

모의냉장유통환경이 상추와 분쇄육의 품질에 미치는 영향

강훈석 · 천지연*

제주대학교 식품생명공학과

Effect of Simulated Refrigerated Distribution Environment on the Quality of Green Lettuce and Ground Meat

Hun-Seok Kang and Ji-Yeon Chun*

Department of Food Bioengineering, Jeju National University

Abstract

This study investigated the effect of the simulated refrigerated distribution environment on the quality characteristics of green lettuce and ground meat. The simulated refrigerated distribution conditions were as follows: (A) the door was not opened while storing the product in the refrigerator, (B) the door was opened for 20 s every 10 min, and (C) the door was opened for 1 min every 10 min (C). In A, B, and C conditions, the bottom temperature was higher, and the average temperature and temperature deviation of the inside of the packaging box, green lettuce, and ground meat increased according to door opening time. According to simulated refrigerated distribution conditions, food qualities such as browning index, total chlorophyll content, and vitamin C content in green lettuce, moisture content, water holding capacity, and volatile basic nitrogen in ground meat were changed.

Keywords: simulated refrigerated distribution, green lettuce, ground meat, quality characteristics, microbiological characteristics

서 론

세계적으로 인구 증가 및 소득 수준 증가와 함께 소비자들의 신선식품에 대한 선호도가 증가하고 있어 콜드체인(cold chain) 시장은 급격하게 성장하고 있다(Cheon & Park, 2017). 한국의 식품 콜드체인 시장규모도 매년 6-9조원 정도로 추정되고 매년 15% 이상 성장하는 추세를 보이고 있다(Kim & Shang, 2019). 콜드체인이란 온도에 민감한 신선식품을 생산부터 소비자에게 도달하기까지 유통과정에서 각 제품마다 냉장온도에서 알맞은 적정 온도를 유지함으로써 최대한 품질을 유지하여 소비자에게 유통하는 것이다(Shin, 2021). 콜드체인과 관련이 높은 용어로는 신선, 냉동 및 냉장 식품의 저온유통을 의미하는 신선물류가 있는데, 콜드체인과 신선물류는 거의 동일한 시설을 사용하는 경우가 많다. 따라서 신선물류란 냉장·냉동식품을 포함하는 콜드체인을 의미하기 때문에 신선물류와 콜드체인은 거의 동일시하여 사용한다(Kim et al.,

2021).

신선식품이란, 보관 및 유통과정에서 식품의 품질을 유지하기 위해 저온에서의 일정한 온도 유지관리가 요구되는 농·축·수산물과 가공식품으로 정의된다(Choi, 2020). 이러한 신선식품들은 일반적인 상온 물류와는 취급방법이 달라 관리 방법이 까다로워 신선한 상태를 유지하는 측면에서 어려움이 있다(Sun et al., 2019). 신선식품들은 품질유지에 정해진 시간을 넘어서게 되거나 부적절한 온도관리로 인해 품질 저하가 발생하여 상업적인 가치를 잃어버리게 된다(Liu et al., 2021). 신선식품의 유통과정 중 다양한 요인으로 인한 품질변화가 발생하는데 손실률은 약 30-40%이다(Korakot et al., 2022). 냉장배송차량으로 유통 중 품질변화가 발생하는 주요 요인들은 자주·긴 시간동안 문을 열거나, 권장량보다 높은 무게를 적재하거나, 식품을 공기순환을 막도록 배치하거나, 적정 온도보다 높은 온도에서 적재하는 행동들이 있다(Hoffmann et al., 2021). 국내 냉장배송 유통에 관한 법률로는 식품공전 제2. 식품 일반에 대한 공통기준 및 규격의 4. 보존 및 유통기준에 따르면 ‘냉장제품, 냉동제품 또는 온장제품을 보존 및 유통할 때에는 일정한 온도관리를 위하여 냉장 또는 냉동차량 등 규정된 온도로 유지가 가능한 설비를 이용하거나 또는 이와 동등 이상의 효력이 있는 방법으로 하여야 한다’로 규정하고 있다. 하지만 ‘동등 이상의 효력이 있는 방법’과 같은 모호

*Corresponding author: Ji-Yeon Chun, Department of Food Bioengineering, Jeju National University, 102, Jejudaeak-ro, Jeju-si, Jeju 63243, Korea
Tel: +82-64-754-3615; Fax: +82-64-755-3601
E-mail: chunjiyeon@jejunu.ac.kr
Received December 1, 2022; revised December 5, 2022; accepted January 25, 2023

한 규정으로 인하여 국내 유통과정 중 냉장유통을 필요로 하는 신선식품들이 냉장배송차량을 통해서가 아닌 스티로폼 박스에 보냉제를 넣는 방식만을 이용하여 일정한 냉장 온도 유지 장치 없이 실온 상태로 배송되기도 하여 신선도 유지에 어려움이 있다(Lee & Cho, 2020).

