에 비해 이물발생이 적으며, 관능품질이 향상되는 부가적 효과도 있다.

제 3장 연구개발 성과

제 1절 기술적 성과

1. 연구개발 기술 수준 및 기술 개발 성과

봄배추를 중량과 손상감모 10.5%로 90일간 저장하는 기술을 개발하여 김치공장 현장 저장고에서 실증저장을 하여 확인하였다. 개발된 기술은 봄배추 저장 현장에 그대로 적용할 수 있는 유용한 실용기술이다. 봄배추 90일 저장 실용기술은 다음과 같다.

봄배추를 6월 중순에 결구가 90% 되었을 때 배추밭에 락스 100ml와 테부코나졸 200ml를 물 1,000L에 혼합하여 배추밭 300평에 살포하고, 다음날 새벽에 수확하여 배추상자에 4-6포기씩 담아 팰릿에 7단으로 쌓고 40공 필름으로 포장하여 저온저장고에 적재하였다. 저온저장고는 미리 청소하고 락스 0.01% 용액으로 소독(30L/30평)하고 밀폐한 다음 7℃로 냉각하였다. 봄배추는 30평 저온저장고에 1일 1회 14팰릿(약 7톤)씩 5회에 나누어 채우고 밀폐하여 2℃로 냉각하여 90일간 유지하였다. 이때 산소농도는 밀폐 후 2일차에 16.0%로 낮아졌다가 점차 올라가서 19.5%로 유지되었고 이산화탄소농도는 3.8%로 높아졌다가 0.04%로 낮아져서 유지되었다.

저장 90일차 봄배추의 중량은 6.11% 감소되었고 순정선손실률(90일차 정선손실률-0일차 정선손실률)은 4.71%로 저장 90일간의 중량과 손상감모(저장감모율)은 10.5%였다.

2. 연구 실적물

가. 특허출원

- (1) 발명의 명칭 : 봄배추 저장고 및 이를 이용한 저장방법
- (2) 출원일자 : 2019. 11. 21.
- (3) 출원인 : 한국식품연구원 부설 세계김치연구소
- (4) 발명자 : 한용수 민승기 전준영 박해웅
- (5) 내용요약 : 봄배추를 냉해와 부패를 방지하는 최적의 냉각속도로 저장할 수 있는 봄배추 저장시스템 및 이를 이용한 저장방법으로, 봄배추가 투입된 상자를 팰릿에 적재하고 봄배추 상자의 측면을 필름으로 포장하며 봄배추에 유기산을 살포하고 1일 2-4℃씩 냉각하여 장기 저장하는 기술

나. 기술실시

출원한 특허를 기반으로 '봄배추 3개월 저장기술'을 진미농산영농조합법인에 2021년부터 5년간 통상실시 하였다.

다. 고용창출

연구사업과 관련하여 세계김치연구소에서 연구원 1명의 고용을 창출하였고, 기술 실시 관련하여 진미농산의 모회사인 (주)이킴에서 2명의 직원을 채용하였다.

라. 학술발표

과제관련하여 학술발표를 6회 하였다.

번호	발표제목	발표학회 (발표일자)	비고
1	봄배추 장기저장을 위한 냉각속도 연구	한국응용생명과학회 (2019.11.22)	포스터
2	장기저장한 봄배추로 담근 막김치의 품질 특성	한국응용생명과학회 (2019.11.22)	포스터
3	봄배추 장기저장에서 팻릿단위 기체조절 포장의 효과	한국산업식품공학회 (2020.11.27)	포스터
4	Partial stack cooling storage effects of spring kimchi cabbage	한국산업식품공학회 (2020.11.27)	포스터
5	Storage life extension of winter kimchi cabbage by cooling rate with wrapping and fungicide treatment	한국식품과학회 (2020.7.3.)	포스터
6	Quality changes of winter kimchi cabbage by box unit wrapping and fungicide treatment during cold storage	한국식품과학회 (2020.7.3.)	포스터

마. 논문게재

과제관련하여 3편을 논문을 게재하였고 2건의 논문을 투고하여 심사 중이다.

번호	논문제목	게재지	비고
1	봄배추 분할채움 냉각 저장 효과	산업식품공학 24(4) 350-357	게재
2	봄배추 장기저장에서 팻릿 단위 LDPE 필름포장의 효과	산업식품공학 24(4) 375-381	게재
3	겨울배추 저장에서 살균제 처리와 상자단위 필름포장 효과	산업식품공학 24(4) 343-349	게재
4	질소시비가 봄배추의 저온 장기저장 중 품질에 미치는 영향	산업식품공학 25(1)	심사중
5	Effects of cooling rate on the quality characteristics of spring kimchi cabbage (<i>Brassica campestris</i> L. ssp. <i>Pekinensis</i>) during cold storage	J. of Food Sci. and Tech.	Submission

바. 교육지도

과제관련하여 김치공장 배추저장 담당자를 대상으로 2회 교육 지도하였고 배추재배 농업인을 대상으로 1회 교육하였다.

사. 홍보

봄배추 저장성과를 전문지인 농민신문에 홍보하였다.

봄배추 저장기간 늘리는 저장방법 개발. 농민신문, 2020-09-25.

제2절 경제적 성과

1. 기술개발을 통한 저장성 향상

연구 개발한 기술로 봄배추를 90일간 저장하면 저장감모율이 10.5%로 기존 관행 저장의 19.9%보다 저장수율이 47.2% 증가였다. 관행저장의 중량감소율이 18.0%였고 순정선손실률이 2.3%(저장 90일 정선손실률 9.5%-저장 0일 정선손실률 7.2%)로 저장감모율은 19.9%였다. 그러나 신기술은 중량감소율이 6.1%였고 순정선손실률이 2.9%(저장 90일 정선손실률 10.1%-저장 0일 정선손실률 7.2%)로 저장감모율은 10.5%였다.

2. 김치 제조원가 절감

김치공장에서 저장한 봄배추로 9월에 김치를 제조하면 원료배추의 톤당 가격이 1,285천원(여름배추 평균가격)에서 683천원(봄배추가격 톤당 497천원에 3개월 저장 비용 121천원과 저장감모율 10.5% 고려)으로 감소하여 봄배추를 1,000톤 저장하면 602백만원을 절감할 수 있다.

김치의 제조원가 중 재료비가 60%를 차지하고 재료비의 50%를 배추가 차지한다고 보면 저장한 봄배추를 사용하여 여름에 김치를 생산함으로써 배추비용이 46.8% 절감(602/1,285)되고 재료비가 23.4% 절감되므로 제조원가는 14.1% 절감된다.

