

# 천적 곤충 포장 표준화에 관한 연구

함은혜\* · 남윤복 · 전해정

(주)오상킨섹트 생물자원연구소

## Packaging Standardization for Biological Control Agents

Eun Hye Ham\*, Yun Bok Nam and Hye Jeong Jun

Institute for Bioresources, Osangkinsect Co., Ltd., Guri 11921, Korea

**ABSTRACT:** This study aimed at establishing a packaging standardization method that allows the maintenance of biological control agents product quality during delivery. First, based on the results of distribution status analysis of biological control agent products from four manufacturers, we confirmed that the mean temperature was maintained at 25.6°C (minimum and maximum temperatures: 18.1 and 30.7°C, respectively) inside the packaging box of each company for 36-48 h. To establish the optimal packaging method for each season, seven external temperature conditions were set ranging between 0°C and 30°C at intervals of 5°C. In addition, we evaluated internal temperature maintenance performance for each coolant pack handling method and determined 14 packaging combinations. A packaging combination that maintained a temperature of 3°C - 9.9°C at each external temperature conditions was considered efficient. This temperature range is close to a lower developmental threshold at which the biological control agents can survive with minimum energy for 12 h (direct delivery time), or 36-48 h (general delivery time) after packaging.

**Key words:** Coolant-pack, Transport, Biological control agents, Packing, Quality maintenance

**초록:** 본 연구는 천적 곤충을 운송하는 동안 제품의 품질을 유지할 수 있는 포장 표준화 방안을 마련하고자 수행되었다. 먼저 4개 업체의 천적 제품 유통 현황을 분석한 결과, 평균 배송 소요시간인 36 ~ 48시간동안 평균 25.6°C(최저온도: 18.1°C, 최고온도: 30.7°C)를 유지하는 것을 확인하였다. 계절별 최적의 포장방법을 구축하기 위하여 0 ~ 30°C 범위에서 5°C 간격으로 7개의 외부온도조건을 설정하였다. 또한 보냉제의 취급방법별 내부온도 유지성능평가를 실시해 14건의 포장조합을 도출하였다. 도출한 포장조합을 외부온도조건에 맞춰, 포장 후 12시간 이내의 직접 배송 또는 36 ~ 48시간이 소요되는 일반 배송기간 동안 최소한의 에너지로 천적의 생존을 유지할 수 있는 발육영점온도에 근접한 3.0 ~ 9.9°C로 유지할 수 있는 포장조합을 제시하였다.

**검색어:** 보냉제, 운송, 천적 곤충, 포장, 품질유지

농업생산활동에 따른 오염의 피해 및 환경에 미치는 영향이 연이어 논의되면서 환경을 보전하는 지속가능한 농업에 대한 관심이 증대되고 있다(Kim and Park, 2016; Ham, 2018). 해충 종합관리의 개념은 1950년대의 화학약제를 이용한 해충방제에 반대하여 나오기 시작하였으나, 그 개념은 훨씬 이전의 생물적 방제에 이론적 기초를 두고 있다(Lim and Lee, 2013). 생물적 방제는 해충의 밀도를 억제하기 위해 생물적 방제인자를 이

용하는 것으로, 국내에 생물적방제가 도입된 이후, 천적 곤충의 활용성 제고를 위해 사육 기법 개선, 대체먹이 개발과 현장 적용 기법 구축에 관한 연구가 꾸준히 지속되어 왔다(Morales-Ramos et al., 2013; Ham, 2018).

곤충산업의 육성 및 지원에 관한 법률 시행령 제6조에서도 천적 곤충으로 유통 또는 판매 가능한 곤충의 종류 및 사육기준과 규격을 제시하고 있다. 그러나 천적 곤충의 유통에 대한 연구는 상대적으로 미흡하여 수출 맞춤형 풀잠자리 포장 패키지 기술 개발과 고온조건에서 스마트-Pack 맞춤형 유통시스템 구축 연구 외에는 거의 찾아볼 수 없는 실정이다(Lee, 2016; Ham and Lim, 2020). 국내 다수의 천적 곤충업체는 택배 서비

\*Corresponding author: hameunhye@hotmail.com

Received February 26 2021; Revised March 26 2021

Accepted April 5 2021

스를 통해 소비자에게 직접 제품을 배송하고 있으며, 제품 포장은 개별 기업의 지침에 준하여 이루어지고 있다. 그러나 천적 제품의 종류, 제품 포장방법이나 유통 시 환경조건에 따라 내부 유지 온도가 달라질 수 있으므로 곤충의 포장 표준화를 위한 기준설정과 세부적인 지침이 요구되고 있다(Lee, 2016; Ham and Lim, 2020). 실제로 곤충은 예기치 못한 온도에 노출되었을 때, 생리적 혹은 행동적 적응 메커니즘을 발현함으로써 변화한 온도에 대처할 수는 있지만, 극한 온도의 변화는 곤충의 생존율을 저하시키는 원인이 되기 때문이다(Jeong, 2011).

한국소비자원 통계자료에 따르면 2015 ~ 2017년 사이에 택배 관련 소비자 피해 구제 신청 건수는 964건, 이 중 파손에 대한 피해가 전체의 38.4%로 나타났다(Lee, 2020). 또한, 냉동 또는 냉장 상품의 부패와 변질 등을 경험한 소비자 피해와 관련된 뉴스기사 등록 건수는 해를 거듭할수록 증가하고 있다(Lee, 2020). 피해가 있었음에도 불구하고 피해 접수를 하지 않은 소비자나, 택배 서비스 이용 후, 공공기관이 아닌 개별 업체에 직접접적으로 제기한 소비자 피해 사례를 포함한다면 피해 건수는 위 수치보다 더 늘어날 것으로 추정된다(Lee, 2020). 천적제품도 스티로폼 박스에 보냉제를 함께 넣어서 실온 배송이 되고 있다. 이러한 이유로 월평균온도가 25°C를 웃도는 고온기에 제품품질 이슈가 증가되고 있다. 품질이슈를 해결하기 위하여 유통 중, 대상종의 에너지 소모를 최소화할 수 있는 발육영점온도로 유지하는 포장 방법이 요구된다. 곤충은 발육영점온도 이상에서는 발육 정지효과를 유발하기 힘들고, 이 이하의 온도는 세포막 장애와 같은 냉해 피해가 유발될 수 있기 때문이다(Kim et al., 2009b). 또한, 포장 시 사용되는 보냉제와 스티로폼 박스의 체적에 따라라도 내부 온도는 상이한 양상을 보일 수 있다(Lee, 2020).

따라서 본 연구에서 사계절 내 배송과정에서 제품의 품질을 일정하게 유지시킬 수 있는 천적 곤충 포장 표준화를 제시하고자 한다. 먼저 국내 천적 제품 유통 실태를 파악하였으며, 보냉제의 저온저장기간에 따른 포장박스 내부의 온도변화, 포장박스 내에서 천적과 보냉제의 거리에 따른 온도변화, 및 포장박스 내 완충제 충전 여부에 따른 온도변화 등을 조사하여 유통 시 천적 곤충 품질의 안정적 관리를 위한 보냉제 취급방법 및 포장방법을 제시하였다.

## 재료 및 방법

### 국내 천적 제품 유통 실태

국내 천적업체의 유통 실태를 파악하여, 개선이 필요한 사항

을 도출하기 위하여 4개 업체의 천적 포장 패키지를 확보하였다. 7~8월경의 업체별 유통형태는 그대로 유지하면서, 내부온도변화를 측정하기 위해 온도기록장치(U23-001, HOBO® Pro v2, Onset Computer Corp., USA)를 상자에 넣어서 재포장하였다. 각 업체별 보냉제는 -10°C 냉동고에 5일간 보관 후 사용하였으며, 포장된 상자들은 기상자료 개방 포털(data.kma.go.kr)의 기온분석 자료를 참고하여 8월 최고 평균온도인 29.4°C에 근접한 30°C로 설정된 인큐베이터(DBO-242, Dae Il engineering Co., Ltd., Korea)에 보관하였다. 또한 국내는 지리적 여건상 전국을 아우르는 수송거리가 짧은 편으로 도서지역을 제외한 전국의 배송 소요기간은 평균 1~2일 내외이므로(Lee, 2020), 최대 48시간동안의 내부온도를 측정하였다. 이때 온도기록장치는 30분 간격으로 기록하도록 설정되었으며, 업체 포장자재별 3반복, 각 반복 당 2~3회 측정된 결과값을 분석에 사용하였다. 상기 측정결과로 업체별 천적 제품 유통현황 분석 및 천적 곤충의 포장 표준화 연구 타당성을 검토하였다.

