

Development of Transport Technology Using MA-Film for Broccoli

MA필름을 이용한 브로콜리의 수송기술 개발

吉田 慎一 / 호쿠렌농업협동조합연합회 농업종합연구소 식품검사분석센터 주사
野田 智昭 / 지방독립행정법인 홋카이도립종합연구기구 꽃·채소기술센터 생산환경그룹 연구주사

I. 서론

홋카이도산 청과물의 대부분은 그 지리적 조건에서부터 소비지로의 수송에 많은 시간을 필요로 하기 때문에 장거리 수송에 견딜 수 있는 선도유지기술의 개발이 요구된다. 홋카이도의 브로콜리 연간 생산량은 2만 4,300t(2015년)으로, 그 가운데 약 30%가 도외로 출하된다. 브로콜리는 품온이 높을수록 호흡량이 늘어나 화퇴의 외관이 열화해 상품 가치가 손상됨과 동시에 곰팡이나 부패 발생 리스크가 높아진다.

그 때문에 홋카이도산 브로콜리의 대부분은 발포스티롤 상자(이하 발포상자)에 얼음을 충전한 곤포형태로 전국의 소비지로 출하되기 때문에 제빙기를 설치하고 있는 산지에서는 출하수량을 제한시킬 수밖에 없다.

더욱이 제빙기를 설치하지 않은 산지에서는 지역의 일손 부족에 의해 구입해온 얼음을 충전하는 작업자 확보가 어렵기도 해 얼음 충전 발포상자의 이용은 브로콜리 생산 확대를 제한하는 요인의 하나가 되고 있다.

아울러 발포상자는 골판지상자에 비해 고가일 뿐만 아니라 내벽의 두께만큼 용적이 줄어들기 때문에 철도 컨테이너나 냉장 트럭 등 수송 기체에서의 적재효율이 나빠진다. 또한 발포상자는 폐기 시 처리 비용이 발생하는 경우가 있고, 납품처에서도 작업·환경 부하가 큰 자재로 여겨지고 있다.

한편 최근 국내외에서 다양한 제조사로부터 MA필름^{*1}의 개발·판매가 추진되고 있다. MA필름을 이용해 선도유지효과를 얻기 위해서는 저온 하에서의 사용이 권장된다. 하지만 JA에서부터 판매점까지 콜드체인의 접속상황은 출하시기, 사용하는 수송기체, 수송처의 보관상황 등에 따라 다양하다. 특히 '여름에 도매시장을 경유하는' 유통^{*2}에서는 시장에서 25℃ 이상의 외기에 장시간 노출되는 등 콜드체인이 끊어지는 경우도 적지 않다. 따라서 청과물의 물류에 MA필름을 도입하는 데에는 유통 실태에 따른 적절한 사용조건의 제시 및 이용법의 보급이 필수가 된다.

이상의 배경에서부터 호쿠렌농업종합연구소에서는 MA필름을 이용한 브로콜리의 저비용·선도유지 수송기술의 확립을 목적으로 홋카이도립종합연구기구 꽃·채소기술센터와 2015년~2016의 2년에 걸쳐 공동 연구를 하고, 유통 실태에 의한 도외수송 실증시험을 했다. 그 결과, 국내 장거리 수송에서 MA필름의 이용 한계 조건과 물류 경비의 저감효과가 명확해졌다. 또한 홋카이도의 ‘보급추천사항’ (2017년 2월에 채택)으로써 브로콜리 산지에 대한 본격적인 보급이 개시되었다. 다음에 브로콜리의 일본 국내 장거리 수송에서 MA필름의 적절한 이용조건과 경제 효과에 관해 소개하도록 한다.