3. 관련산업 기여도

이 기술을 봄배추 저장현장에 적용하여 과잉 생산된 봄배추(312천 톤)를 20,000톤 저장하여 시장격리하면 봄배추 가격이 안정되어(시장격리로 봄배추 가격이 톤당 40만원에서 50만원으로 상승 가정) 농가소득이 312억 원 증가하고, 6월에 봄배추를 톤당 50만원에 구입하여 9월까지 저장하고 100만원에 판매한다고 하면 100억원의 부가가치를 창출할 수 있다.

여름철 3개월간 김치의 제조원가를 14.1% 절감하면 김치공장의 여름철 적자경영을 해소할 수 있어서 김치산업 발전에 기여할 수 있다. 김치공장에서는 90일간 사용할 봄배추를 저장할 수 있는 저온저장고를 확보하는 것이 필요하다.

제 4장 목표 달성도 및 관련분야 기여도

제1절 연구개발 목표 달성도

봄배추를 중량과 손상감모 10.5%로 90일간 저장하는 기술을 개발하여 김치공장 현장 저장고에서 실증저장을 하여 확인함으로써 연구개발 목표를 성공적으로 달성하였다.(당초 목표는 중량과 손상감모 10% 이내로 90일 저장임)

봄배추를 6월 중순에 결구가 90% 되었을 때 배추밭에 락스 100ml와 테부코나졸 200ml를 물 1,000L에 혼합하여 배추밭 30평에 살포하고, 다음날 새벽에 수확하여 배추상자에 4-6포기씩 담아 팰릿에 7단으로 쌓고 40공 필름으로 포장하여 저온저장고에 적재하였다. 저온저장고는 미리 청소하고 락스 0.01% 용액으로 소독(30L/30평)하고 밀폐한 다음 7℃로 냉각하였다. 봄배추는 30평 저온저장고에 1일 1회 14팰릿(약 7톤)씩 5회에 나누어 채우고 밀폐하여 2℃로 냉각하여 90일간 유지하였다. 이때 산소농도는 밀폐 후 2일차에 16.0%로 낮아졌다가 점차 올라가서 19.5%로 유지되었고 이산화탄소는 3.8%로 높아졌다가 0.04%로 낮아져서 유지되었다.

저장 90일차 봄배추의 중량은 6.11% 감소되었고 순정선손실률 (90일차 정선손실률-0일차 정선손실률)은 4.71%로 저장 90일간의 저장감모율은 10.5%였다.

연구 기관	세부연구목표 (연구계획서 상의 목표)	가중치 (%)	달성도 (%)	자체평가
세계김치연구소	배추 냉각온도와 냉각속도 최적화	5	100	냉각온도와 냉각속도 최적화를 겨울배추로 2회 시험하고 봄배추로 2회 확인시험
	봄배추 저장고별 채움률 최적화	5	100	저장고 크기별(10평, 20평, 30평, 36평, 50평) 봄배추 최적 채움률 계산
	봄배추 저장시스템 설계	5	100	봄배추 저장고의 냉각속도와 냉각온도를 조절하여 저장고의 습도와 기체농도가 최적화되도록 설계
	실증 저장고 선정과 저장기간 판단	10	100	실증저장고를 20평, 30평, 36평, 50평으로 선정하고 약제살포한 봄배추를 타공필름을 씌워 저장하고 60일, 75일, 90일에 품질평가
	봄배추 장기저장 시연회	5	100	경기농협식품 20평과 30평 저장고에 봄배추를 저장하고 75일차에 평가기관 및 농협과 함께 현장 시연회
	저장 봄배추 김치가공적성	5	100	저장 60일차와 저장 90일차 봄배

	평가			추로 김치를 담가 5주간 발효하면서 가공적성 평가
경기 농협 식품	대규모 저장고 봄배추 저장과 평가	3	100	50평 저장고에 냉각속도를 달리하여 봄배추 저장하면서 60, 70, 80일차에 저장수율과 품질 평가
	소규모 저장고 봄배추 저장과 평가	3	100	20평과 30평 저장고에 냉각속도를 달리하여 봄배추 장하면서 60, 70, 80일차에 저장품질 평가
	봄배추 실증저장과 시연	10	100	20평, 30평 및 50평 저장고에 타공포장 봄배추를 1일 3°C씩 냉각하여 90일간 저장
	저장 봄배추 저장품질 평가	4	100	타공포장 봄배추를 저장 60,75,90일차에 저장수율과 품질 평가
이킴	중규모 저장고 봄배추 저장과 평가	5	100	36평 저장고 3동에 냉각속도를 달리하여 봄배추 저장하면서 60, 70, 80, 90일차에 저장품질 평가
	봄배추 실증저장과 시연	10	100	36평 저장고에 3동에 약제살포하고 타공포장한 봄배추를 1일 1°C와 3°C씩 냉각하여 90일간 저장
	저장 봄배추 저장품질 평가	5	100	타공포장 봄배추를 저장 60,75,90일차에 저장수율과 품질 평가
하늘 마음	대규모 지하저장고 봄배추 저장과 평가	3	100	50평 지하저장고에 냉각속도를 달리하여 봄배추 저장하면서 60, 70, 80일차에 저장품질 평가
	봄배추 지하 실증저장과 시연	6	100	50평 지하저장고에 타공크기를 달리하여 봄배추 90일간 저장
	지하저장 봄배추 저장품질 평가	3	100	타공크기별 봄배추를 저장 60, 75, 90일차에 저장수율과 품질 평가
	소규모 지하저장고 봄배추 저장과 평가	3	100	10평 지하저장고에 냉각속도를 달리하여 봄배추 저장하면서 저장품질 평가(저장실패)
	질산태 질소 시비 봄배추 재배	6	100	질산태질소와 암모니아태질소를 시비하여 봄배추를 재배하고 10평 지하저장고에 90일간 저장하면서 60, 75, 90일차에 저장수율과 품질 평가
	파일럿 저장고 설치 시운전	4	100	배추 저장시험용 파일럿저장고를 1평 규모로 6동 설치하고 시운전하여 배추 냉각속도와 냉각온도 시험에 사용
계		100	100	

제2절 관련분야 기술발전예의 기여도

1. 관련분야 기술개발 현황

배추는 장기 저장하면 수분 증발로 선도가 저하되고 수확 후 생리장해, 미생물에 의한 부패 등으로 인해 손실이 발생하게 된다(Hyang et al., 2013; Hong et al., 2018). 이러한 문제는 한 가지 조건으로 이를 해결하기 어렵고, 재배단계부터 수확 및 수확 후 관리, 저장 등에 종합적인 관리가 요구된다(Eum et al., 2013b). 봄배추는 냉장고에서 90일간 저장하면 약 27-30 %의 중량이 감소되며, 비가식 부위를 제거하는 정선단계까지 포함하면 총 40-45 %의 손실이 발생하게 된다.