### 보냉제 종류 및 저온 노출 시간이 내부환경에 미치는 영향

제품 포장에 적합한 보냉제를 선별하기 위하여 물(21 × 27 cm, Bingo ice®, Bingo Co., Ltd., Korea), 고흡수성 폼에 물과 NaCl이 함유된 New gel(20 × 25 cm, T-pack®, FMS Korea Co., Ltd., Korea), 그리고 고흡수성 폴리머(Supper absorbent polymer, Sap)(21 × 27 cm, Gel-icepack®, Acecorea Co., Korea)가 함유되어 있는 비슷한 규격의 제품을 준비하였다. 모든 보냉제는 -10°C 냉동고에 5일간 보관 후, 같은 규격의 스티로폼 박스(외경 30 × 23 × 23 cm, 내경 26.5 × 19.7 × 18.8 cm, Kyungwon Styrofoam Co., Korea)에 포장되었으며, 내부온도 측정을 위해 온도기록장치(U23-001, HOBO® Pro v2, Onset Computer Corp., USA)도 같이 포장하였다. 포장된 박스는 30°C로 설정된 인큐베이터(DBO-242, Dae Il engineering Co., Ltd., Korea)에서 전체 3반복 진행하였으며, 12시간동안 보관하면서 30분 간격으로 온도를 측정하였다.

동일한 온도에 노출된 보냉제(21 × 27 cm, Gel-icepack®, Acecorea Co., Korea)를 대상으로, 저온에 노출된 시간에 따른 보냉제의 온도와 습도유지효과를 확인하였다. 보냉제는 -10°C 냉동고에서 각 1, 5, 10, 20, 및 30일 보관한 보냉제를 스티로폼 박스(외경 30 × 23 × 23 cm, 내경 26.5 × 19.7 × 18.8 cm, Kyungwon Styrofoam Co., Korea)에 하나씩 넣어 30°C로 설정된 인큐베이터(DBO-242, Dae Il engineering Co., Ltd., Korea)에서 48시간 동안 보관하면서 온습도기록장치(U23-001, HOBO® Pro v2, Onset Computer Corp., USA)로 스티로폼박스 내부 온

도와 습도를 30분 간격으로 기록하였다. 냉동기간별 3반복 진행하였으며, 각 반복 당 4~6회 측정값을 분석에 사용하였다.

### 보냉제의 포장 거리가 박스 내부 온도유지에 미치는 영향

제품 포장 시, 제품과 보냉제(21 × 27 cm, Gel-icepack®, Acecorea Co., Korea)와의 거리가 내부 온도유지에 미치는 영향을 확인하였다. 보냉제는 하나만 사용하였으며, 보냉제와 1, 5, 10, 15, 20, 및 25 cm 떨어진 지점에 온도기록장치(U23-003, HOB0® Pro v2, Onset Computer Corp., USA)의 센서를 위치시킨 후, 스티로폼 박스(외경 37.5 × 29 × 27 cm, Kyungwon Styro foam Co., Korea)에 넣어 30°C로 설정된 인큐베이터(DBO-242, Dae Il engineering Co., Ltd., Korea)에 48시간동안 보관하면서 30분 간격으로 거리별 내부온도를 3반복 측정하였다. 측정된 온도데이터는 12시간 간격으로 평균값을 구하여 분석에 사용하였다.

### 박스 내부 여유 공간이 박스 내부 온도유지에 미치는 영향

제품 포장 박스 내부의 여유 공간이 내부 온도변화에 미치는 영향을 확인하고자 제품과 보냉제(21 × 27 cm, Gel-icepack®, Acecorea Co., Korea)만 넣고 포장한 방법과 종이완충제(width 550 mm, Roll-kraft®, Eco Life Packaging Co., Korea)를 채워 여유 공간을 없앤 포장방법의 내부온도를 비교하였다. 이때, 종이완충제는 50~60 cm로 절단하여 손으로 살짝 구겨서 포장에 사용하였다. 동일한 스티로폼 박스(외경 30 × 23 × 23 cm, 내경 26.5 × 19.7 × 18.8 cm, Kyungwon Styrofoam Co., Korea)에 제품과 온도기록장치(U23-001, HOB0® Pro v2, Onset Computer Corp., USA)를 넣고 각 5 cm와 1 cm 떨어진 곳에 보냉제를 위치시켰다. 보냉제를 제품과 5 cm 떨어트려 포장한 박스는 25°C로 설정된 인큐베이터(DBO-242, Dae Il engineering Co., Ltd., Korea)에, 1 cm 떨어트려 포장한 박스는 20°C로 설정된 인큐베이터에 48시간동안 보관하면서 30분 간격으로 내부온도를 측정하였다. 측정된 온도데이터는 12시간 간격으로 평균값을 구하여 분석에 사용하였으며, 처리구별 3반복, 각 반복 당 4회 측정하였다.

### 외부온도조건과 포장방법이 박스 내부 온도유지에 미치는 영향

제품 포장 시, 에어캡(50 × 50 cm, 0.04 t, Air-cap®, Glo-genic Co., Ltd., Korea) 사용이 내부 온도변화에 미치는 영향

을 확인하고자 에어캡으로 봉투(27 × 22 × 25 cm)를 제작하였다. 이때, 포장방법은 보냉제(21 × 27 cm, Gel-icepack®, Acecorea Co., Korea)를 넣는 것과 넣지 않는 방법으로 이원화하였으며, 보냉제를 사용할 때는 온도기록장치와 1 cm 떨어진 지점에 위치시켰다. 포장에 사용한 보냉제는 15°C로 설정된 인큐베이터(DBO-242, Dae Il engineering Co., Ltd., Korea)에서 7일간 보관 후 사용하였다. 준비된 에어캡 봉투를 스티로폼 박스(외경 30 × 23 × 23 cm, 내경 26.5 × 19.7 × 18.8 cm, Kyungwon Styrofoam Co., Korea)에 넣고 그 안에 온도기록장치(U23-001, HOB0® Pro v2, Onset Computer Corp., USA)를 넣어 밀봉하여, 0°C로 설정된 인큐베이터에 48시간동안 보관하면서 30분 간격으로 내부온도를 측정하였다. 측정된 온도데이터는 12시간 간격으로 평균값을 구하여 에어캡 봉투없이 포장한 박스의 내부온도와 비교하였으며, 각 처리구별 3반복, 각 반복 당 2~4회 측정하였다.

상기 결과를 참고하여, 천적 곤충 유통 기간동안 박스 내부의 온도변화를 최소화할 수 있는 14개의 포장조합을 선별하여 실험에 사용하였다. 보냉제(21 × 27 cm, Gel-icepack®, Acecorea Co., Korea)는 25, 15, 5 또는 -10°C에서 5일이상 보관되는 조건으로 처리하였으며, 제품과의 거리는 1 cm 또는 5 cm로 처리하였다. 이때, 온도기록장치(U23-001, HOB0® Pro v2, Onset Computer Corp., USA)는 제품과 같은 위치에 두었다.

본 연구에서 외부온도조건은 실제와 같은 온도변화를 구성함에 한계가 있어, 기상자료 개방 포털(data.kma.go.kr)의 월평균 기온을 조사하여, 하절기 최고 온도인 30°C부터 영상권 최저온도인 0°C의 범위에서 5°C 간격으로 7개 외부온도(30, 25, 20, 15, 10, 5, 및 0°C)로 구분하여 처리하였다. 5°C와 0°C조건인 포장 조합 중에 5°C에 보관했던 보냉제 처리구에는 에어캡 봉투를 적용하여 포장하였다. 각 외부온도조건으로 설정된 인큐베이터(DBO-242, Dae-II engineering Co., Ltd., Korea)에 포장된 박스를 48시간동안 보관하면서 30분 간격으로 내부온도를 측정하였다. 각 처리구별 3반복, 각 반복 당 3~4회 측정하였으며, 측정된 온도데이터는 12시간 간격으로 평균값을 구하여 천적 곤충 포장에 적용할 수 있도록 정리하였다.

### 통계분석

천적 제품 유통현황을 파악하기 위한 업체별 포장 박스 내부 유지온도, 보냉제 물성, 냉동기간, 포장 거리, 내부 여유 공간, 및 외부온도조건과 포장방법에 따른 박스 내부 온도의 비교는 one-way ANOVA test (SAS Institute, 2015)를 이용하여 분석하였으며, 각 분석 결과값의 통계적 차이는 Tukey's Studentized

Range (HSD) test로 검정하였다(Type I error = 0.05). 보냉제의 냉동기간과 포장 후 경과시간에 따른 내부유지온도의 변화 및 내부 여유공간의 차이가 경과시간에 따른 박스 내부유지온도의 변화에 미치는 영향은 two-way ANOVA test로 추가 분석하였다.