※1 MA필름

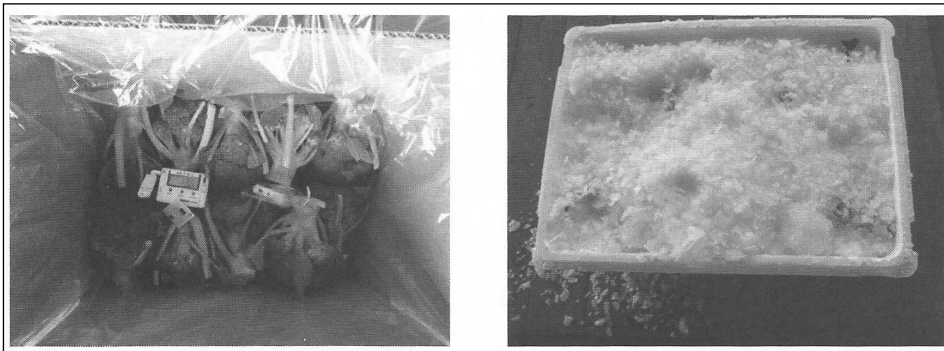
MA란 Modified Atmosphere의 약칭으로, 청과물의 호흡에 의한 산소 소비 및 이산화탄소 배출량을 파우치의 가스투과성으로 제어하고, 파우치 안을 청과물 보존에 적합한 가스 조성으로 조절하는 기능을 가진 포장 자재이다. 현재 시판되고 있는 MA필름의 대부분은 파우치에 미세구멍을 만들고, 소재의 힘으로 가스투과량을 조절하는 방법이 적용되고 있다. 또한 다양한 청과품목의 호흡량에 따라 가스투과량이 조절되도록 설계되고 있다. 이 글에

[표 1] 수송실증시험의 행정 개요

시험회수	시험시기	출하지	도착지	수송기재
1회째	2015년 8월	가미카와 관내 A시	히로시마현 히로시마시 판매점	JR화물(UR컨테이너)
2회째	2015년 8월	가미카와 관내 B정	시즈오카현 아타미시 판매점	냉장트럭
3회째	2015년 9월	가미카와 관내 B정	시즈오카현 아타미시 판매점	냉장트럭
4회째	2015년 9월	가미카와 관내 B정	시즈오카현 미시마시 판매점	냉장트럭
5회째	2015년 9월	가미카와 관내 C정	오키나와현 나하시 판매점	냉장트럭→비행기※
6회째	2015년 10월	이부리 관내 A시	도쿄도 오다시장	JR화물(UR컨테이너)
7회째	2016년 7월	가미카와 관내 B정	요코하마시 츄오도매시장	냉장트럭
8회째	2016년 9월	이시카리 관내 A시	나고야시 츄오도매시장	냉장트럭

※ 하네다공항→나하공항의 수송에 에어카고 이용

[사진 1] MA필름(좌)과 얼음 충전 발포상자(우)에 곤포한 브로콜리



서는 브로콜리 10kg용으로 설계된 'Xtend' (StePac제)와 'P-플러스' (스미토모베이크라이트제)를 이용한 도외 수송 실증시험을 했다.

※2 유통

이 글에서는 출하 시부터 착하지로 브로콜리를 회수하기까지의 일련의 행정을 '유통'으로 정의한다.

Ⅱ. 수송실증시험의 설계

이 글에서는 앞에서 서술한 2종류의 MA필름을 내장으로 한 골판지상자와 얼음 충전 발포상자([사진 1])에 브로콜리를 곤포하고, 수송기재에 실제 판매품과 동재해 훗카이도 내 5개 산지에서 도외 7도시로 총 8회 수송했다([그림 1]). 수송기재는 JR화물의 UR컨테이너(2015년 8월 히로시마, 2015년 10월 도쿄 오다), 항공기와 냉장트럭의 겸용(2015년 9월 나하), 냉장트럭(전기 이외)으로 했다. 또한 각 수송기재의 냉장조건은 JR화물에서는 화물과 드라이아이스를 동재, 냉장트럭에서는 5℃로 설정하고, 각각 실제 유통경로로 반송했다.

조사는 JA의 선과장에 집하된 브로콜리를 MA필름과 얼음 충전 발포상자에 약 10kg(20~25개)씩 곤포하고, 상자 밖에 온도 로거를 설치해 출하한 뒤 납품처로 추적해 착하 상태를 확인했다.

출하조사는 납품처인 도매시장 또는 판매점의 백야드에서 브로콜리와 온도로거를 회수한 뒤 포장용기 속 가스환경 측정(O₂ 및 CO₂ 농도, 취기 분석값, 이상 기기 분석), 화퇴의 외관 평가(곰팡이·부패, 황화, 조임, 냄새, 이상 관능조사(외관과 냄새))를 했다. 또한 일부 출하지에서 100℃ 2분으로 '데친 브로콜리'를 조리하고, 블라인드 상태로 약 20명의 패널을 대상으로 식미관능시험을 실시해 MA필름 이용품의 식미품질을 평가했다.