배추의 저장에 영향을 주는 요인은 시비, 포장, 약제처리, 저장고의 온도, 습도, 산소농도, 이산화탄소농도, 에틸렌농도 등이 있고 이들을 조절하는 기술이 개발되었다. 특히 봄배추를 저장하는 연구에서 배추를 타공한 비닐봉투에 포장하여 저온에 저장함으로써 60일까지 저장수명을 연장하였고(Yang et al., 1993a), 에틸렌 제거 약제처리는 효과가 없었으며(Hong et al., 2018), 깨씨무늬증 발생 억제를 위해서는 질소를 적정량 시비하는 것이 중요하고(Hong et al., 2017), 플라즈마 처리와 팰릿 단위의 기체조절포장 저장방법(Lee et al., 2018)이 유효하다는 연구가 있었다. 봄배추의 저장기간을 연장하기 위해 타공필름 포장으로 적절한 습도를 유지하는 것이 바람직하지만, 부적절한 조건일 경우 높은 습도로 인해 곰팡이, 무름병 등의 장해가 발생되어 품질을 저하시킬 수 있다

가. 질소시비 재배 기술

질소질 비료는 농작물의 생장을 촉진하고 수확량을 증대시키기 위해 사용되며, 배추도 질소질 비료의 시비량이 많을수록 비대가 촉진되고 유리당의 함량이 증가한다(Park and Kim, 2016). Lee et al.(2012)은 봄배추 재배에서 질소비료를 추천량의 절반과 2배 수준으로 처리하였지만 토양에 남아있는 질산태 질소함량이 투입 대비 낮았는데, 이는 기비투입 후 빗물에 의한 용탈과 탈질 작용에 의한 것으로 보고하였다. 그리하여 봄배추는 생육과 결구를 촉진시켜 장마기를 피해 수확할 목적으로 질소질 비료를 추천량의 1.5-2.4배까지 많이 시비하고 있다(Hong et al., 2017). 적절한 질소시비는 배추의 생육과 생산성 증대에 효과적이지만 부적절한 사용은 생리장해 발생으로 저장성이 약화되며, 특히 배추의 깨씨무늬 발병을 유발하여 품질과 상품성을 떨어뜨린다고 알려져 있다(Hong et al., 2017). 현재까지 깨씨무늬 장해는 정확한 원인이 명확히 밝혀져 있지 않고 억제방안도 마련되어 있지 않다. 그 동안의 여러 보고를 기준으로 병충해 저항성이 강한 품종을 재배하고 재배 초기나 후기에 질소질 비료를 부족하거나 과다하지 않게 하며, 수확 후 저장환경 관리를 잘 하도록 권장하고 있다(Jung, 2013).

나. 저장 전처리 기술

배추를 최적으로 저장하는 방법을 배추 포기단위(Yang et al., 1993a) 및 상자와 망 단위로(Kim et al., 2001a, Kim et al., 2001b) 연구하였고, 포장방법에 따른 저장성 연장효과를 시험하였으며(Kim et al., 2000; Kim et al., 2001a), Bang et al.(2017)과 Cho et al.(2017)은 봄배추의 활용도를 높이기 위해 HDPE(High density polyethylene) 필름포장, 예냉, 예건, 플라즈마를 동시 적용해 저장성을 향상시키고자 하였다.

화학적 처리 방법으로 1-MCP(1-Methylcyclopropan)처리(Hong et al., 2018)와 플라즈마 살균처리를 연구하였고, 수확 후 저장 전 전처리 방법에 따른 배추의 품질 변화(Eum et al., 2013b; Bae et al., 2015)를 보고하였다.

다. 온습도 조절 기술

배추의 실용적인 저장방법으로는 저온저장이 기본이고(Eum et al., 2013a), 고랭지 배추의 예냉 후 저온저장(Eum et al., 2013b; Bae et al., 2015)이 현장에서 적용되고 있다.

여름에 배추를 안정적으로 확보하는 방법으로는 노지에서 수확된 봄배추를 장기 저장하는 것이 핵심이며, 저장기간 연장을 위한 방법으로 차압식 및 진공식 예냉(Bae et al., 2015; Eum et al., 2013a), 저장 전 외엽을 건조시키는 예건 등의 연구가 수행되었다.

라. 기체 조절 기술

배추를 저장환경 중에서 산소농도와 이산화탄소농도를 조절하여 호흡을 억제하려는 연구로는 기체조절 포장(Yang et al., 1993; Kim et al., 2001; Lee et al., 2003; Cho et al., 2017), CA(Controlled Atmosphere)저장(Choi et al., 2020; Simoes et al., 2011; Choi et al., 2019) 등이 연구되었고, 팻릿단위 기체조절 포장과 저온저장(Choi et al., 2019; Chun et al., 2020) 및 CA저장(Kim et al., 2018)이 연구단계에 있다.

특히 CA저장은 배추를 저장고에 입고하여 밀폐시키고 저장고 내 질소발생기를 이용하여 산소와 이산화탄소를 제어함으로써 배추의 호흡을 억제하고 노화를 지연시킬 수 있는 효과적인 기술이지만, CA저장 설비와 유지비용이 높은 단점이 있다(Simoes et al., 2011; Lee et al., 2016; Aaby et al., 2001).

마. 배추품종과 김치가공 특성

한편 봄배추의 품종별 생육특성과 성분특성을 비교하여(Lee et al., 2013) 품종선발을 시도하였고, 봄배추의 생체특성과 김치가공특성을 연구하였으며(Kim & Kim, 2000), 봄배추의 품종별 김치발효특성을 연구하였다(Chun, 1981). 그리고 저장한 봄배추로 김치를 제조하여 배추의 저장조건을 깊이 있게 평가하였다(Bang et al., 2017).

바. 현장 실증저장

봄배추 저장에 적용할 수 있는 기술은 예냉, 저장온도 최적화, 기체조절포장 등이 있지만 이들 기술에 대한 실증연구는 부족한 상황이다. 현재 일부 업체에서 배추를 장기저장하기 위해 PVC 필름으로 포장하고 저장 전 저장고를 락스로 소독한 후 배추에 초산과 락스를 처리하고 있다. 배추에 사용할 수 있는 약제는 매우 제한적이며 특히 배추저장에 허용된 약제는 아직 없다.

많은 연구에도 불구하고 연구 성과가 현장에 적용된 사례는 거의 없는 이유는 저장방법이 너무 번거로워서 현장의 봄배추 대량저장체계에 적용하기 어렵기 때문이고, 영세한 김치제조업체들이 추가 시설을 구축하려면 비용을 부담해야하기 때문이다.

2. 연구개발 성과의 위치 우월성 기여한 점

봄배추를 저장감모율 10.5%로 90일간 저장하는 실용 기술은 김치산업 발전에 크게 기여하는 것이다.