## 결과

### 국내 천적 제품 유통 실태

현재 유통되고 있는 천적 제품 배송 시의 평균 내부유지온도를 확인하기 위해, 4개 업체의 포장방법을 동일하게 구현하여 48시간동안의 온도변화를 측정하였다(Fig. 1). 세 개 업체(A, B, 및 C)의 내부 평균 내부유지온도는 12시간 동안 17.1°C, 24시간 후에는 19.2°C까지 올라가는 유사한 패턴을 보였다(12시간:  $df=2,8; F=0.96; P=0.4348$ , 24시간:  $df=2,8; F=2.62; P=0.1521$ ). D 업체는 24시간동안 평균 11.0°C, 36시간 동안 평균 12.7°C, 36시간 후에는 평균 14.6°C로, 타 업체보다 통계적으로 낮은 수치를 보였다(12시간:  $df=3,29; F=5.75; P=0.0037$ , 24시간:  $df=3,29; F=13.63; P<0.0001$ , 36시간:  $df=$

$3,29; F=34.1; P<0.0001$ , 48시간:  $df=3,29; F=12.49; P<0.0001$ ). 그러나 D 업체를 포함한 모든 처리구에서 평균 배송 소요시간인 36~48시간동안 빠른 속도로 온도가 상승하였으며, 최소한의 에너지로 생존할 수 있는 발육영점온도에 근접한 저온을 유지하지는 못하였다(Table 1).

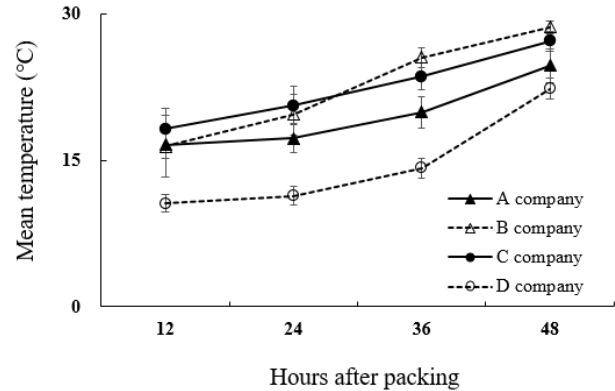
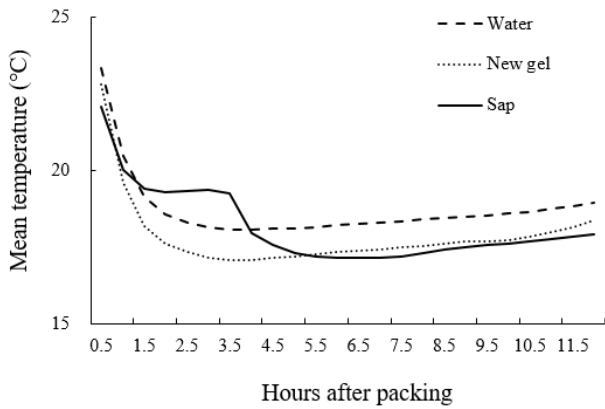


Fig. 1. Mean temperature changes inside the packaging box of each company, when kept at 30°C for 48 h.

Table 1. A lower developmental threshold (°C) of the invertebrate biological control agents used for augmentative biological control in Korea

Family	Biological control agent	Lower developmental threshold (°C)	Reference
Anthocoridae	<i>Orius insidiosus</i>	11.8 ~ 12.3	Mendes et al., 2005
Anthocoridae	<i>Orius laevigatus</i>	11.3	Sanchez and Lacasa, 2002
Anthocoridae	<i>Orius minutus</i>	9.2 ~ 11.9	Jun, 2020
Anthocoridae	<i>Orius sauteri</i>	10.3 ~ 11.1	Ohta, 2001
Aphelinidea	<i>Aphelinus varipes</i>	5.7 ~ 5.8	Choi et al., 2008
Braconidae	<i>Aphidius colemani</i>	2.7 ~ 3.0	Zamani et al., 2007
Braconidae	<i>Aphidius ervi</i>	2.2 ~ 6.6	Sigsgaard, 2000
Braconidae	<i>Aphidius gifuensis</i>	5.5	Ohta et al., 2001
Cecidomyiidae	<i>Aphidoletes aphidimyza</i>	7.9 ~ 11.7	Kim et al., 2005
Chrysopidae	<i>Chrysoperla carnea</i>	8.0 ~ 10	Honek and Kocourek, 1988
Eulophidae	<i>Diglyphus isaea</i>	9.2 ~ 9.4	Haghani et al., 2007
Miridae	<i>Nesidiocoris tenuis</i>	10.3	Sanchez et al., 2009
Phytoseiidae	<i>Amblyseius californicus</i>	8.2 ~ 11.7	Gotoh et al., 2004
Phytoseiidae	<i>Amblyseius cucumeris</i>	12.8	Li et al., 2003
Phytoseiidae	<i>Amblyseius swirskii</i>	11.3	Lee and Gillespie, 2011
Phytoseiidae	<i>Phytoseiulus persimilis</i>	11.0	Morewood, 1992
Syrphidae	<i>Episyrphus balteatus</i>	7.5	Honek and Kocourek, 1988
Trichogrammatidae	<i>Trichogramma</i> sp.	10.0	Kim et al., 2009b



**Fig. 2.** Mean temperature changes inside the packaging box filled with different types of coolant-pack, when placed at 30 °C for 48 h.

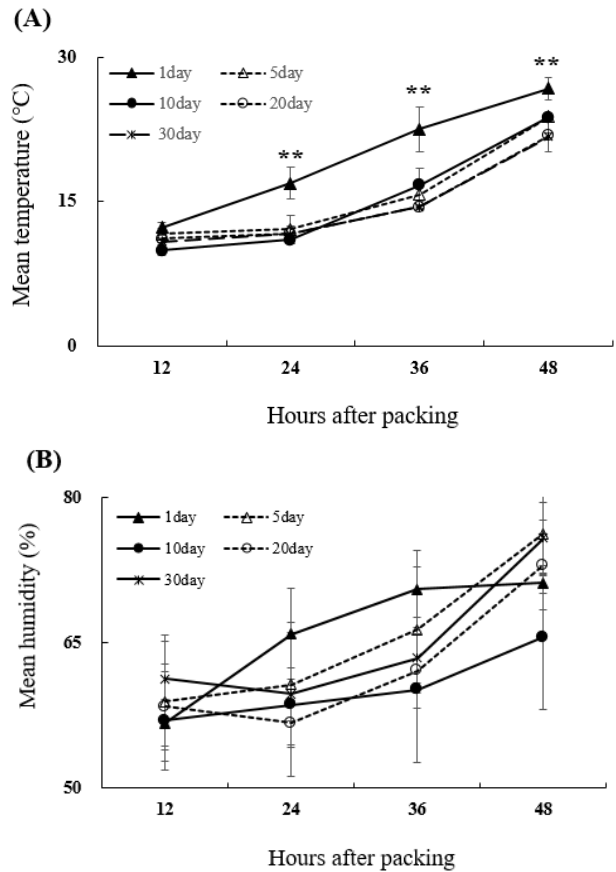
### 보냉제 종류 및 저온 노출 시간이 내부환경에 미치는 영향

보냉제 물성별 내부유지온도를 비교한 결과(Fig. 2), 모든 처리구에서 평균 18°C내외로 유사한 결과를 확인할 수 있었다( $df = 2,8; F = 0.47; P = 0.6472$ ). 이 연구를 토대로 이후 모든 연구는 Sap가 함유된 보냉제를 사용하여 실시하였다.

보냉제를 -10°C 냉동고에 각 1, 5, 10, 20, 및 30일 보관 후 내부 온도 유지효과를 확인하였다(Fig. 3-A). 초기 12시간에는 평균 11°C내외로 처리구별 차이가 없었으나, 24시간 후에는 5일 이상 저온 보관한 보냉제 처리구에서 1일 보관한 보냉제 처리구보다 통계적으로 낮은 온도가 확인되었다(12시간:  $df = 4,14; F = 1.19; P = 0.3727$ , 24시간:  $df = 4,14; F = 4.92; P = 0.0188$ ). 36시간 후에는 5, 20, 및 30일 보관한 처리구가, 48시간 후에는 5, 10, 및 20일 보관한 처리구의 유지온도가 유사하게 확인되었다(36시간:  $df = 4,14; F = 5.82; P = 0.011$ , 48시간:  $df = 4,14; F = 3.6; P = 0.0456$ ). 상기 결과를 이원분산분석한 결과, 냉동기간과 경과시간이 길어질수록 내부 유지온도는 낮게 나타나지만, 교호작용은 확인할 수 없었다(냉동기간:  $df = 4,40; F = 13.72; P < 0.0001$ , 경과시간:  $df = 3,40; F = 124.9; P < 0.0001$ , 냉동기간 × 경과시간:  $df = 12,40; F = 1.37; P = 0.2193$ ).