신선식품 중에서 엽채류는 수확 후 축적된 양분을 통해 활성적인 대사작용을 하여 품질저하가 쉽게 일어나기 때문에 유통 중 신선도 저하가 발생할 수 있다(Jeong et al., 1990). 그 중 상추는 영양학적으로 비타민A, 철분 및 미네랄이 풍부하고 분화가 잘 되어 있어 매년 공급이 잘 이루어지는 작물이다(Lee et al., 2006). 또 다른 신선식품 중 돈육은 영양학적으로 필수아미노산을 함유하고 있는 균형 잡힌 단백질 자원인 반면 무기질, 비타민B 등을 함유하고 있다(Paglarini et al., 2019). 그러나 분쇄하면서 제조된 분쇄육은 약 20-30 g/100 g 정도의 지방을 함유하고 있으며, 분쇄과정에서 다공질 구조를 형성하기 때문에 산화 발생이 용이하고 미생물에 의한 변질 가능성이 높다(Huang et al., 2017). 분쇄육의 변질은 풍미, 조직감, 색 등을 변화시킬 뿐 아니라 저장 기간을 단축시킨다(Choi, 2019).

식품의 유통기한은 물리적, 화학적, 미생물학적 요인들에 의해 결정이 되고 이러한 활동의 영향은 저장온도에 의해 크게 영향을 받기 때문에 신선함은 거의 전적으로 온도에 의존한다(Zhang et al., 2009). 많은 연구는 콜드체인을 통하여 음식의 온도 모니터링을 통하여 time-temperature 기록을 얻었고, 온도 모니터링 이외에도 품질 모니터링을 하는데 특히 미생물적인 요인을 포함하고 있다(Laguette et al., 2013). 콜드체인을 이용하여 time-temperature 모니터링에 관한 연구로는 신선식품 종류별로 Derens et al. (2006)의 육류와 요거트, Koutsoumanis et al. (2010)의 살균 우유, Dallaire et al. (2006)의 브로콜리를 이용한 사례 등이 있다.

따라서 본 연구에서는 냉장배송차량과 유사한 모의유통 환경을 조성하여 여러 신선식품들 중에서 신선도 저하가 비교적 빠르게 발생하고 소비가 많은 엽채류 중 상추와 돈육 중 분쇄육을 이용하여 냉장배송차량 유통 중 냉장온도에서의 도어 개방에 따른 온도변화에 의한 식품의 이화학적 특성 및 미생물학적 특성의 변화를 관찰하여 식품에 미치는 영향을 보고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에서 이용된 상추와 분쇄육은 제주도 도남동에 위치한 제스코마트에서 구입하였다. 유통환경에서의 포장 상태를 고려하여 상추는 15 cm × 25 cm × 0.4 cm 뉴벨크 OPP팩(DWBB0082, Designlab inc., Hwaseong, Korea)을 이용하여 40 g씩 소분하여 포장하였고, 분쇄육은 합기포장기

(EHQ-350N2, Enter pack, Seoul, Korea)를 이용하여 19 cm × 15 cm × 4 cm 용기(PSW-19154, Enter pack, Seoul, Korea)에 300 g씩 소분하여 포장하여 실험에 사용하였다.

모의 유통환경 설정 및 온도 계측

식품 저장 시, 냉장배송차량과 비슷한 환경을 조성하기 위해 사용한 상업용 냉장고(CWS-1244DR, Woosung inc., Chungnam, Korea)의 규격과 냉장고 설정 온도와 실제 내부온도의 변화를 계측하기 위한 냉장고 내부온도 측정 위치는 Fig. 1에 나타내었다. 온도측정을 위한 Thermocouple의 위치는 식품(T1), 포장박스내부(T2), 냉장고 내부를 상(T3), 중(T4), 하(T5)에 부착하였고 data logger를 이용하여 5분 간격으로 냉장고 내부의 평균온도를 측정하였다. 식품 공전에 고시된 냉장 차량의 유통온도를 고려하여 냉장온도를 5°C로 설정하였으며, 냉장 차량의 유통환경을 고려하여 제품 상·하차 동안 도어 개·폐에 의한 온도변화의 차이와 제품의 품질에 미치는 영향을 보기 위해 제품을 냉장고에 저장하면서 도어를 개방하지 않는 경우(A), 적정 유통환경과 비슷하게 도어를 10분마다 20초 동안 개방하는 경우(B), 적정 유통환경보다 가혹한 환경을 만들기 위해 도어를 10분마다 1분 동안 개방하는 경우(C)로 나누어 실험을 진행하였고, Table 1에 나타내었다. 제품의 품질변화는 다양한 조건에서 12시간 동안 저장하면서 4시간마다 관찰하였다.

외관 및 색도

상추와 분쇄육의 색도는 색차계(TCR200, PCE americas Inc., Jupiter, FL, USA)를 이용하여 초기 시료의 L_i^* , a_i^* , b_i^* 값과 일정시간 후 시료의 L_t^* , a_t^* , b_t^* 값을 3회 반복 측정하여 평균치로 나타내었고, 이때 표준 백색판의 L^* , a^* , b^* 값은 91.92, 3.12, -13.43 이었다.