[표 2] 온도대별로 본 상자 외부 온도의 적산시간

시험회수	수송구간		평균온도 (℃)	유통 행정에서 온도대별 적산시간				
	출하지	도착지		0.0~4.9℃	5.0~9.9℃	10.0~14.9℃	15.0~19.9℃	20.0℃~
1회째(2015년 8월)	가미카와 관내 A시	히로시마	14.5	0.0	1.5	48.7	23.0	1.7
2회째(2015년 8월)	가미카와 관내 B정	아타미	11.4	0.0	7.5	38.3	1.4	0.0
3회째(2015년 9월)	가미카와 관내 B정	아타미	15.7	0.0	2.9	17.3	29.0	0.6
4회째(2015년 9월)	가미카와 관내 B정	미시마	17.9	0.0	0.0	4.6	26.8	14.3
5회째(2015년 9월)	가미카와 관내 C정	나하	7.1	29.8	97.7	4.3	13.7	1.0
6회째(2015년 10월)	이부리 관내 A시	도쿄 오다	4.6	23.6	11.8	1.9	0.0	0.0
7회째(2016년 7월)	가미카와 관내 B정	요코하마	11.2	12.0	11.0	5.0	8.0	10.0
8회째(2016년 9월)	이시카리 관내 A시	나고야	13.9	0.0	23.0	38.0	23.0	4.0

Ⅲ. 산지에서 소비지에 이르는 콜드체인의 접속 상황

각 유통 행정에서 상자 밖 온도이력을 [표 2]에 나타냈다. 1회째인 2015년 8월 히로시마행에서 이용한 JR화물(UR컨테이너)에서는 드라이아이스에 의한 냉각효과가 약해 장시간 고온에 노출되었다. 냉장트럭에서는 설정과 같이 5℃ 전후로 수송되지 못한 사례가 많이 보였다. 이것은 시험물이 도어사이드 상부에 적재되었기 때문에 냉기의 순환을 받기 어려운 영향이 크고, 냉장트럭 수송에서는 통풍구에서부터 떨어진 장소에 적재되는 화물에는 충분한 냉기가 이르지 못하는 가능성이 높다고 추찰되었다.

또한 유통 행정에서 화물의 적재 시나 도매시장에서의 대기 시에 고온에 노출되는 케이스도 확인되었다. 이 글에서 실시한 수송실증시험에서 유통 행정의 소요시간은 37시간(2015년 10월 도쿄 오다)~147시간(2015년 9월 나하), 평균온도는 4.6~17.9℃이고, 5회째인 2015년 9월 나하행과 6회째의 2015년 19월 도쿄 오다행을 뺀 6번 시험의 유통 행정에서 수송시간의 대부분에서 10℃ 이상에 노출되는 실태가 확인되었다. 즉 바깥 기온이 높아지는 7월 하순~9월 하순에 홋카이도에서 도외 소비지로 양질의 청과물을 출하하는 데에는 '콜드체인의 중단'을 의식한 포장·수송기술의 확립이 불가결하다는 것이 명확해졌다.

Ⅳ. MA필름 이용해 수송한 브로콜리의 외관품질

이 글에서 실시한 8회 시험 중 1회째인 2015년 8월 히로시마행과 8회째의 2016년 9월 나고야행에서, MA필름 이용품에 명확한 품질 열화가 발생했다. 2015년 8월 히로시마행에서는 MA필름 2종의 파우치 안 가스환경이 과도한 저산소·고이산화탄소 상태가 되고, 알코올류의 이취 발생이 확인됨과 동시에 화퇴에 황화나 이취의 발생 등 품질 열화가 생겼다. 2016년 9월 나고야행에서도 화퇴의 황화가 눈에 띄어 상품성을 잃었다. 또한 품질 열화가 인지된 2번의 시험에서는 얼음 충전 발포상자로 수송한 것에 관해서도 화퇴에 곰팡이·부패나 이취가 발생해 상품성을 잃었다. 한편, 앞에서 서술한 2회의 시험을 뺀 6회의 시험에서 MA필름 2종으로 곤포한 브로콜리는 모두 얼음 충전 발포상자와 동등 이상의 양호한 외관 품질이 유지되었다.

Ⅴ. MA필름 이용해 수송한 브로콜리의 식미평가

이 연구의 연관기관의 협력을 얻어 2회째인 2015년 8월 아타미행, 6회째인 2015년 10월 도쿄 오다행 및 7회째인 2016년 7월 요코하마행의 3가지 시험에서 얼음 충전 발포상자로