보냉제를 -10°C 냉동고에서 각 1, 5, 10, 20, 및 30일 보관 후 내부 습도 유지효과를 확인한 결과(Fig. 3-B), 경과시간이 길어질수록 내부 습도가 상승하는 것을 확인할 수 있었다( $df = 3,40; F = 5.22; P = 0.0039$ ). 보냉제의 냉동기간은 포장 후의 경과시간별 내부습도에 영향을 주지 않았다(냉동기간:  $df = 4,40; F = 0.64; P = 0.6372$ , 냉동기간 × 경과시간:  $df = 12,40; F = 0.25; P = 0.994$ ).

상기 연구를 토대로 천적 곤충 포장에 사용할 보냉제는

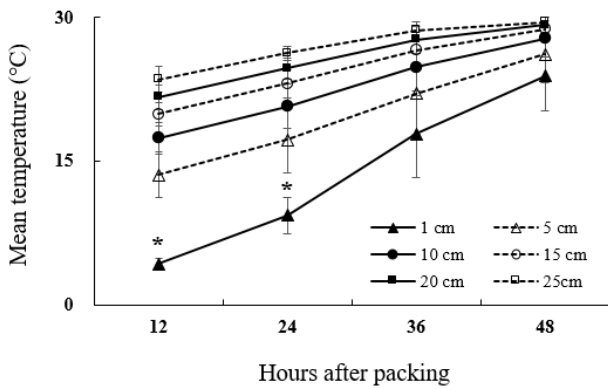


**Fig. 3.** Temperature (A) and humidity (B) changes inside the packaging box filled with different types of coolant-packs stored at -10 °C for different periods (1, 5, 10, 20, or 30 days), when placed at 30 °C for 48 h. \*\* indicates a significant difference between the means (Tukey's studentized range test,  $\alpha = 0.05$ ).

-10°C 냉동고에 5일 이상 보관하는 것이 최적인 것으로 결정하였다.

### 보냉제의 포장 거리가 박스 내부 온도유지에 미치는 영향

제품과 보냉제와의 거리에 따른 내부 유지온도 확인 결과(Fig. 4), 12시간까지 1cm 지점에서 평균 4.3°C, 5cm 지점에서 평균 13.6°C를 유지하였으며, 10cm 이상에서는 평균 17°C 이상의 높은 온도가 측정되었다( $df = 5,17; F = 21.51; P < 0.0001$ ). 24시간 동안에는 1cm 지점에서만 평균 6.8°C가 유지되었을 뿐 전체적으로 15°C 이상으로 상승하였다( $df = 5,17; F = 9.16; P = 0.0009$ ). 36시간 이후에는 모든 지점에서 17°C 이상으로 측정되어 처리구간 차이를 확인할 수 없었다(36시간:  $df = 5,17; F = 1.82; P = 0.183$ , 48시간:  $df = 5,17; F = 0.98; P = 0.4684$ ). 상기 연구결과, 외부 평균 온도가 30°C일때, 스티로폼 박스(외경 30 × 23 × 23 cm, 내경 26.5 × 19.7 × 18.8 cm, Kyung-



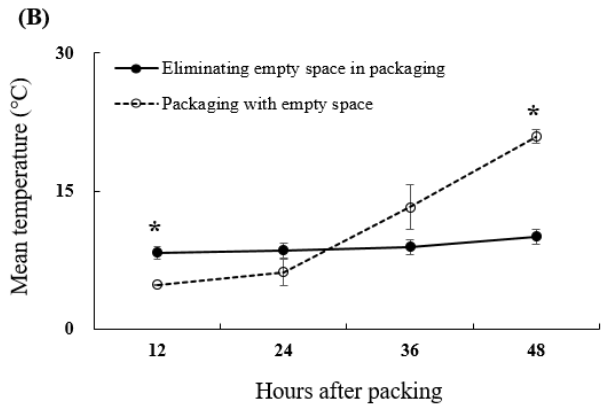
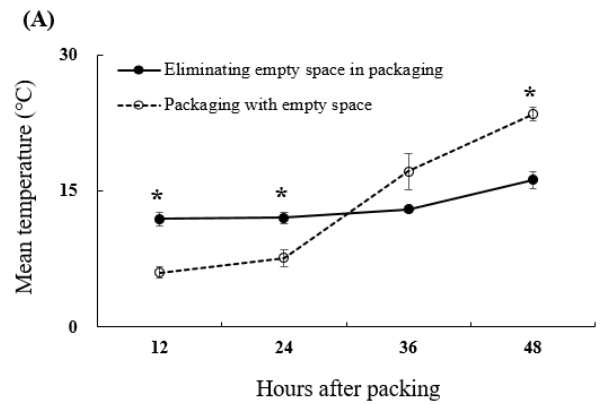
**Fig. 4.** Temperature changes inside the packaging box in the case of different distances between the coolant-pack and the product (or data logger) when placed at 30 °C for 48 h. \* indicates a significant difference between the means (Tukey's studentized range test,  $\alpha=0.05$ ).

won Styrofoam Co., Korea)에 보냉제(21 × 27 cm, Gel-icepack®, Acecorea Co., Korea) 하나를 넣어 포장하면, 보냉제와 5 cm 이상 떨어진 제품은 보냉의 영향을 벗어날 수 있음을 확인하였다. 상기 결과를 참고하여, 유통 기간동안 박스 내부의 온도변화를 최소화할 수 있는 방안을 구축하고자 하였다.

#### 박스 내부 여유 공간이 박스 내부 온도유지에 미치는 영향

제품 포장 박스 내부의 여유 공간이 내부 온도변화에 미치는 영향을 확인하였다(Fig. 5). 여유 공간이 있도록 포장한 모든 처리구에서 48시간동안 급격하게 온도가 상승하였으며, 최저와 최고 온도차는 16.1 ~ 17.5°C였다(25°C:  $df=3,11$ ;  $F=47.67$ ;  $P<0.0001$ , 20°C:  $df=3,11$ ;  $F=25.12$ ;  $P=0.0002$ ).

제품과 5 cm 거리에 보냉제를 적용 후, 종이완충제를 가득 채워 25°C에 보관한 박스는 36시간동안은 평균 12.3°C를 유지하였으나, 36시간이후 3.9°C가 상승해 48시간동안 평균 16.2°C로 측정되었다(Fig. 5-A)(36시간:  $df=2,8$ ;  $F=1.1$ ;  $P=0.3807$ , 48시간:  $df=3,11$ ;  $F=8.58$ ;  $P=0.007$ ). 반면, 제품과 1 cm 거리를 두고 보냉제를 적용 후, 종이완충제를 채워 20°C에 보관한 박스는 48시간동안 평균 8.9°C의 온도를 유지하였으며, 최저와 최고 온도차는 1°C내외였다(Fig. 5-B)( $df=3,11$ ;  $F=1.09$ ;  $P=0.4076$ ). 상기와 같이, 보냉제와 제품을 1 cm내외로 근접 포장하면서 냉기 손실을 최소화할 수 있도록 종이완충제를 채워 포장하면 배송기간동안 내부 온도를 균일하게 유지시킬 수 있음을 확인하였다(여유공간:  $df=1,16$ ;  $F=9.02$ ;  $P=0.012$ , 경과시간:  $df=3,16$ ;  $F=24.26$ ;  $P<0.0001$ , 여유공간 × 경과시간:  $df=3,16$ ;  $F=15.95$ ;  $P<0.0001$ ). 이후 모든 실험은



**Fig. 5.** Temperature changes inside the packaging box in the case of different packaging distances between the product and coolant-pack (A: 5 cm, B: 1 cm), and packaging methods with or without an empty space in the packaging box (external temperature of A: 25 °C, B: 20 °C). \* indicates a significant difference between the means (Tukey's studentized range test,  $\alpha=0.05$ ).

내부온도변화를 최소화할 수 있도록 박스내부에 종이완충제를 가득 채워 포장하였다.