L_i^* : 초기 시료의 명도

a_i^* : 초기 시료의 적녹도

b_i^* : 초기 시료의 황청도

L_t^* : t 시간 후의 명도

a_t^* : t 시간 후의 적녹도

b_t^* : t 시간 후의 황청도

pH 측정

상추와 분쇄육의 pH는 시료 5 g에 증류수 50 mL를 가하여 homogenizer (Ultra Turrax T25, IKA, Braun, Germany)로 6,000 rpm에서 2분간 균질화한 후 여과하여 분석액으로 사용하였다. pH는 pH-meter (Five-Easy Plus F20 pH/mV, Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland)로 측정하였다. pH meter는 standard 용액(pH 4.01, 7.00, 9.21, 11.00)에 순서대로 전극을 담가 calibration하여 보정을 실시하였다.

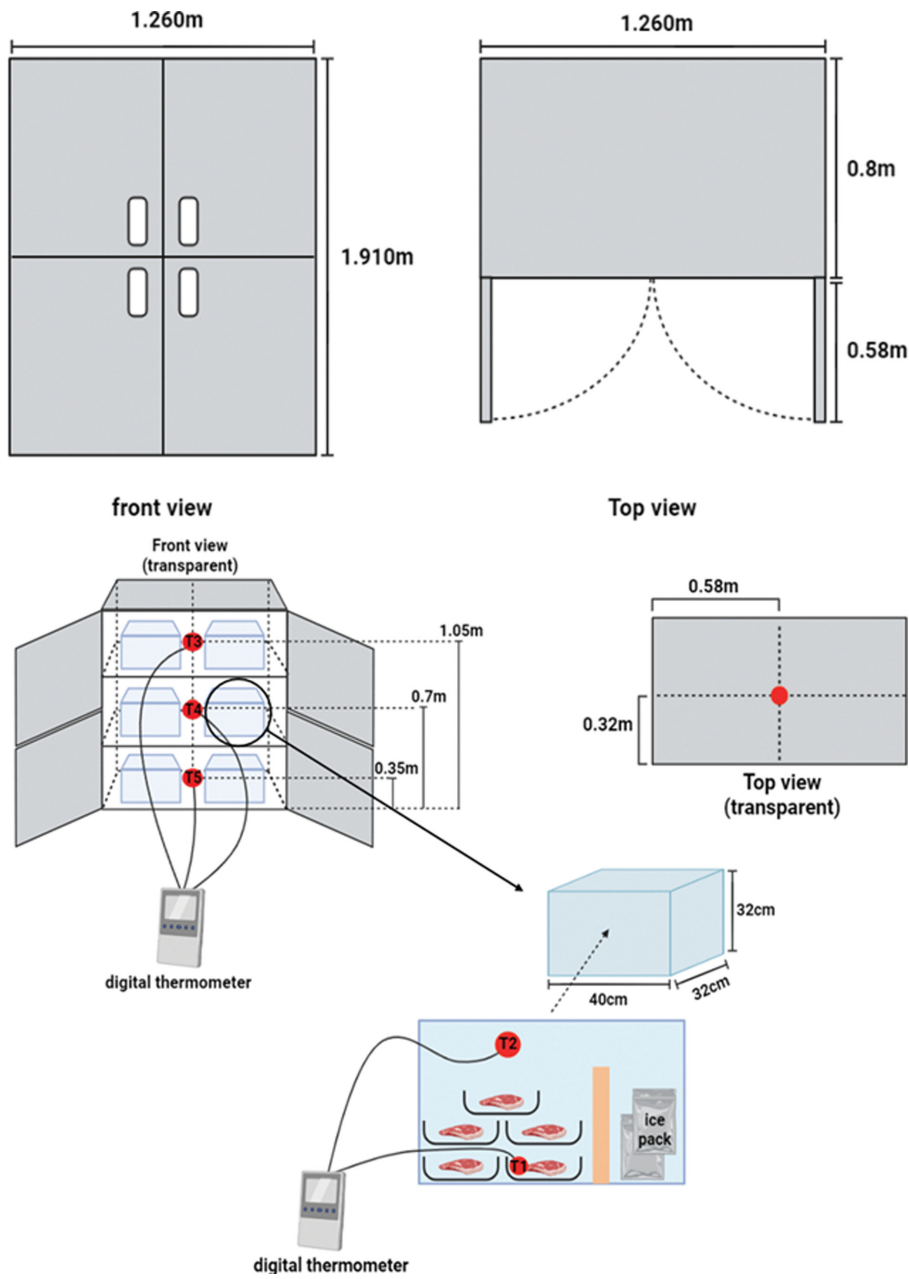


Fig. 1. Dimensions of the refrigerator used in the experiment and Location of thermocouples in the refrigerator.