지금까지 개발한 기술들이 중량감소율을 5% 이하로 낮추는 것들이 있으나 배추를 수확하여 정선하고 뿌리부분을 소독하여 상자에 거꾸로 담고 보습지를 끼워서 저장해야 하므로 하루 수십 톤을 대량으로 처리해야 하는 봄배추 저장 현실에 적용하기 어렵고, 산소와 이산화탄소를 이상적인 농도로 조절하여 장기간 저장하는 기술은 밀폐가 완전하지 않은 현장의 저장고들에서는 적용이 되지 않는다.

이런 현실에서 이번에 개발한 봄배추 저장기술은 현장 실증시험에서 현장적용성과 저장효과가 확인되었기 때문에 현재의 봄배추 저장현실에 어려움 없이 원활하게 적용하여 90일간 감모율 10.5%로 저장할 수 있다. 그리고 이 기술은 봄배추 재배농가와 저장업자, 그리고 연중 김치를 생산해야 하는 김치제조업체가 각자 적용하여 모두가 경제적 효과를 거둘 수 있는 유용한 기술이다.

제 5장 연구개발 성과의 활용 계획

제1절 연구성과의 활용분야

봄배추를 저장감모율 10.5%로 90일간 저장하는 실용 기술은 재배농가, 산지유통인, 김치제조업체, 농수산식품유통공사에서 봄배추를 장기 저장하는데 활용할 수 있다.

1. 봄배추 재배농가의 소규모 저장

봄배추 재배농가는 본인이 생산한 봄배추를 6월에 수확하여 시장에 출하하고 일부는 저온저장고에 9월까지 저장하여 높은 가격에 판매할 수 있다.

위탁연구기관인 하늘마음도 2020년도에 봄배추를 50평 지하저장고에 장기 저장하여 농업소득을 높였다.

2. 봄배추 산지유통인의 대규모 저장

배추 산지유통인은 대규모로 발매거래를 하므로 저온저장고를 다량 보유하고 있다. 본인이 계약한 봄배추밭에 약제를 살포하고 관수하여 튼튼하게 재배한 다음 본인의 책임으로 저장하기도 하고, 김치공장과 계약하여 위탁저장하기도 한다.

이번 연구에서 산지유통인은 강원도 영월 주천에 배추밭을 매입하고 관리한 다음 전곡농협에 판매하고, 전곡농협이 구입한 봄배추를 본인이 수확하여 여주 가남면 저온저장고에 1,200여 톤을 위탁 저장하여 8월과 9월에 전곡농협 김치공장의 수요에 맞추어 공급하였다. 공급가격은 저장 전 6월에 계약한 가격에서 공급 시 시장가격을 일부 반영하여 계약가격보다 높게 수령하였다. 이때 저장감모가 적었으므로 산지유통인과 김치공장이 모두 만족하였다.

3. 김치제조업체의 필요량 저장

김치제조업체는 보통 1개월 사용할 배추를 저장할 수 있는 저온저장고를 보유하고 있다. 겨울배추와 봄배추는 산지의 저온저장고를 이용하여 1-3개월분을 추가로 저장하기도 한다.

(주)이킴은 공장 관내와 인근의 봄배추를 계약재배하고 6월에 순차적으로 수확하여 자체저장고와 자회사인 진미농산영농조합법인 소유의 저온저장고에 700톤가량을 저장하였다. 그리고 7월에는 문경 등지의 준고랭지 배추를 매입하여 최대한 끌어 쓰고 저장한 봄배추를 8월과 9월에 꺼내어 사용함으로써 여름철 김치의 제조원가를 크게 낮출 수 있었다.

제2절 연구개발 성과의 활용방안

봄배추를 저장감모율 10.5%로 90일간 저장하는 실용 기술은 봄배추 재배농가, 봄배추 산지유통인, 김치제조업체, 봄배추 수출업체에서 봄배추를 장기 저장하는데 활용할 계획이다.

1. 연구개발성과의 사업화

우선 이번 연구에 참여한 봄배추 재배농가, 산지유통인 및 김치제조업체는 현재 보유하고 있는 저온저장고에 개발한 봄배추 장기저장 신기술을 적용하여 봄배추를 저장하여 사업화한다.

그리고 배추 수출업체와 농수산물유통공사는 위 업체들의 사업화 실적을 확인하고 나서 봄배추 대량저장에 적용하는 사업을 추진하는 것이 바람직하다.

2. 추가연구 계획

봄배추 포장필름의 타공 면적은 펠릿 당 61.5cm^2 (직경 14mm 40공)가 적합하였으나 타공 위치와 타공 크기에 대한 최적화 연구가 추가로 필요하다.

타공을 포장필름 상부 꼭지점 부근에 작게(직경 14mm) 4개 뚫고, 옆면 4곳 중앙에 크게(직경 140mm) 하나씩 뚫어 40공 타공 필름포장구와 비교할 계획이다.

또한 봄배추를 저온저장고 전체에 일시에 채우고 1일 3℃씩 냉각하여 0℃에 저장한 경우 저장감모율이 5.6%로 가장 우수하였으나 중특이 갈변되었는데 이는 필름포장으로 냉기의 유통이 부족하였기 때문으로 분석하였다.

그래서 타공필름을 씌우고 일시에 적재한 다음 냉각속도를 1일 6℃씩 빠르게 냉각하는 연구를 협동기관과 협의하여 추가로 수행할 계획이다.

3. 기술 이전

협동연구기관 이킴의 자회사인 진미농산영농조합법인에 기술을 5년간 통상 실시하였다. 기술 이전을 원하는 봄배추 재배농가, 봄배추 산지유통인, 김치제조업체, 봄배추 수출업체에는 무상으로 통상실시권을 부여하여 기술을 이전함으로써 기술의 활용도를 높일 계획이다.

참고문헌

Aaby K, Haffner K, Skrede G. 2002. Aroma quality of Gravenstein apples influenced by regular and controlled atmosphere storage. *LWT-Food Science and Technology*. 35: 254-259.

Able AJ, Wong LS, Prasad A, O'Hare TJ. 2005. The physiology of senescence in detached pak choy leaves (*Brassica rapa* var. *chinensis*) during storage at different temperatures. *Postharvest Biology and Technology*. 35: 271-278.

Bae SJ, Eum HL, Kim BS, Yoon J, Hong SJ. 2015. Comparison of the quality of highland-grown kimchi cabbage Choongwang during cold storage after pretreatments. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 33: 233-241.

Bang HY, Cho SD, Kim BS, Kim GH. 2017. Quality change in kimchi made of spring kimchi cabbage during fermentation under different storage conditions. *Korean J. Food Nutr.* 30: 378-387.

Bang HY, Kim E, You SH, Kim BS, Kim GH. 2017. Quality characteristics of spring kimchi cabbage by storage conditions and period. *J. Korean Soc. Food Cult.* 32: 227-234.