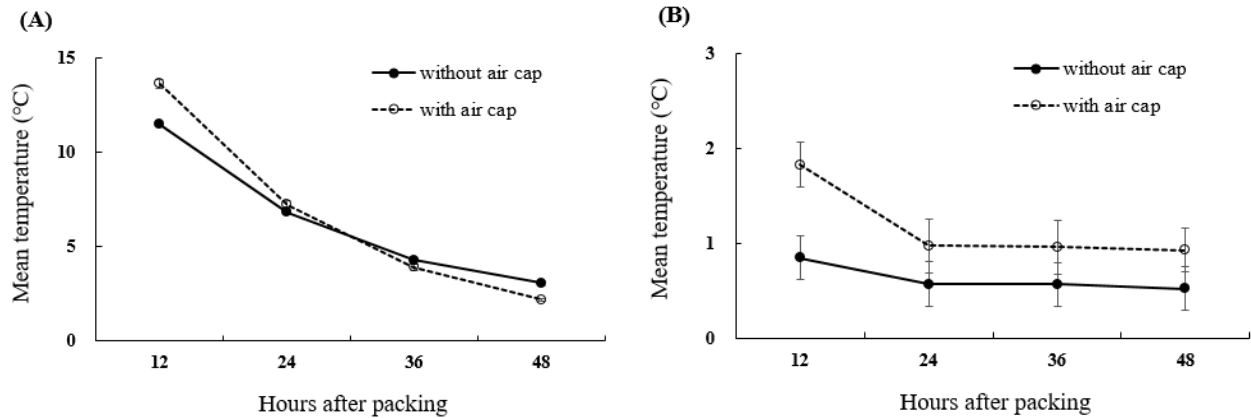
#### 외부온도조건과 포장방법이 박스 내부 온도유지에 미치는 영향

제품 포장 시, 에어캡 사용이 내부 온도변화에 미치는 영향을 확인한 결과(Fig. 6), 보냉제 적용 유무와 상관없이 모든 처리구에서 포장 후 12시간동안은 에어캡 처리구의 온도가 높게 나타났다(보냉제 적용:  $df=1,5$ ;  $F=67.15$ ;  $P=0.001$ , 보냉제 미적용:  $df=1,5$ ;  $F=10.47$ ;  $P=0.032$ ). 12시간 이후 48시간까지는 에어캡 처리구와 무처리구의 온도 차이는 없었다(보냉제 적용:  $df=1,5$ ;  $F=2.06$ ;  $P=0.224$ , 보냉제 미적용:  $df=1,5$ ;  $F=1.35$ ;  $P=0.3105$ ).

외부온도조건, 보냉제의 규격과 수량에 따라 내부유지온도는 상이한 양상을 띄게 되므로, 국내에서 천적 곤충이 유통되는

1~2일동안 박스 내부의 온도변화를 최소화할 수 있는 14개의 포장조합을 도출하였다(Table 2). 본 연구에서 도출한 14개의

포장조합은 천적으로 활용되고 있는 많은 종들의 발육 영점은 도인 2.2~12.8°C에 해당된다(Table 1).



**Fig. 6.** Temperature changes inside the packaging box in the presence or absence of a coolant-pack and an air cap (A: with coolant-pack, B: without coolant-pack), when placed at 0°C for 48 h.

**Table 2.** Mean temperature ( $\pm$  standard error) of the different packaging methods inside the packaging box kept at different external temperature conditions for 48 h

Outside Temp. (°C)	Packing methods of coolant-pack <sup>1)</sup>	Internal mean temperature (°C)				Mean $\pm$ SE
		12	24	36	48	
0	25°C, 1pc, 1cm	12.3 $\pm$ 0.5d	5.7 $\pm$ 0.3c	3.1 $\pm$ 0.3b	2.0 $\pm$ 0.3b	5.8 $\pm$ 0.3c
	25°C, 1pc, 5cm	8.6 $\pm$ 0.2c	3.9 $\pm$ 0.2b	2.1 $\pm$ 0.1b	1.4 $\pm$ 0.1b	4.0 $\pm$ 0.2b
	15°C, 1pc, 1cm	7.9 $\pm$ 0.6bc	3.8 $\pm$ 0.3b	2.1 $\pm$ 0.2b	1.3 $\pm$ 0.2b	3.8 $\pm$ 0.3b
	15°C, 1pc, 5cm	6.1 $\pm$ 0.3b	3.2 $\pm$ 0.1b	2.1 $\pm$ 0.1b	1.7 $\pm$ 0.2b	3.3 $\pm$ 0.1b
	5°C, 2pcs, 1cm + air cap	8.2 $\pm$ 0.4c	4.3 $\pm$ 0.3b	2.4 $\pm$ 0.3b	1.4 $\pm$ 0.2b	4.1 $\pm$ 0.3b
	-10°C, 1pc, 1cm	-0.3 $\pm$ 0.3a	-0.1 $\pm$ 0.3a	0.0 $\pm$ 0.3a	0.1 $\pm$ 0.3a	-0.1 $\pm$ 0.3a
	Df	5,17	5,17	5,17	5,17	5,17
	F	102.4	51.77	20.43	8.34	56.7
5	25°C, 1pc, 1cm	11.7 $\pm$ 0.5c	7.8 $\pm$ 0.3b	6.7 $\pm$ 0.1b	6.5 $\pm$ 0.1b	8.1 $\pm$ 0.5b
	15°C, 1pc, 1cm	10.1 $\pm$ 0.2bc	7.8 $\pm$ 0.2b	7.0 $\pm$ 0.1b	6.7 $\pm$ 0.1b	7.9 $\pm$ 0.2b
	5°C, 1pc, 1cm + air cap	8.7 $\pm$ 0.8b	7.7 $\pm$ 0.8b	7.0 $\pm$ 0.6b	6.5 $\pm$ 0.6b	7.5 $\pm$ 0.7b
	-10°C, 1pc, 1cm	4.1 $\pm$ 0.2a	3.9 $\pm$ 0.1a	3.9 $\pm$ 0.1a	3.8 $\pm$ 0.1a	3.9 $\pm$ 0.1a
	Df	3,11	3,11	3,11	3,11	3,11
	F	45.91	20.27	20.11	21.87	28.85
	P	<.0001	0.0004	0.0004	0.0003	0.0001
	10	25°C, 1pc, 1cm	15.0 $\pm$ 0.4c	12.0 $\pm$ 0.5c	11.0 $\pm$ 0.5b	10.5 $\pm$ 0.4b
5°C, 1pc, 1cm		9.1 $\pm$ 0.2b	9.8 $\pm$ 0.2b	10.1 $\pm$ 0.2b	10.4 $\pm$ 0.2b	9.9 $\pm$ 0.2b
-10°C, 1pc, 1cm		4.8 $\pm$ 0.5a	4.8 $\pm$ 0.5a	4.9 $\pm$ 0.5a	5.0 $\pm$ 0.5a	4.9 $\pm$ 0.5a
-10°C, 1pc, 5cm		6.2 $\pm$ 0.1a	6.3 $\pm$ 0.1a	6.2 $\pm$ 0.1a	6.3 $\pm$ 0.1a	6.3 $\pm$ 0.1a
Df		3,11	3,11	3,11	3,11	3,11
F		167.8	83.15	75.08	71.33	95.62
P		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

**Table 2.** Continued

Outside Temp. (°C)	Packing methods of coolant-pack <sup>1)</sup>	Internal mean temperature (°C)				
		12	24	36	48	Mean ± SE
15	5°C, 1pc, 5cm	12.6 ± 0.7d	14.3 ± 0.3d	14.9 ± 0.2c	15.1 ± 0.2d	14.2 ± 0.3d
	-10°C, 1pc, 1cm	7.3 ± 0.8c	7.2 ± 0.9bc	7.3 ± 0.8b	8.0 ± 0.5bc	7.5 ± 0.8bc
	-10°C, 1pc, 5cm	9.2 ± 0.2c	8.9 ± 0.2c	9.0 ± 0.2b	9.6 ± 0.4c	9.2 ± 0.2c
	-10°C, 2pcs, 1cm	0.5 ± 0.5a	0.9 ± 0.3a	1.1 ± 0.4a	1.4 ± 0.5a	1.0 ± 0.5a
	-10°C(up)+5°C, 2pcs, 1cm	4.3 ± 0.2b	6.4 ± 0.3b	6.9 ± 0.3b	7.4 ± 0.4b	6.2 ± 0.3b
	Df	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14
	F	71.04	102.3	117.13	142.39	113.99
20	5°C, 2pcs, 1cm	8.6 ± 0.3c	14.4 ± 0.3d	17.3 ± 0.3d	18.6 ± 0.4d	14.7 ± 0.3c
	-10°C, 1pc, 1cm	8.3 ± 0.7bc	8.5 ± 0.8b	8.9 ± 0.8b	10.0 ± 0.8c	8.9 ± 0.8b
	-10°C, 1pc, 5cm	11.4 ± 0.6d	11.7 ± 0.5c	12.9 ± 0.4c	15.3 ± 0.9d	12.8 ± 0.5c
	-10°C, 2pcs, 5cm	1.8 ± 0.2a	2.2 ± 0.2a	3.1 ± 0.4a	4.9 ± 0.7b	3.0 ± 0.3a
	-10°C(up)+ 5°C, 2pcs, 1cm	6.0 ± 0.5b	6.9 ± 0.6b	7.4 ± 0.7b	9.2 ± 1.1c	7.4 ± 0.6b
	Df	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14
	F	53.5	80.02	98.66	45.01	71.97
25	-10°C, 1pc, 1cm	8.5 ± 0.7b	8.5 ± 0.3b	9.1 ± 0.4b	12.4 ± 0.4b	9.6 ± 0.3b
	-10°C, 1pc, 5cm	11.9 ± 0.7c	12.0 ± 0.6c	13.0 ± 0.3c	16.2 ± 0.9c	13.3 ± 0.2c
	-10°C, 2pcs, 5cm	3.6 ± 0.4a	4.3 ± 0.3a	6.0 ± 0.3a	10.6 ± 0.7a	6.1 ± 0.2a
	Df	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
	F	77.26	76.17	104.97	16.46	170.77
	P	<.0001	<.0001	<.0001	0.0037	<.0001
	30	-10°C, 1pc, 5cm	11.6 ± 1.3b	12.1 ± 1.5b	15.7 ± 1.0b	23.8 ± 0.3c
-10°C, 2pcs, 5cm		4.4 ± 0.9a	5.3 ± 0.9a	8.3 ± 1.1a	15.6 ± 1.3b	8.4 ± 0.9b
-10°C, 2pcs, 1cm		2.0 ± 0.1a	2.8 ± 0.1a	4.8 ± 0.3a	9.2 ± 1.3a	4.7 ± 0.3a
Df		2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
F		30.64	22.04	37.75	47.54	52.53
P		0.0007	0.0017	0.0004	0.0002	0.0002