Table 1. Simulated cold distribution chain conditions

Condition	Common conditions			Variable conditions	
	Temperature	Total inspection time	Number of inspection	Door opening frequency	Door opening time
A	5°C	12 h	1 time every 4 h	0	0
B				every 10 m	20 s
C				every 10 m	1 m

수분함량(moisture content, MC)

상추와 분쇄육의 수분함량은 식품공전(MFDS, 2022)에 따라 상압가열건조법으로 측정하였다. 각 시료 3g을 알루

미늄 접시에 칭량한 후, 드라이오븐(Hanbaek Co. Ltd., Buchun, Korea)에서 상추는 105°C, 분쇄육은 100°C로 항상점에 도달할 때까지 건조시켜 다음의 식에 의해 수분함

량을 계산하였다.

$$MC \text{ (Moisture Content, \%)} = \frac{b - c}{b - a} \times 10$$

a : 칭량접시의 질량(g)

b : 칭량접시와 검체의 질량(g)

c : 건조 후 항량이 되었을 때의 질량(g)

중량감소율(mass loss, ML)

상추의 중량감소율은 시료의 초기중량과 냉장온도에서 저장 중 일정시간 경과 후 측정된 중량의 차이를 초기중량에 대한 백분율(%)로 나타내었다. 아래의 식을 이용하여 산출하였다.

$$ML \text{ (\%)} = \left(\frac{m_i - m_t}{m_i} \right) \times 100$$

m_i : 초기질량(g)

m_t : t 시간 후의 질량(g)

갈변도

상추의 갈변도는 Jung et al. (2008)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료를 세절한 후 2 g을 채취한 다음 20 mL의 증류수를 첨가하였다. 그 후 35°C에서 2시간 동안 추출한 후 여과지로 여과하였다. Spectrophotometer (X-ma 3000, Human corporation, Seoul, Korea)를 이용하여 420 nm 파장에서 흡광도를 측정하여 나타내었다.

엽록소 함량

상추의 엽록소 함량은 Sumanta et al. (2014)의 방법을 변형하여 측정하였다. 생체시료 2 g을 95% ethanol 20 mL에 넣고 균질하고, 원심분리 및 여과(Whatman No.2)하여 649 nm와 664 nm에서 spectrophotometer (X-ma 3000, Human corporation, Seoul, Korea)로 측정하여 아래의 식에 대입하여 그 값을 산출하였다.

$$\text{Chlorophyll a} = 13.36 A_{664} - 5.18 A_{649}$$

$$\text{Chlorophyll b} = 27.43 A_{649} - 8.12 A_{664}$$

$$\text{Total chlorophyll} = 22.25 A_{649} + 5.24 A_{664}$$

비타민 C

상추의 비타민 C 함량은 식품공전의 인도페놀 적정법(MFDS, 2022)으로 분석하였다. 비타민 C 표준품으로 ascorbic acid (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 100 mg을 취한 후 묽은 메타인산-초산용액으로 500 mL로 정용하였다. 이후 5 mL를 취하여 묽은 메타인산-초산용액 5 mL를 가한 것을 표정용액으로 하였고, 인도페놀 용액으로 적색이 5초간 지속될 때까지 적정하였고 이 소비량을 T mL로 하였다. 시료 5 g과 같은 양의 메타인산-초산용액

을 가하여 혼합한 뒤 균등한 죽 상태의 일정량을 W로 하였고, 묽은 메타인산-초산용액을 가하여 100 mL로 정용하였다. 이후 용액을 여과한 뒤 10 mL를 취하여 시험용액으로 하였다. 인도페놀용액으로 적색이 5초간 지속될 때까지 적정하였다. 이 때 소비량을 S mL로 하였으며 아래의 식에 이용해 환원형 비타민 C 함량을 계산하였다.

Vitamin C (mg/100 g)

$$= A \text{ mg} \times \frac{S}{T} \times 100 \times \frac{\text{검체채취량} \times 2}{W} \times \frac{100}{\text{검체채취량(g)}}$$

A : T mL에 대응하는 아스코르빈산 량

S : 시험용액에서 인도페놀 용액의 소비량

T : 표정용액에서 인도페놀 용액의 소비량

W : 균등한 죽 상태의 일정량

보수력(water holding capacity, WHC)

분쇄육의 보수력은 Wierbicki & Deatherage (1958)의 방법을 변형하여 측정하였다. 15 mL test tube에 건조된 거즈를 넣은 후, 시료 1 g을 넣었다. 그 후, 원심분리기(LaboGene 148R, GRYOZEN, Daejeon, Korea)에서 10°C로 설정하고 3,000 rpm으로 10분간 원심분리하였다. 원심분리 후 시료만 제거하여 test tube의 무게를 측정 한 뒤, 다음의 식에 의해 보수력을 계산하였다.

$$WHC \text{ (\%)} = \frac{w_1 - (w_3 - w_2)}{w_1} \times 100$$

w_1 : 시료 무게(g)

w_2 : 빈 test tube 무게(g)

w_3 : 시료 제거 후 추출물이 담긴 test tube 무게(g)

휘발성 염기질소 화합물 측정(volatile basic nitrogen, VBN)