Bramlage WJ and Meir S. 1990. Chilling injury of crops of temperature origin. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 37-49

Cha, H. S., Youn, A. R., Kim, S. H., Jeong, J. W., & Kim, B. S. 2008. Quality analysis of welsh onion (*Allium fistulosum* L.) as influenced by storage temperature and harvesting period. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 40(1), 1-7.

Cho SD, Bang, HY, Kim E, You S, Kim BS, Kim GH. 2017. Quality Characteristics of Spring Kimchi Cabbage by Storage Conditions and Period. *Journal of the Korean Society of Food Culture*. 32: 227-234.

Choi EJ, Jeong MC, Ku KH. 2015. Effect of seasonal cabbage cultivar on the quality characteristic of salted-kimchi cabbage during storage period. *Korean J. Food Preserv.* 22(3): 303-313.

Choi EJ, Lee, JH, Kim HK, Park HW, Son JY, Park CW, Song KB, Kang JH, Woo JH, Chun HH. 2020. Development of multi-pallet unit load storage system with controlled atmosphere and humidity for storage life extension of winter kimchi cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*). *Scientia Horticulturae*. 264, 109171.

Choi EJ, Park HW, Lee JH, Kim HK, Park CW, Song KB, Kang JH, Park JB, Woo HJ, Chun HH. 2019. Effect of pallet unit-controlled atmosphere packaging in maintaining the quality of kimchi cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*) harvested in the summer. *Korean J. Food Preserv.* 26: 264-273.

Choi YJ, Hwang YS, Hong SW, Lee MA. 2016. Quality characteristics of kimchi

according to garlic content during fermentation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 45: 1638-1648

Chun HH, Choi EJ, Lee JH, Son JY, Park CW. 2020. Quality prediction and change in quality of kimchi cabbages stored under a pallet unit-controlled atmosphere. *Food Eng. Prog.* 24: 191-199.

Chun JK. 1981. Kimchi fermentability of the spring chinese cabbage. *J. Korean Agricultural Chemical Society.* 24: 194-199.

Eum HL, Bae SJ, Kim BS, Yoon J, Kim J, Hong SJ. 2013. Postharvest quality changes of kimchi cabbage 'Choongwang' cultivar as influenced by postharvest treatments. *Horticultural Science & Technology.* 31(4): 429-436.

Eum HL, Kim BS, Yang YJ, Hong SJ. 2013. Quality evaluation and optimization of storage temperature with eight cultivars of kimchi cabbage produced in summer at highland areas. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 31: 211-218.

Holcroft, D. 2015. Water relations in harvested fresh produce. *The Postharvest Education Foundation, Oregon, USA*, pp 3-14 (15-01).

Hong SJ, Park N, Kim B, Eum H. 2018. Postharvest application of 1-MCP to maintain quality during storage on kimchi cabbage 'Choongwang'. *Hortic. Sci. Technol.* 36: 215-223

Hong SJ, Kim BS, Eum HL. 2018. Responses to 1-MCP during storage of kimchi cabbage Ryouckgwang cultivar. *Protected Hort. Plant. Fac.* 27: 125-131

Hong SJ, Kim BS, Park NI, Eum HL. 2017. Influence of nitrogen fertilization on storability and the occurrence of black speck in spring kimchi cabbage. *Horticultural Science and Technology.* 35: 727-736.

Hong SJ, Park NI, Kim BS, Eum HL. 2018. Postharvest application of 1-MCP to maintain quality during storage on kimchi cabbage Choongwang. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 36: 215-223.

Hyang LE, Kim BS, Yang YJ, Hong SJ. 2013. Quality evaluation and optimization of storage temperature with eight cultivars of kimchi cabbage produced in summer at highland areas. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 31(2): 211-218.

In B, Kim J. 2008. Effect of precooling and harvesting at different times on respiration, browning and microbial growth of fresh-cut iceberg lettuce. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology.* 26: 258-264.

Jung JW. 2013. Disorder of chinese cabbage during storage. *Food Science and Industry.* 64: 19-22.

Kang, EJ, Jeong, ST, Lim, BS & Jo, JS. 1999. Quality changes in winter Chinese cabbage with various storage methods. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 6:

173-178.

Kim BS, Kim MJ, Kim OW, Kim GH. 2001. Quality changes of winter chinese cabbage by different packing and loading during cold sotrage. Korean J. Postharvest Sci. Technol. 8: 30-36.

Kim BS, Nahmgung B, Kim MJ. 2001. Effect of packaging and loading conditions on the quality of late autumn chinese cabbage during cold storage. Korean J. Postharvest Sci. Technol. 8: 23-29.

Kim JO. 1996. Cold storage of agricultural products - Precooling of fruits and vegetables. Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering. 1: 3-14.

Kim MJ, Kim SD. 2000. Quality characteristics of kimchi prepared with major spring chinese cabbage cultivars. Korean J. Postharvest Sci. Technol. 7: 343-348.

Kim MN, Park SH, Park CW, Choi SY, Choi DS, Kim JS, Kim YH, Lee SJ. 2018. Quality estimation of winter chinese cabbage sotred in purge type of controlled atmosphere storage. Food Eng. Prog. 22: 59-66.

KOSIS: Statistic Korea, The expend survey of food industry raw material. 2019 (No. 114047. 09)

KOSIS: Statistic Korea, Statistics of vegetables production amount. 2018 leafy vegetables

Ku KH, Kang Ko, Kim WJ. 1988. Some quality changes during fermentation of kimchi. Korean J. Food Sci. Technol. 20: 476-482

Lee HO, Lee YJ, Kim JY, Kim BS. 2018. Effect of combined pallet unit MAP and plasma treatment for extending the freshness of spring kimchi cabbage. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 36: 224-236.

Lee JS, Choi JW, Chung DS, Lim CI, Park SH, Lee YS, Chun CH 2007. Cold storage, packing and salting treatments affecting the quality characteristics of winter Chinese cabbages. Korean J. Food Preserv. 14: 24-29

Lee JS, Park SH, Lee YS, Lim BS, Yim SC, Chun CH 2008. Characteristics of growth and salting of Chinese cabbage after spring culture analyzed by cultivar and cultivation method. Korean J. Food Preserv. 15: 43-48

Lee KH, Kuack HS, Jung JW, Lee EJ, Jeong DM, Kang KY, Chae KI, Yun SH, Jang MR, Cho SD, Kim GH, Oh JY. 2013. Comparison of the quality characteristics between spring cultivars of kimchi cabbage. Korean J. Food Preserv. 20: 182-190

Lee SH, Heo IH. 2018. Impact of Climate on Yield of Highland Chinese Cabbage in Gangwon Province, South Korea. Journal of the Korean Geographical Society. 53.3: 265-282.