<sup>1)</sup>Storage temperature and quantity of the coolant-pack and distance between the coolant and product (or data logger)

## 고찰

국내 천적 업체 4곳의 유통 방법을 재현하여, 배송이 되는 48 시간동안의 내부유지온도를 확인한 결과 22.4 ~ 28.7°C까지 상승하는 것을 확인하였다(Fig. 1). 그에 반해 세계적인 천적유통 업체 중의 하나인 유럽의 BB사는 평균 항공 배송 소요시간인 96시간동안 2 ~ 8°C로 일정하게 유지시키는 포장방법을 구축하여 사용하고 있다. 이러한 온도는 천적으로 활용되고 있는 많은 종들의 발육 영점온도에 해당된다(Table 1). 미끝애꽃노린재(*Orius laevigatus* (Hemiptera: Anthocoridae))는 10°C에서

36일간(Kim et al., 2009a), 수염진디벌(*Aphidius ervi* (Hymenoptera: Braconidae))은 2°C와 7°C에서 각 7주와 2주(Frere et al., 2011) 그리고 어리줄풀잡자리(*Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae)) 알은 8°C에서 3주동안(Tauber et al., 2000) 품질의 저하없이 저장이 가능하다고 보고되어 있으며, 상기의 제시온도는 대상종의 발육 영점 온도에 근접해 있다(Table 1). 본 논문에서 제시한 Table 1의 발육 영점온도는 대상 종에 대해 단 한 건의 논문만을 참고하였으므로, 대상종의 서식환경에 따라 1 ~ 2°C 또는 그 이상의 차가 있을 수 있음을 밝힌다(Ohta, 2001; Nakahira et al., 2005; Sampaio et al., 2007; Ding et al.,



2016).

유럽에서의 천적활용은 1987년 화분매개곤충이 본격적으로 사용되기 시작하면서 보편화되어, 오늘날 30여년 이상에 걸쳐 축적된 방대한 연구성과를 확보하고 있으며, 산업현장에서도 적극적으로 활용하고 있다(Ham, 2018). 국내에는 1995년 천적을 이용한 해충방제 연구가 시작되어, 다양한 천적 활용기술이 개발되었지만, 천적 산업의 성숙도가 낮아 사육·유통·소비의 시스템적 연계는 부족한 실정이다(MAFRA, 2016). 특히 국내 천적 업체는 스티로폼 박스에 보냉제와 천적을 넣어서 실온 배송을 하고 있으며, 이때 포장하는 방법에 따라 내부 유지온도가 상이한 양상을 띄게 되어(Fig. 1), 제품의 품질을 일정하게 유지할 수 있는 보냉제의 취급방법과 포장 표준화 방안이 요구된다.

천적 곤충 포장 표준화 방안을 구축하기 위하여, 먼저 보냉제 물성별 내부 유지온도를 비교한 결과, 모든 처리구에서 유사한 결과를 확인할 수 있었다(Fig. 2). 본 연구에서는 기 확보되어 있던 Sap가 함유된 보냉제를 사용하였으나, MFDS (2020)의 권장대로 친환경유지가 가능하도록 100% 물로 구성된 보냉제를 사용하는 것이 바람직할 것이다.

MFDS (2020)의 ‘배달 및 택배 유통 냉장축산물 가이드라인’에서 보냉제는 냉장 온도가 유지될 수 있도록 제품특성, 포장방법, 및 배송예정시간 등을 고려하여 사용하도록 권장하고 있으나, 냉동시간은 명시되어 있지 않다. 이에 본 연구에서는 보냉제의 적정 취급방법을 설정하기 위하여 -10°C에 노출된 시간에 따라 내부 온도와 습도에 미치는 영향을 확인하였다(Fig. 3). 초기 12시간에는 처리구별 온도차가 없었으나, 24시간 후에는 5일 이상 저온 보관한 보냉제 처리구에서 통계적으로 낮은 온도를 확인할 수 있었다(Fig. 3-A). 일반적으로 낮은 습도가 유지되면 곤충의 알은 신진대사가 떨어져 알 기간이 늘어나거나 부화를 실패하며, 부화하더라도 발육과 증식에 부정적인 영향을 미치게 된다(Stenseth, 1979; Riis et al., 2005; Bonte and De Clercq, 2010; Lepage et al., 2012). 곤충 제품이 배송되는 기간 동안, 박스 내부의 높은 상대습도(70% 이상)는 제품에 영향을 주지 않지만, 40% 이하의 낮은 상대습도는 탈수를 유발하여 생존율을 감소시킬 수 있다(Ghazy and Amano, 2016; Riddick and Morales-Ramos, 2017). van Lenteren et al. (2003)은 천적 30종의 품질관리를 위한 적정 상대습도를 60~75%로 제시한 바 있으며, 본 연구결과 24시간 이후 모든 처리구의 평균 상대습도는 60.3~72.3%로 적정 상대습도 범위에 위치하는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 3-B). 제품 포장 시, 가격이 저렴하고 뛰어난 보습효과를 가지고 있는 피트모스, 톱밥, 메밀껍질이나 질석에 수분을 적셔 사용한다면, 초기 12시간에도 60%이상의

습도를 안정적으로 유지할 수 있다(RDA, 2013). 또는, Riddick and Morales-Ramos (2017)가 제시한 것처럼 물을 채운 ‘polyacrylamide crystals’을 제품과 함께 포장해서 용기 내부의 습도를 높임과 동시에 천적에게 수분을 공급할 수도 있다. 상기 연구를 토대로 천적 곤충 포장에 사용할 보냉제의 보관기간은 -10°C 냉동고에서 5일 이상으로 결정하였다. 그러나 보냉제의 보관 온도에 따라 보관 기간은 달라질 수 있다.

보냉제의 포장 거리가 내부 유지온도에 미치는 영향을 확인한 결과, 제품과보냉제간의 거리가 5 cm이하로 근접해 있을 경우에만 보냉의 효과를 받을 수 있음을 확인하였다(Fig. 4). 살아있는 곤충 제품은 유통과정에서 활력이 떨어질 수 있으므로, 유통되는 천적의 에너지 소모를 최소화 할 수 있는 저온조건으로 포장이 되어야 한다(van Lenteren and Tommasini, 2003). 특히, 동종을 포식하는 종들에게는 작은 용기에 담겨 배송이 진행되는 36~48시간은 동종을 포식할 수 있는 최적의 시간이 될 수 있기 때문에 동종 포식과 사충율을 최소화하기 위해 각 개체들을 격리할 수 있는 용기에 포장하거나 먹이를 넣어 배송하는 방법도 고려하여야 한다(O’Neil et al., 1998; Tauber et al., 2000). 또한 먹이를 동봉하더라도, 작은 용기에 고밀도로 포장이 되는 경우에는 종이, 질석, 메밀껍질 또는 소맥피 등을 같이 포장하여 동종 포식에 의한 손실을 최소화 시킬 수 있는 공간을 만들어 주는 것도 매우 중요하다(van Lenteren and Tommasini, 2003). 이러한 보조제들은 용기 내외부의 온도 차이에 따른 물방울 맺힘 현상을 완화시키고, 운송 과정 중 생길 수 있는 물리적인 충격을 흡수하며, 농업 현장에 방사 시 골고루 방사할 수 있게 하는 증량제의 역할을 하기도 한다(RDA, 2013). 또한 천적 곤충은 밀폐용기에 포장된 상태로 24시간 이상 지속되면 저산소증으로 품질이 급격히 떨어질 수 있으므로 제품 용기에 통기성을 확보하는 것도 중요하다(FAO, 2017).