분쇄육의 VBN 측정은 식품공전상의 Conway 미량 확산법(MFDS, 2022)을 변형하여 측정하였다. 시험용액 조제는 시료 10 g에 증류수 50 mL를 가하여 균질화 한 후 30분간 침출 교반한 후 여과하였다. 여과액을 5% 황산용액을 이용하여 약산성으로 중화시킨 다음, 증류수를 넣어 일정량을 시험용액으로 사용하였다. 확산은 여과액 1 mL를 Conway 용기 외실 왼쪽에 취하고, 내실에는 0.01 N H₂SO₄ 1 mL를 취한 뒤, 외실 오른쪽에 K₂CO₃ 포화용액 1 mL를 취하여 기밀제를 바른 뚜껑을 닫았다. 여과액과 K₂CO₃ 포화용액이 잘 섞이게 해준 뒤, 25°C에서 60분간 정치하였다. 정량은 Conway의 뚜껑을 열어 Brunswik 시액 10 µL를 내실에 취한 뒤, 0.01 N NaOH 용액으로 적정하여 소모되는 양(a)을 측정하였다. 공시험은 증류수를 사용하였고, 3회 평균치를 구하여 다음의 식에 의해 계산하였다.

$$\text{VBN (mg\%)} = 0.14 \times \frac{(b - a) \times f}{W} \times 100 \times d$$

- a : 검체에 대한 평균 0.01 N NaOH 소비량(mL)
- b : 공시험에 대한 0.01 N NaOH 소비량(mL)
- d : 검체의 희석배수(mL)
- f : 0.01 N NaOH 역가
- W : 검체의 채취량(g)

일반세균 및 대장균

상추와 분쇄육의 일반세균 및 대장균 수는 각 검체 10g을 고르게 채취한 후 멸균된 생리식염수 90 mL를 가한 후 stomacher bag에 넣어 stomacher (BagMixer 400 W, Interscience, Massachusetts, USA)를 이용하여 3분간 균질하여 시험원액으로 하였다. 미생물검사를 위한 시험용액은 10-fold serial dilution으로 10⁻¹-10⁻⁶ 단계별 희석하여 접종에 사용하였다. 생리식염수는 Sodium Chloride 8.5g에 증류수를 가하여 1,000 mL로 하여 조제하고 121°C에서 15분 멸균하여 사용하였다. 일반세균 및 대장균 정량시험을 위해 식품공전(MFDS, 2022)의 건조필름법에 따라 실시하였다. 일반 세균 수는 3M™ Petrifilm™ Aerobic Count Plate (3M Health care, St. Paul, MN, USA)를 사용하였다. 배지 3매에 시험용액을 각 1 mL씩 접종한 후 35±1°C에서 48시간±2시간 배양한 후 colony 수를 계수하였다. 대장균 수는 3M™ Petrifilm™ E. coli/Coliform Count Plate (3M Health care, St. Paul, MN, USA)를 사용하였다. 배지 3매에 시험용액을 각 1 mL씩 접종한 후 35±1°C에서 24-48시간 배양한 후 생성된 푸른 colony 중 주위에 기포를 형성한 colony 수를 계수하였다. 그 중, 15-300개의 colony를 생성한 plate를 선택하여 그 평균 colony 수에 희석배수를 곱하여 일반세균과 대장균 수를 산출하여 log CFU/mL로 나타냈다.

통계분석

모든 실험은 3회 이상 반복 실험을 하여 평균과 표준편차로 나타내었다. 통계분석은 Minitab 18 (Minitab Inc., State College, PA, USA)프로그램을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 수행하였고 Turkey's multiple range test를 통해 각 측정 평균값 간의 p<0.05 수준으로 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

온도 계측

식품(T1), 포장박스내부(T2), 냉장고 내부를 상(T3), 중(T4), 하(T5)에 온도측정을 위한 Thermocouple을 부착했으며, 상추를 저장할 때 온도의 변화는 Fig. 2에 나타내었고