[표 3] 출하지에서 실시한 식미관능시험의 결과

실시시기 목적지 (패널 수)	시험지역	관능특성*					종합평가 (-불 · +양)	상품 만족도 [§] (-불 · +양)
		녹색의 진함 (-담 · +농)	맛의 진함 (-담 · +농)	단맛의 강도 (-약 · +강)	단단함 (-연 · +경)			
2015년 8월 아타미 (n=24명)	얼음 충전 발포상자	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	미실시
	Xtrend	0.58	0.29	0.67	-0.17	0.50		
	P-플러스	0.63	0.17	0.29	0.04	0.54		
2015년 10월 도쿄 오다 (n=20명)	얼음 충전 발포상자	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40
	Xtrend	0.35	0.00	0.15	0.40	0.15	0.30	0.30
	P-플러스	0.45	0.20	0.10	0.35	0.35	0.50	0.50
2016년 7월 요코하마 (n=20명)	얼음 충전 발포상자	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
	Xtrend	0.40	0.50	0.40	0.35	0.60	0.60	0.60
	P-플러스	0.85*	0.60	0.65	0.70	0.80*	0.40	0.40

※ : *P<0.05(각 회에서도 얼음 충전 발포상자를 기준으로 한 Dunnett의 검정)

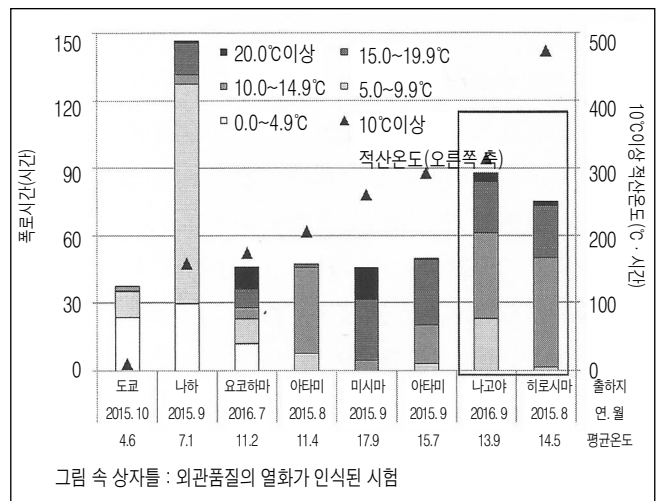
§ : 상품만족도 : -2(상품성 결손), -1(클레임 걱정), 0(문제없음), 1(만족), 2(매우 만족), n.s(Tukey-Kramer의 다중검정)

수송한 브로콜리를 기준으로 한 식미관능시험을 실시했다([표 3]). ‘폭서기의 도매시장’을 경유한 2016년 7월 요코하마행을 포함해 각 회 공통으로 얼음 충전 발포상자에 비해 MA필름 2중은 ‘녹색’이 진하고, ‘단맛’이 강해 ‘종합평가’가 양호하다는 평가를 얻었다. 또한 상품만족도의 스코어에서부터 MA필름 2중은 상품성에 문제가 없다는 것을 확인했다. 이상의 결과에서부터 MA필름의 이용에 의해 얼음 충전 발포상자와 동등~약간 뛰어난 식감의 브로콜리를 공급할 수 있는 가능성이 시사되었다.

VI. MA필름의 이용 한계의 제시

MA필름의 이용에 의해 명확한 품질 열화가 확인된 것은 1회제인 2015년 8월 히로시마행과 8회제인 2016년 9월 나고야행의 2회만으로, 다른 6회는 모두 양호한 품질로 착하했다. 유통 행정에서 상자 밖 온도이력([표 2])에서부터 상자 밖 온도가 10.0℃이상에 노출되는 시간의 장단이

[그림 1] 유통 행정에서 상자 밖 적산온도



브로콜리의 선도에 영향을 미칠 가능성이 있다고 생각되었기 때문에 다음의 식으로 '10℃ 이상의 적산온도'를 산출하고, 이 적산온도가 품질 열화에 미치는 영향에 관해 검토했다.

$$10^{\circ}\text{C이상의 적산온도}(\text{C} \cdot \text{h}) = \sum(1\text{시간의 평균온도} - 10)$$

다만 1시간의 평균온도가 10℃이하의 경우에는 0으로 적산.

정상적인 품질로 착하한 6번의 시험에서 '10℃이상 적산온도'의 최고온도는 293℃·h(2015년 9월 아타미행)로, 품질 열화가 확인된 2번의 시험에서 '10℃이상 적산온도'의 최저온도는 314℃·h(2016년 9월 나고야행)였다(그림 1). 한편, 이 글과 선행해 실시한 저장시험에서 MA필름 이용에 의해 브로콜리의 품질 열화가 인식된 '10℃이상의 적산온도'의 최저온도는 360℃·h였다.