제품 포장 박스 내부의 여유 공간이 내부 온도변화에 미치는 영향을 확인한 결과, 여유공간이 있는 처리구에서 냉기의 손실이 크게 발생하는 것을 확인하였다(Fig. 5). 또한, 여유공간을 줄이기 위해 종이완충제를 가득 채우고 보냉제를 제품과 1 cm 내에 위치시켰을 때, 48시간동안 내부온도를 균일하게 유지할 수 있었다(Fig. 5-B). MFDS (2020)도 냉장 축산물과 보냉제 투입 시 여유 공간이 생기지 않는 적절한 크기의 포장 박스를 사용하도록 권고하고 있다. 또한 Lee (2020)의 보고에 의하면, 제품 수송 중 화물차량에서 발생하는 진동 및 충격과 화물의 분류, 적재 및 하역의 작업과정에서 발생하는 충격은 제품 손상과 직접적인 연관이 있으며, 특히 박스의 수직방향에서 진동이 제일 크게 계측되었다고 한다. 따라서 운송 중 제품이 받는 충격력을 최소화하면서, 냉기 손실을 막아 내부온도변화를 균일하게 유

지하기 위하여, 박스 내부에 여유 공간이 생기지 않도록 종이완충제를 보충하여 포장하여야 한다.

제품 포장 시, 에어캡을 처리하였을 경우 무처리보다 포장 후 12시간동안 평균 1.6°C 높게 유지되는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 6). 보냉제의 취급방법이 내부유지온도에 미치는 영향을 확인한 결과, 보냉제의 보관 온도가 낮을수록, 제품과의 거리가 가까울수록 더 낮은 온도를 유지하는 것을 확인할 수 있었다(Table 2). 또한 본 연구의 동일한 포장조합을 외부 온도조건이 다른 환경에 노출시키게 되면 내부 유지온도가 극단적으로 달라지는 것을 확인할 수 있었는데, 이는 계절별 포장 표준화 방안이 필요함을 시사한다. 보냉제는 고온기에 사용하면 박스 내부의 고온을 감소시키지만, 저온기에는 극심한 저온을 유발할 수 있기 때문이다(Riddick and Morales-Ramos, 2017). Ng et al. (2020)도 cold chain transportation에서 컨테이너의 사이드와 보냉제의 포장방법이 유통 박스 내부유지온도에 미치는 영향을 연구한 바 있다. Jalali et al. (2010) 및 Morales-Ramos and Rojas (2017)는 발육 영점온도가 9.39 ~ 11.31°C인 *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae)와 13.13°C인 *Coleomegilla maculate* (Coleoptera: Coccinellidae)를 발육 영점온도보다 낮은 8°C 이하의 온도에 24시간 이상 노출시키면 정상적인 발육이 불가함을 보고한 바 있다. Simmons and Legaspi (2004)도 생산현장에서 방사현장으로 운송되는 동안 경험하는 극한의 온도 변화는 곤충의 생식 및 성능에 영향을 줄 수 있음을 보고하였다. 또한 운송과정 중 높은 온도에 노출되는 것은 포장용기의 특성상 내부 복사열로 인한 추가적인 온도 상승으로 이어져 포장된 곤충이 폐사하는 주요 요인이 될 수 있다(RDA, 2013). Riddick and Morales-Ramos (2017)도 천적 곤충 운송 중에 저온보다는 30°C 이상의 고온에 24시간 노출되면 *C. maculate*의 부화율에 부정적인 영향을 줄 수 있다고 보고한 바 있다.

본 연구는 포장당시의 천적 품질을 유지시켜 현장에 보급함으로써 천적의 방제효과를 반감시키는 문제점을 극복하고자 수행되었다. 국내 천적 제품 유통 시 대부분 상온에서 상품을 취급하고 있기 때문에 특히 포장에 더 주의를 기울여야 한다. 본 연구에서 도출한 Table 2의 포장조합은 Table 1의 발육영점 온도를 참고하여 제품과 배송방법(12시간 이내의 직접 배송 또는 36~48시간이 소요되는 택배 발송)에 따라 선택적으로 사용할 수 있을 것이다. 예를 들어, 외부온도조건 0°C의 포장방법은 겨울철 시설딸기에 적용되는 진디벌류(발육영점온도: 2.7 ~ 6.6°C)에 적용할 수 있을 것이다. 또한, 동절기 제품 포장 시, 얼린 보냉제를 사용하는 업체가 더러 있어 -10°C에 보관한 보냉제 처리구의 결과값을 제거하지 않고 제시하였다. 제품 포장 후 2일이 경과되면 보냉제의 종류와 투입량에 관계없이 모두 승화

되는 문제점을 가지고 있기 때문에, 택배 사고, 특수기 물동량 과다로 인한 배송지연과 수취인 부재에 따른 장시간 실온 방치 시에는 상품의 안전성을 담보하기가 어려운 문제점이 여전히 공존한다(Lee, 2020). 이러한 문제점을 해결하기 위하여 제품 수령 후 즉시 사용 할 수 있도록 박스 외부에 취급주의 문구를 표기하거나 제품 품질을 확인할 수 있는 방법을 구축하여 보급하는 등의 구체적인 방안이 추가적으로 정립되어야 할 것이다. 또한 스티로폼 박스를 친환경 종이 박스로 대체하기 위한 추가 연구도 필요할 것으로 판단된다. 선행 연구를 통해 하절기에 -10°C에 보관한 보냉제 2개를 종이박스와 에어캡 봉투로 포장하여 24시간동안 6°C 이하로 유지할 수 있었으나, 36시간 이후 내부 온도가 급격하게 상승하는 것을 확인한 바 있다. 향후 천적과 같은 생물농약의 유통에 관한 민·관·산·학 협력 연구가 진행된다면 국내 실정에 최적화된 포장 표준화 구축과 더불어 해충의 종합적관리 측면에서 결정적인 프로세스로 자리매김할 수 있을 것이다.

## 사 사

본 연구는 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 농생명산업기술개발사업(318024-03)과 작물바이러스 및 병해충대응산업화 기술개발사업(120082-3)으로 수행되었습니다. 본 논문수정에 큰 도움을 주신 심사위원님들께 깊은 감사를 드립니다.

## 저자 직책 & 역할

- 함은혜: (주)오상킨섹트 생물자원연구소, 과장, 실험설계 및 논문작성
- 남윤복: (주)오상킨섹트 생물자원연구소, 연구원, 실험수행 및 분석
- 전혜정: (주)오상킨섹트 생물자원연구소, 연구원, 실험수행 및 분석

모든 저자는 원고를 읽고 투고에 동의하였음.

## Literature Cited

- Bonte, M., De Clercq, P., 2010. Impact of artificial rearing systems on the developmental and reproductive fitness of the predatory bug, *Orius laevigatus*. *J. Insect Sci.* 10, 104.
- Choi, Y.S., Lee, Y.H., Seo, G.S., Choe, G.R., Hanh, K.S., Kim, B.R., Yang, E.S., 2008. A study on the morphological chara-