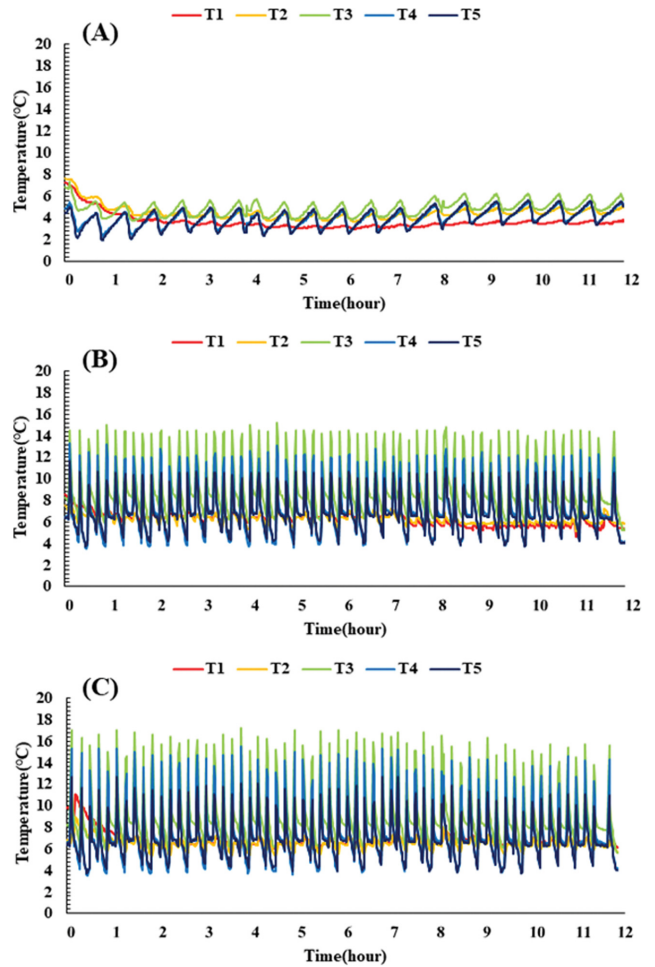


Fig. 2. Temperature measurement graph inside refrigerator, packaging box and green lettuce using the data logger.

분쇄육을 저장할 때 온도의 변화는 Fig. 3에 나타내었다. 냉장고 높이별 내부의 온도분포는 A, B, C 모든 방법에서 동일하게 상부(T3)>중부(T4)>하부(T5) 순으로 높았다. 하부에서 상부로 갈수록 평균온도가 증가하였고, 특히 도어 개방이 길어질수록 높이별 평균온도 차이는 더욱 컸다. Heo et al. (2013)의 연구에서는 냉장고 내부의 온도는 하부에서 상부로 올라갈수록 온도가 증가하였다고 보고하였으며, 본 연구에서 또한 이와 유사한 결과가 나타났다. 이는 차가운 공기는 비교적 따뜻한 공기보다 밀도가 높아 가라앉아 냉장고 하부에 분포하다가 도어 개방시에는 하부의 차가운 공기가 외부로 흘러나가고 이때 생긴 공간에 외부의 따뜻한 공기가 들어오기 때문이라고 생각된다. 상추 및 분쇄돈육을 포장한 박스의 내부의 평균온도는 도어 개방시간이 길어질수록 박스 내부의 평균온도가 증가하였다. 실험에 사용한 포장박스는 일반적인 스티로폼 박스로 종이박스에 비해 단열성능이 약 2.5배 우수하다(Ryu et al., 2019). 하지만 단열성능이 우수하더라도 스티로폼 박스는 기포층이 많아 쉽게 파손되고 유해한 미세플라스틱이 되어 처리

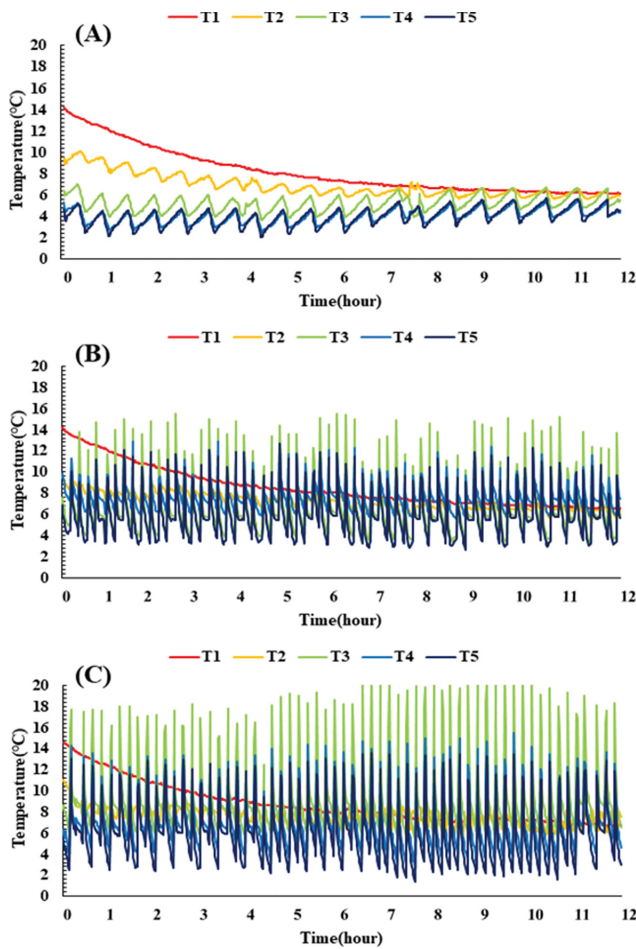


Fig. 3. Temperature measurement graph inside refrigerator, packaging box and ground meat using the data logger.