이상으로부터 상자가 노출되는 '10℃이상의 적산온도'가 300℃·h미만이 되는 유통이 성립할 경우, MA필름을 이용할 수 있다고 판단했다.

VII. MA필름 이용에 의한 물류경비의 저감효과

동 연합회 시설자재부와 물류부가 연대해 냉장트럭 1대를 가득 채운 상태로 홋카이도 가미카와 관내에서 관동지방으로 출하했을 때의 MA필름 이용경비를 시산했다(표 4). MA필름의 이용경비는 얼음 충전 발포상자에 비해 포장재비가 90~180엔/상자, 운반비가 99엔/상자 저렴해지는 것으로 시산되었다.

즉, 얼음 충전 발포상자에서 MA필름으로 교체하면 물류경비를 3할 정도 줄일 수 있다는 가능성이 시사되었다.

한편, 홋카이도에서는 트럭 운전수 부족이 문제가 되고 있어서 안정한 물류망을 확보하는 것 못지않게 운전수의 노동 부하 경감이 큰 과제가 되고 있다. MA필름의 이용은 썰빙(碎氷)을 사용하지 않는 만큼 5~10kg/상자 정도 가볍기 때문에 경비뿐만 아니라 운전수의 노동 부하나 구축시간의 삭감에도 효과적이라고 생각할 수 있다.

[표 4] 포장재비 및 수송비의 비교(2016년도 개산)

		얼음 충전	MA	비고
포장재비	상자	¥340~400/상자	¥220~250/상자	
	얼음 (발포스티롤)	¥300/상자	¥100/상자 (골판지)	자가 썰빙 : ¥40/상자(감가상각비 비포함) 얼음 구입 : ¥100/상자
	MA필름	¥40~100/상자	¥120~150/상자	
운반비	가미카와 관내 →관동지방	¥429/상자	¥330/상자	냉장트레일러(12m) 1대 ¥35만 적재가능량※ 발포상자 : 816상자/대 골판지상자 : 1,060상자/대
	합계	¥769~829/상자	¥550~580/상자	

※ 만재로 가정해 계산


VIII. 결론

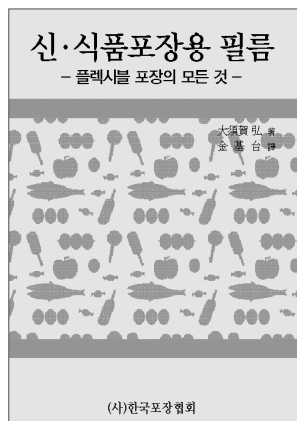
이 연구에 의해 적절한 유통조건 하에서 이용하는 경우, MA필름은 청과물의 선도유지나 물류 부담의 경감에 효과적인 자재인 것이 확인되었다. 다만 충분히 주의해야만 하는 것은 MA필름은 어떠한 경우에도 청과물의 선도를 유지하는 마법의 필름은 아니라는 것이다.

청과물 유통의 기본은 품목에 적합한 온도(대부분의 청과물에서는 동결하지 않는 범위에서 가능한 저온)로 유지하는 것이다.

유통 도중 부득이하게 저온 관리가 불가능한 상황을 상정하고, 그 한계를 검토한 것이 이 연구이고, 이것을 가지고 저온 관리를 소홀히 해도 좋다는 것은 아니다. ①예냉은 수확 후 빨리 하고, ②유통 행정의 저온관리를 준수하고, ③점포에서도 적절한 온도관리를 한다는 기본을 지키고, MA필름을 효과적으로 활용하고자 한다.

또한 필자는 앞으로도 도외 소비지에서의 수요가 높지만, 선도 유지가 어렵고 수송가능거리의 연장이 요구되고 있는 아스파라거스나 스위트콘을 대상으로 이 기술을 응용할 수 있도록 노력해나갈 것이다.

이 연구를 수행함에 있어서 'Xtrend'를 세이카산업(주)으로부터, 'P-플러스'를 스미토모 베이크라이트(주)로부터 각각 제공받았다. 감사를 표한다. 



서적 안내

신·식품포장용 필름

「신·식품포장용 필름」-플렉시블 포장의 모든 것」은 플렉시블 포장 개략, 플라스틱의 성질, 필름제조법, 필름의 성질, 플렉시블 포장용 필름, 식품보존성, 플렉시블 포장용 각종 필름, 포장과 환경문제, 플렉시블 포장 등을 상세하게 다루고 있다.

· 가격 : 20,000원
 · 구입 문의
 TEL : (02)2026-8655
 E-mail : kopac@chollian.net