- cteristics of *Aphelinus varipes*. Chungcheongnam-do Agricultural Research & Extension Services, Yesan, pp. 386-396.
- Ding, Y., Yang, Q.F., Li, Q., Jiang, C.X., Wang, H.J., 2016. Effects of temperature on the development and reproduction of *Orius minutus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Acta Entomol. Sin.* 59, 647-653.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2017. Guideline for packing, shipping, holding and release of sterile flies in area-wide fruit fly control programmes, 2nd ed., FAO, Rome, Italy.
- Frere, I., Balthazar, C., Sabri, A., Hance, T., 2011. Improvement in the cold storage of *Aphidius ervi* (Hymenoptera: Aphidiinae). *Eur. J. Environ. Sci.* 1, 33-40.
- Ghazy, N.A., Amano, H., 2016. The use of the cannibalistic habit and elevated relative humidity to improve the storage and shipment of the predatory mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 69, 277-287.
- Gotoh, T., Yamaguchi, K., Mori, K., 2004. Effect of temperature on life history of the predatory mite *Amblyseius (Neoseiulus) californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 32, 15-30.
- Haghani, M., Fathipour, Y., Talebi, A.A., Baniamiri, V., 2007. Temperature-dependent development of *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on cucumber. *J. Pest Sci.* 80, 71-77.
- Ham, E.H., 2018. A study on the selection and application methods of suitable natural enemies for the domestic agricultural environment in Korea. Ph. D. thesis, Kyungpook National University, Daegu.
- Ham, E.H., Lim U.T., 2020. Final report of a study on the commercialization of the beneficial insect pack for the domestic agricultural environment in Korea. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong.
- Honek, A., Kocourek, F., 1988. Thermal requirements for development of aphidophagous coccinellidae (Coleoptera), chrysopidae, hemerobiidae (Neuroptera), and syrphidae (Diptera): Some general trends. *Oecologia.* 76, 455-460.
- Jalali, M.A., Tirry, L., Arbab, A., De Clercq, P., 2010. Temperature-dependent development of the two-spotted ladybeetle, *Adalia bipunctata*, on the green peach aphid, *Myzus persicae*, and a factitious food under constant temperatures. *J. Insect Sci.* 10, 1-14.
- Jeong, M.P., 2011. Ecological study on temperature tolerance and temperature response of insects. <http://db.koreascholar.com/article.aspx?code=289923> (accessed on 15 February, 2021)
- Jun, H.J., 2020. A study on the plant-less mass rearing system and field application of domestic indigenous predator *Orius minutus*. Master's thesis, Kangwon National University, Kangwon.
- Kim, J.H., Kim, H.Y., Han, M.J., Choi, M.Y., Hwang, S.J., Lee, M.S., 2009a. Cold storage effect on the biological characteristics of *Orius laevigatus* (Fiber) (Hemiptera: Anthocoridae) and *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 48, 361-368.
- Kim, Y.G., Heo, H.J., Kim, G.S., Hahm, E.H., Kim, J.W., Kang, S.Y., Kwon, K.M., 2009b. Effect of a low temperature-induced quiescence on short term storage of an egg parasitoid, *Trichogramma* sp. Nabis 101. *Korean J. Appl. Entomol.* 48, 369-375.
- Kim, Y.H., Kim, J.H., Byeon, Y.W., Kim, J.S., Park, S.D., 2005. Biological control of aphids using natural enemies on the fruit vegetables. Rural Development Administration, Jeonju, pp. 135-147.
- Kim, Y.J., Park, Y.G., 2016. KREI Agri-Policy Focus 122, The Status of insect industry and promotion policy direction. Korea Rural Economic Institute, Naju.
- Lee, G.H., 2020. A study on the utilization status and development of domestic low temperature (frozen and refrigerated) parcel service. Master's thesis, Pukyong National University, Busan.
- Lee, H.S., Gillespie, D.R., 2011. Life tables and development of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) at different temperatures. *Exp. Appl. Acarol.* 53, 17-27.
- Lee, J.S., 2016. Development of the commercialization of beneficial insect for strategic export. Report, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong.
- Lepage, M.P., Bourgeois, G., Brodeur, J., Boivin, G., 2012. Effect of soil temperature and moisture on survival of eggs and first-instar larvae of *Delia radicum*. *Environ. Entomol.* 41, 159-165.
- Li, J., Lu, J., Qu, Y., Yang, Y., Wu, Q., 2003. Effect of temperature on developmental duration of *Amblyseius cucumeris*. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bae.* 14, 2255-2257.
- Lim, U.T., Lee, J.H., 2013. Plant pestology: Korean perspective. Dreamplus, Paju.
- MAFRA (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs), 2016. The Second, 5-year plan to build up the insect industry from 2016 to 2020. MAFRA. Sejong.
- Mendes, S.M., Bueno, V.H.P., Carvalho, L.M., 2005. Development and thermal requirements of *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae). *Rev Bras Entomol.* 49, 575-579.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety), 2020. Refrigerated livestock delivery and distribution guidelines. MFDS, Cheongju.
- Morales-Ramos, J.A., Rojas, M.G., Shaoiro-Ilan, D.I., 2013. Mass production of beneficial organisms. Invertebrates and entomopathogens. Academic Press, Waltham.
- Morales-Ramos, J.A., Rojas, M.G., 2017. Temperature-dependent biological and demographic parameters of *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae). *J. Insect Sci.* 17, 1-9.
- Morewood, W.D., 1992. Cold storage of *Phytoseiulus persimilis* (Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 13, 231-236.
- Nakahira, K., Nakahara, R., Arakawa, R., 2005. Effect of temperature on development, survival, and adult body size of two green lacewings, *Mallada desjardinsi* and *Chrysoperla nipponensis* (Neuroptera: Chrysopidae). *Appl. Entomol. Zool.* 40, 615-620.
- Ng, C.Z., Lean, Y.L., Yeoh, S.F., Lean, Q.Y., Lee, K.S., Suleiman,

- A.K. Liew, K.B., Kassab, Y.W., Al-Worafi, Y.M., Ming, L.C., 2020. Cold chain time-and temperature-controlled transport of vaccines: a simulated experimental study. *Clin Exp Vaccine Res.* 9, 8-14.
- O'Neil, R.J., Giles, K.L., Obrycki, J.J., Mahr, D.L., Legaspi, J.C., Katovich, K., 1998. Evaluation of the quality of four commercially available natural enemies. *Biol. Control.* 11, 1-8.
- Ohta, I., 2001. Effect of temperature on development of *Orius strigicollis* (Heteroptera: Anthocoridae) fed on *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Appl. Entomol. Zool.* 36, 483-488.
- Ohta, I., Miura, K., Kobayashi, M., 2001. Life history parameters during immature stage of *Aphidius gifuensis* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae) on green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). *Appl. Entomol. Zool.* 36, 103-109.
- RDA (Rural Development Administration), 2013. Rearing standards and specification for beneficial Insect (I), National Academy of Agriculture Science, RDA, Suwon.
- Riddick, E.W., Morales-Ramos, J.A., 2017. In-transit temperature extremes could have negative effects on ladybird (*Coleomegilla maculate*) hatch rate. *Trends Entomol.* 13, 1-11.
- Riis, L., Esbjerg, P., Bellotti, A.C., 2005. Influence of temperature and soil moisture on some population growth parameters of *Cyrtomenus bergi* (Hemiptera: Cydnidae). *Fla. Entomol.* 88, 11-22.
- Sampaio, M.V., Bueno, V.H.P., Rodrigues, S.M.M., Soglia, M.C.M., De Conti, B.F., 2007. Development of *Aphidius colemani* Viereck (Hym.: Braconidae, Aphidiinae) and alterations caused by the parasitism in the host *Aphis gossypii* Glover (Hem.: Aphididae) in different temperatures. *Neotrop. Entomol.* 36, 436-444.
- Sanchez, J.A., Lacasa, A., 2002. Modelling population dynamics of *Orius laevigatus* and *O. albidipennis* (Hemiptera: Anthocoridae) to optimize their use as biological control agents of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Bull. Entomol. Res.* 92, 77-88.
- Sanchez, J.A., Lacasa, A., Arno, J., Castane, C., Alomar, O., 2009. Life history parameters for *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Het., Miridae) under different temperature regimes. *J. Appl. Entomol.* 133, 125-132.
- SAS Institute, 2015. The SAS system for windows 9.4. SAS Institute, Cary, NC.
- Sigsgaard, L., 2000. The temperature-dependent duration of development and parasitism of three cereal aphid parasitoids, *Aphidius ervi*, *A. rhopalosiphi*, and *Praon volucre*. *Entomol. Exp. Appl.* 95, 173-184.
- Simmons, A.M., Legaspi, J.C., 2004. Survival and predation of *Delphastus catalinae* (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae), after exposure to a range of constant temperatures. *Environ. Entomol.* 33, 839-843.
- Stenseth, C., 1979. Effect of temperature and humidity on the development of *Phytoseiulus Persimilis* and its ability to regulate populations of *Tetranychus urticae* (Acarina: Phytoseiidae. Tetranychidae). *BioControl.* 24, 311-317.
- Tauber, M.J., Tauber, C.A., Daane, K.M., Hagen, K.S., 2000. Commercialization of predators: recent lessons from green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae: Chrysoperla). *Am. Entomol.* 46, 1. 26-38.
- van Lenteren, J.C., Hale, A., Klapwijk, J.N., van Schelt, J., Steinberg, S., 2003. Guidelines for quality control of commercially produced natural enemies, in: van Lenteren, J.C. (Ed.), *Quality control and production of biological control agents: Theory and testing procedures*. CABI Publishing, Cambridge, pp. 265-303.
- van Lenteren, J.C., Tommasini, M.G., 2003. Mass production, storage, shipment and release of natural enemies in quality control and production of biological agents, in: van Lenteren, J.C. (Ed.), *Quality control and production of biological control agents: Theory and testing procedures*. CABI Publishing, Cambridge, pp. 181-189.
- Zamani, A.A., Talebi A., Fathipour, Y., Baniamiri, V., 2007. Effect of temperature on life history of *Aphidius colemani* and *Aphidius matricariae* (Hymenoptera: Braconidae), two parasitoids of *Aphis gossypii* and *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). *Environ. Entomol.* 36, 263-271.