Lee WO, Yun HS, Jeong, H, Lee HD, Cho KH, Kim MS. 2003. Development of the Corrugated fiberboard Box for Cold-chain Distribution of Chinese Cabbage. *Korean Journal of Food Preservation*. 10: 23-27.

Lee YJ, Lee HO, Kim JY, Kim BS. 2016. Effect of pallet-unit MAP treatment on freshness extension of spring Chinese cabbage. *J. Korean Soc. Food Cult.* 31: 634-642.

Lee YJ, Lee HO, Kim JY, Kim BS. 2017. Effect of various loading methods on freshness of spring kimchi cabbage. *J. Korean Soc. Food Cult.* 32: 303-310.

Martínez-Romero D, Castillo S, Valero D (2003) Forced-air cooling applied before fruit handling to prevent mechanical damage of plums (*Prunus salicina* Lindl.). *Postharvest Biol. Tec.* 28: 135-142

Min SG, Jeon JY, Ha SH, Han ES. 2020. Effect of pallet unit modified atmosphere packaging in long term storage of spring kimchi cabbage. *Food Eng. Prog.* 24:

Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs Korea (2013) Development of long-term storage technology of Chinese cabbage and salted Chinese cabbage. Final Report of Chungwon Organic Co. 11-1543000-000253-01

Moon EW, Kim SY, Park BY, Park EJ, Song HY, Yoon SR, Seo Hy, Ha JH (2019) Comparison of microbial and physicochemical properties between Pogi and Mat kimchi. *J. Korean Soc. Food Cult.* 34: 217-223

Nunes MCN, Brecht JK, Morais AMMB, Sargent SA (1995) Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooling. *Postharvest Biol. Tec.* 6: 17-28

Osher, Y., Chalupowicz, D., Maurer, D., Ovadia-Sadeh, A., Lurie, S., Fallik, E., & Kenigsbuch, D. 2018. Summer storage of cabbage. *Postharvest Biology and Technology*. 145: 144-150.

Park HW, Kim SH, Cha HS, Kim YH, Choi JY. 2006. Effect of quality change of 'Fuji' apple by pressure cooling. *Korean J. Food Preserv.* 13: 427-431

Park SH, Chun HH, Choi DS, Choi SR, Kim JS, Oh SS, Lee JS. 2015. Development of controlled atmosphere container using gas separation membrane for the storage of agricultural products. *Food Eng. Prog.* 19: 70-75

Pek UH, Yang YJ,. 1996. Effect of CA storage on the postharvest quality and color changes of Chinese cabbage(*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*). *J. Kor. Soc. Horti. Sci.* 37: 662-665.

Porter KL, Klieber A, Collins G. 2003. Chilling injury limits low temperature storage of 'Yuki' Chinese cabbage. *Postharvest Biol. Tec.* 28: 153-158

Rural development administration Korea. 2017. Manual of maintaining the freshness vegetable. Final Report of Agricultural Engineering Research Institute, p 201-203

Ryu JP, Yang JH, Chung YB, Lee SI, Han ES. 2014. Quality characteristics of Baechu-kimchi salted at high salt concentration for a short time. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 1919-1919

Seong JH, Park SG, Park EM, Kim HS, Kim DS, Chung HS. 2006. Contents of chemical constituents in organic Korean cabbages. *Korean Journal of Food Preservation.* 13: 655-660.

Simoes AD, Allende A, Tudela JA, Puschmann R, Gil MI. 2011. Optimum controlled atmospheres minimise respiration rate and quality losses while increase phenolic compounds of baby carrots. *LWT-Food Science and Technology.* 44: 277-283.

Yang YJ, Jeong JC, Chang TJ, Lee SY, Pek UH. 1993. CO₂ production and trimming loss affected by storage temperature and packaging methods in chinese cabbage (*Brassica rapa L. ssp. pekinensis*) grown in spring. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 34(4): 267-272.

Yang YJ, Jeong JC, Chang TJ, Lee SY, Pek UH. 1993. Marketability affected by cultivars and packaging methods during the long-term storage of chinese cabbage grown in autumn. *J. Kor. Soc. Horti. Sci.* 34: 184-190.

<별첨작성 양식>

[별첨 1]

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 저장환경 조절을 통한 봄배추 저장성 향상기술 연구				
	(영문) Technology development for the storage improvement of spring kimchi cabbage				
주관연구기관	세계김치연구소		주 관 연 구 책 임 자	(소속)세계김치연구소	
참 여 기 업	경기농협식품, (주)이김, (주)하늘마음			(성명)한응수	
총연구개발비 (천원)	계	670,000	총 연구 기간	2018.12.21. ~ 2020.12.20.(2년)	
	정부출연 연구개발비	250,000	총 참 연 구 원 수	총 인원	26
	기업부담금	170,000		내부인원	26
	정부외출연금	250,000		외부인원	0

○ 연구개발 목표 및 성과
김치제조업체에서 여름철 원료배추를 안정적으로 확보할 수 있도록 봄배추를 6월에 저장하여 9월까지 90일 동안 중량 및 손상감도 10% 이내로 저장할 수 있는 실용 기술을 개발하는 것이 연구개발 목적이다.

○ 연구내용 및 결과
봄배추의 90일 저장기술을 개발하여 김치공장 현장 저장고에서 실증저장을 하여 확인하였다. 개발된 기술은 봄배추 저장 현장에 그대로 적용할 수 있는 실용기술이다.
봄배추를 6월 중순에 결구가 90% 되었을 때 배추밭에 락스 100ml와 테부코나졸 200ml를 물 1,000L에 혼합하여 배추밭 30평에 살포하고, 다음날 새벽에 수확하여 배추상자에 4-6포기씩 담아 팰릿에 7단으로 쌓고 40공 필름으로 포장하여 저온저장고에 적재하였다. 저온저장고는 미리 청소하고 락스 0.01% 용액으로 소독(30L/30평)하고 밀폐한 다음 7°C로 냉각하였다. 봄배추는 30평 저온저장고에 1일 1회 14팰릿(약 7톤)씩 5회에 나누어 채우고 밀폐하여 2°C로 냉각하여 90일간 유지하였다. 이때 산소농도는 밀폐 후 2일차에 16.0%로 낮아졌다가 점차 올라가서 19.5%로 유지되었고 이산화탄소농도는 3.8%로 높아졌다가 0.04%로 낮아져서 유지되었다. 저장 90일차 봄배추의 중량은 6.11% 감소되었고 순정선손실률(90일차 정선손실률-0일차 정선손실률)은 4.71%로 저장 90일간의 중량 및 손상감도율은 10.5%였다.