가 쉽지 않아 환경문제로 연결되기 때문에(Lee et al., 2022), 단열이 우수하면서도 친환경적인 포장박스에 대해 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다. 식품의 품온은 상추가 A 방법에서 $3.60 \pm 0.72^\circ\text{C}$, B 방법에서 $5.53 \pm 0.82^\circ\text{C}$, C 방법에서 $6.82 \pm 0.90^\circ\text{C}$ 이었고, 분쇄돈육은 A 방법에서 $7.56 \pm 1.35^\circ\text{C}$, B 방법에서 $7.77 \pm 1.42^\circ\text{C}$, C 방법에서 $8.31 \pm 1.6^\circ\text{C}$ 였다. 상추와 분쇄돈육 모두 문 도어 개방시간이 길어질수록 품온뿐만 아니라 온도편차 또한 증가하였다. 냉장고의 설정온도는 5°C 로 설정되어있었지만, 상추의 A 방법을 제외한 다른 방법들은 평균온도가 5°C 이상인 것을 보여주었다. Park & Bahk (2017)의 연구에서도 냉장·냉동 배송 차량 내의 설정온도보다 식품의 품온이 높게 측정되었다는 결과를 보여주었다. 이는 식품의 유통과정 중에 도어 개방의 시간이 식품의 품온에도 영향을 미쳐 신선냉장 식품의 품질저하를 발생시킬 수 있다고 판단된다.

외관 및 색도

냉장온도에서 도어 개방 시간의 차이를 달리하여 저장시간에 따른 상추의 외관 변화는 Fig. 4에, 색도의 변화는 Table 2에 나타내었다. 상추의 L^* 값은 저장시간이 경과함에 따라 A 방법에서는 유의적인 차이를 보이지 않았으나 ($p > 0.05$), B와 C방법에서 L^* 값은 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 상추의 a^* 값은 A, B, C 방법 모두에서 증가하는 경향을 보였으나, 유의적인 차이는 없었다 ($p > 0.05$). 상추의 b^* 값은 A 방법에서는 감소하는 경향을 보였으나, B와 C 방법에서는 증가하는 경향을 보였다. 상추에 가하는 스트레스가 커질수록 평균온도는 점점 증가하

Table 2. Color, pH, moisture content, and mass loss of packed lettuce according to simulated cold distribution chain conditions

Condition	Trait	0 h	4 h	8 h	12 h
A	L^*	$47.38 \pm 0.19^{A1)}$	48.60 ± 1.83^{A}	47.01 ± 0.08^{A}	47.48 ± 0.18^{A}
	a^*	-13.97 ± 0.10^{A}	-14.13 ± 0.29^{A}	-13.86 ± 0.16^{B}	-13.89 ± 0.19^{B}
	b^*	14.20 ± 0.01^{A}	13.81 ± 0.12^{B}	13.51 ± 0.11^{B}	13.45 ± 0.24^{B}
B	L^*	49.84 ± 0.13^{B}	48.89 ± 0.22^{B}	48.40 ± 0.16^{B}	47.28 ± 0.94^{C}
	a^*	-13.33 ± 0.22^{AB}	-13.21 ± 0.15^{AB}	-12.94 ± 0.09^{A}	-12.50 ± 0.74^{A}
	b^*	11.07 ± 0.36^{B}	11.51 ± 0.10^{A}	12.13 ± 0.10^{B}	12.49 ± 0.11^{B}
C	L^*	49.97 ± 0.14^{B}	48.49 ± 0.33^{B}	47.88 ± 0.09^{B}	46.76 ± 0.13^{D}
	a^*	-13.16 ± 0.50^{B}	-13.66 ± 0.15^{B}	-15.04 ± 0.09^{C}	-16.03 ± 0.22^{C}
	b^*	10.85 ± 1.12^{B}	11.03 ± 1.98^{A}	13.71 ± 0.36^{B}	16.39 ± 0.86^{B}
A	pH	6.10 ± 0.01^{A}	6.05 ± 0.01^{B}	6.02 ± 0.01^{B}	5.97 ± 0.01^{C}
B		6.34 ± 0.01^{B}	6.28 ± 0.02^{B}	6.24 ± 0.01^{C}	6.21 ± 0.01^{C}
C		6.12 ± 0.01^{A}	6.23 ± 0.05^{B}	6.39 ± 0.02^{C}	6.59 ± 0.02^{D}
A	Moisture content (%)	92.08 ± 0.96^{A}	91.89 ± 1.03^{A}	91.03 ± 1.04^{A}	90.12 ± 1.09^{A}
B		93.73 ± 0.57^{B}	93.67 ± 0.58^{A}	93.40 ± 0.57^{B}	92.69 ± 0.60^{B}
C		93.66 ± 0.19^{AB}	93.49 ± 0.41^{A}	92.44 ± 1.05^{B}	91.42 ± 0.19^{B}
A	Mass loss (%)	0	0.15 ± 0.12^{A}	0.19 ± 0.10^{A}	0.21 ± 0.10^{A}
B		0	0.42 ± 0.06^{B}	0.47 ± 0.06^{B}	0.55 ± 0.06^{B}
C		0	0.34 ± 0.08^{AB}	0.59 ± 0.06^{B}	0.95 ± 0.19^{C}

¹⁾All Values in the same row with the same letters (a-d) indicate significantly difference ($p < 0.05$) by Tukey's multiple range test, and all values in the same column with the same letters (A-C) indicate significantly difference ($p < 0.05$) by Tukey's multiple range test.