○ 연구성과 활용실적 및 계획
봄배추를 저장감도율 10.5%로 90일간 저장하는 실용 기술은 봄배추 재배농가, 봄배추 산지유통인, 김치제조업체, 봄배추 수출업체에서 봄배추를 장기 저장하는데 활용할 계획이다.

[별첨 2]

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호				
사업구분	농축산물안전유통소비기술개발사업					
연구분야				과제구분	단위	
사업명	농식품부-농협 역매칭 시험사업				주관	
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	저장환경 조절을 통한 봄배추 저장성 향상기술 연구			과제유형	(개발)	
연구기관	세계김치연구소			연구책임자	한응수	
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	농협	민간	계
	1차연도	18.12.21-19.12. .20.	125,000	125,000	85,000	335,000
	2차연도	19.12.21-20.12. .20.	125,000	125,000	85,000	335,000
	계	18.12.21-20.12. .20.	250,000	250,000	170,000	670,000
참여기업	경기농협식품, (주)이킴, (주)하늘마음					
상대국				상대국연구기관		

2. 평가일 : 2021. 01.29.

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
세계김치연구소	책임연구원	한응수

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확 약	
-----	--

I. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

봄배추의 저장을 냉각속도를 1일 3°C씩 하여 2°C에 90일간 저장하는 현장에서 적용하기 용이한 요소로 조절하는 실용적인 방법을 개발하였다.

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

봄배추를 20,000톤 저장하여 시장에서 분리하면 봄배추 가격을 상향 안정화하여 재배 농가의 소득을 312억원 높일 수 있고, 저장한 봄배추를 여름에 출고하여 여름배추가격을 하향 안정화하면 김치의 제조원가를 14.1% 절감할 수 있다.

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

배추 재배 농가, 배추 산지유통인, 김치공장 원료담당자가 현재의 저장고를 활용하여 봄배추를 90일간 저장할 수 있다.

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

봄배추를 현장 저장 규모로 실증연구하기 위하여 6월의 더운 현장에서 농가의 봄배추 재배에서 약제살포, 수확, 운반, 포장, 90일 저장, 저장 60일차부터 90일까지의 배추품질평가를 현장의 인력과 협력하여 연구하고 실증하였다.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

봄배추의 장기저장 결과를 3편의 논문으로 발표하고 2편은 심사 중이며, 특허를 출원하여 심사 중이고, 배추재배농가와 김치공장 원료담당자를 대상으로 3회 교육 지도하였다.

II. 연구목표 달성도

연구 기관	세부연구목표 (연구계획서 상의 목표)	가중치 (%)	달성도 (%)	자체평가
세계 김치 연구소	배추 냉각온도와 냉각 속도 최적화	5	100	냉각온도와 냉각속도 최적화를 겨울배추 로 2회 시험하고 봄배추로 2회 확인시험
	봄배추 저장고별 채움 률 최적화	5	100	저장고 크기별(10평, 20평, 30평, 36평, 50평) 봄배추 최적 채움률 계산
	봄배추 저장시스템 설 계	5	100	봄배추 저장고의 냉각속도와 냉각온도를 조절하여 저장고의 습도와 기체농도가 최적화되도록 설계
	실증 저장고 선정과 저 장기간 판단	10	100	실증저장고를 20평, 30평, 36평, 50평으 로 선정하고 약제살포한 봄배추를 타공 필름을 씌워 저장하고 60일, 75일, 90일 에 품질평가
	봄배추 장기저장 시연 회	5	100	경기농협식품 20평과 30평 저장고에 봄 배추를 저장하고 75일차에 평가기관 및 농협과 함께 현장 시연함
	저장 봄배추 김치가공 적성 평가	5	100	저장 60일차와 저장 90일차 봄배추로 김 치를 담가 5주간 발효하면서 가공적성 평가
경기 농협 식품	대규모 저장고 봄배추 저장과 평가	3	100	50평 저장고에 냉각속도를 달리하여 봄 배추 저장하면서 60, 70, 80일차에 저장 수율과 품질 평가
	소규모 저장고 봄배추 저장과 평가	3	100	20평과 30평 저장고에 냉각속도를 달리 하여 봄배추 장하면서 60, 70, 80일차에 저장품질 평가
	봄배추 실증저장과 시 연	10	100	20평, 30평 및 50평 저장고에 타공포장 봄배추를 1일 3°C씩 냉각하여 90일간 저 장
	저장 봄배추 저장품질 평가	4	100	타공포장 봄배추를 저장 60,75,90일차에 저장수율과 품질 평가
이킴	중규모 저장고 봄배추 저장과 평가	5	100	36평 저장고 3동에 냉각속도를 달리하여 봄배추 저장하면서 60, 70, 80, 90일차에 저장품질 평가
	봄배추 실증저장과 시 연	10	100	36평 저장고에 3동에 약제살포하고 타공 포장한 봄배추를 1일 1°C와 3°C씩 냉각 하여 90일간 저장
	저장 봄배추 저장품질 평가	5	100	타공포장 봄배추를 저장 60,75,90일차에 저장수율과 품질 평가
하늘 마음	대규모 지하저장고 봄 배추 저장과 평가	3	100	50평 지하저장고에 냉각속도를 달리하여 봄배추 저장하면서 60, 70, 80일차에 저 장품질 평가
	봄배추 지하 실증저장	6	100	50평 지하저장고에 타공크기를 달리하여

과 시연			봄배추 90일간 저장
지하저장 봄배추 저장 품질 평가	3	100	타공크기별 봄배추를 저장 60, 75, 90일 차에 저장수율과 품질 평가
소규모 지하저장고 봄배추 저장과 평가	3	100	10평 지하저장고에 냉각속도를 달리하여 봄배추 저장하면서 저장품질 평가(저장 실패)
질산태 질소 시비 봄배추 재배	6	100	질산태질소와 암모니아태질소를 시비하여 봄배추를 재배하고 10평 지하저장고에 90일간 저장하면서 60, 75, 90일차에 저장수율과 품질 평가
과일렛 저장고 설치 시운전	4	100	배추 저장시험용 과일렛 저장고를 1평 규모로 6동 설치하고 시운전하여 배추 냉각속도와 냉각온도 시험에 사용
계	100	100	

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

봄배추를 1일 3°C씩 냉각하여 2°C에 90일간 저장하면서 중량과 손상감모를 10.5%로 줄이는 현장에서 적용하는 실용적인 방법을 개발하였고, 이 기술은 배추 재배 농가, 배추 산지유통인, 김치공장 원료담당자가 현재의 저장고를 활용하여 봄배추를 90일간 저장할 수 있으며, 봄배추 가격을 상향 안정화하여 재배농가의 소득을 312억원 높일 수 있고, 저장한 봄배추를 여름에 출고하여 여름배추가격을 하향 안정화하면 김치의 제조원가를 14.1% 절감할 수 있는 유용한 기술이고, 연구과정에서 봄배추의 장기저장 관련 3편의 논문으로 발표하고 특허를 출원하여 심사 중이고, 배추재배농가와 김치공장 원료담당자를 대상으로 3회 교육 지도하였다.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

봄배추의 장기저장 기술을 현장에서 실증하여 바로 적용할 수 있는 기술을 개발한 점이 특히 우수하였다. 특허는 출원하였으나 심사기간이 도래하지 아니하여 아직 심사 중이다. 2년은 특허를 등록하기에도 짧았고 개발 기술을 현장에서 2차 확인하기에도 모자랐다.

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

개발기술을 배추 재배 농가, 배추 산지유통인, 김치공장 원료담당자가 현재의 저장고를 활용하여 봄배추를 90일간 저장하는 사업에 활용하면서 참여기업을 중심으로 추가로 현장 지도하면서 미흡한 점은 지속적으로 보완할 계획이다.

협 식 품	장과 평가	장하면서 60, 70, 80일차에 저장품질 평가
	봄배추 실증저장과 시연	20평, 30평 및 50평 저장고에 타공포장 봄배추를 1일 3°C씩 냉각하여 90일간 저장
	저장 봄배추 저장품질 평가	타공포장 봄배추를 저장 60,75,90일차에 저장수율과 품질 평가
이 کم	중규모 저장고 봄배추 저장과 평가	36평 저장고 3동에 냉각속도를 달리하여 봄배추 저장하면서 60, 70, 80, 90일차에 저장품질 평가
	봄배추 실증저장과 시연	36평 저장고에 3동에 약제살포하고 타공포장한 봄배추를 1일 1°C와 3°C씩 냉각하여 90일간 저장
	저장 봄배추 저장품질 평가	타공포장 봄배추를 저장 60,75,90일차에 저장수율과 품질 평가
하 늘 마 음	대규모 지하저장고 봄배추 저장과 평가	50평 지하저장고에 냉각속도를 달리하여 봄배추 저장하면서 60, 70, 80일차에 저장품질 평가
	봄배추 지하 실증저장과 시연	50평 지하저장고에 타공크기를 달리하여 봄배추 90일간 저장
	지하저장 봄배추 저장품질 평가	타공크기별 봄배추를 저장 60, 75, 90일차에 저장수율과 품질 평가
	소규모 지하저장고 봄배추 저장과 평가	10평 지하저장고에 냉각속도를 달리하여 봄배추 저장하면서 저장품질 평가(저장실패)
	질산태 질소 시비 봄배추 재배	질산태질소와 암모니아태질소를 시비하여 봄배추를 재배하고 10평 지하저장고에 90일간 저장하면서 60, 75, 90일차에 저장수율과 품질 평가
	파일럿 저장고 설치 시운전	배추 저장시험용 파일럿저장고를 1평 규모로 6동 설치하고 시운전하여 배추 냉각속도와 냉각온도 시험에 사용

3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍 보		기타 (타 연구 활용 등)
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		논 문 평 균 IF	학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SC I	비 SC I							
단위	건	건	건	건	백 만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치	20	20		10					10					10	20			10		
최종목표	1	1		1					2			0		2	1			1		
연구간 내 달성실적	1	0		1					3			3		6	3			1		
달성율(%)	10 0	0		10 0					15 0			30 0		30 0	30 0			10 0		

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	봄배추 90일 저장 냉각속도 및 냉각온도 조절 기술 : 1일 3°C씩 냉각하여 2°C로 저장하는 기술
②	봄배추 곰팡이 발생 억제 약제 살포 저장 기술 : 배추에 락스와 테부코나졸을 살포하여 곰팡이 발생을 억제기술
③	봄배추 중량감소 억제 타공필름 포장 저장 기술 : 직경 14mm 40개를 뚫은 필름으로 배추 팻릿을 포장하여 저장하는 기술
④	봄배추 깨씨무늬증 발생 억제 시비 저장 기술 : 질산태질소 비료를 기준보다 2배량 살포하는 깨씨무늬 발생 억제기술

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복 제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해 결	정책 자료	기타
봄배추 90일 저장 냉각속 도 및 냉각온 도 조절 기술		V				V	V			
봄배추 곰팡 이 발생 억제 약제 살포 저 장 기술		V					V	V		
봄배추 중량 감소 억제 타 공필름 포장 저장 기술		V					V	V		
봄배추 깨씨 무늬증 발생 억제 시비 저 장 기술		V					V	V		

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과 활용계획 및 기대효과
봄배추 90일 저장 냉각속도 및 냉각온도 조절 기술	배추 재배농가, 배추 산지유통인, 김치공장 원료담당자에게 기술을 이전하여 현장애로를 해결할 계획임
봄배추 곰팡이 발생 억제 약제 살포 저장 기술	배추 재배농가, 배추 산지유통인, 김치공장 원료담당자에게 기술을 이전하여 현장애로를 해결할 계획임
봄배추 중량감소 억제 타공필름 포장 저장 기술	배추 재배농가, 배추 산지유통인, 김치공장 원료담당자에게 기술을 이전하여 현장애로를 해결할 계획임
봄배추 깨씨무늬증 발생 억제 시비 저장 기술	배추 재배농가, 배추 산지유통인, 김치공장 원료담당자에게 기술을 이전하여 현장애로를 해결할 계획임

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표			정책활용	홍보전시	
												SCI	비SCI						
단위	건	건	건	건	백만원	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명					
가중치	20	20		10				10				10	20			10			
최종목표	1	1		1				2			0	2	1			1			
연구기간 내 달성실적	1	0		1				3			3	6	3			1			
연구종료 후 성과창출 계획		<u>1</u>																	

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾	봄배추 90일 저장 냉각속도 및 냉각온도 조절 기술		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	0 천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간	1년	실용화예상시기 ³⁾	2021년
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	현행 저온저장고에서 실시 가능		

핵심기술명 ¹⁾	봄배추 곰팡이 발생 억제 약제 살포 저장 기술		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	0 천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타(기술 노우하우 전수)		
이전소요기간	1년	실용화예상시기 ³⁾	2021년
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	현행 저온저장고에서 실시 가능		

핵심기술명 ¹⁾	봄배추 중량감소 억제 타공필름 포장 저장 기술		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	0 천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타(기술 노우하우 전수)		
이전소요기간	1년	실용화예상시기 ³⁾	2021년
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	현행 저온저장고에서 실시 가능		

핵심기술명 ¹⁾	봄배추 깨씨무늬증 발생 억제 시비 저장 기술		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	0 천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타(기술 노우하우 전수)		
이전소요기간	1년	실용화예상시기 ³⁾	2021년
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	현행 저온저장고에서 실시 가능		

<뒷면지>

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농축산물안전유통소비기술개발 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농축산물안전유통 소비기술개발 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.