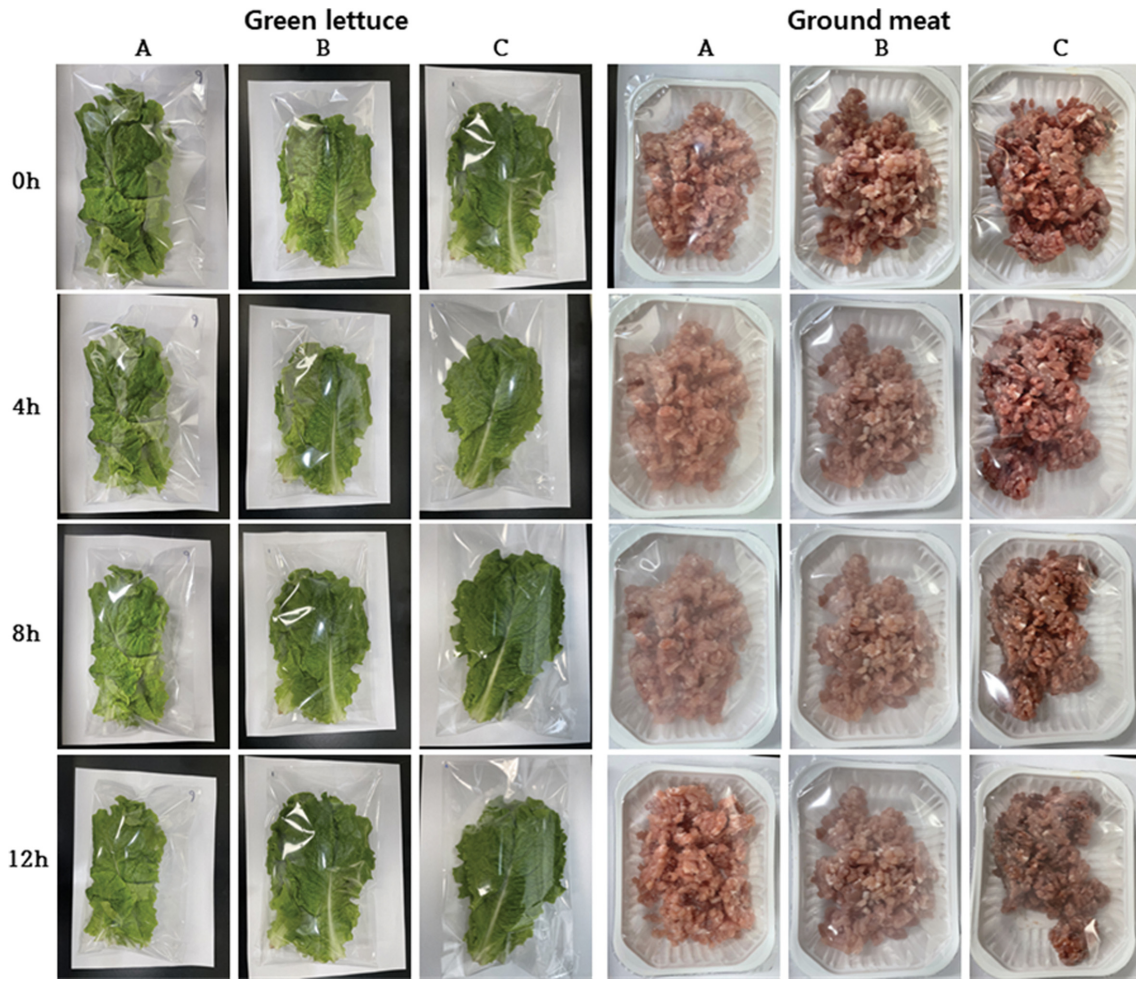


Fig. 4. Appearance of green lettuce and ground meat according to refrigeration time and door open conditions.

Table 3. Color, pH, moisture content, and mass loss of packed ground meat according to refrigeration time and door open conditions.

Conditions	Trait	0 h	4 h	8 h	12 h
A	L^*	52.25±0.34 ^{aA1)}	52.72±0.22 ^{aA}	52.89±0.16 ^{abA}	53.06±0.05 ^{bA}
	a^*	2.10±0.03 ^{aA}	2.15±0.08 ^{aA}	2.19±0.03 ^{abA}	2.30±0.05 ^{bA}
	b^*	-7.45±0.16 ^{aA}	-7.09±0.02 ^{aA}	-7.03±0.04 ^{aA}	-7.00±0.03 ^{bA}
B	L^*	52.96±0.34 ^{abB}	54.12±0.09 ^{bbB}	54.68±0.05 ^{cbC}	55.37±0.33 ^{dcC}
	a^*	2.29±0.32 ^{aA}	2.67±0.08 ^{abB}	2.93±0.10 ^{bbB}	3.55±0.10 ^{bB}
	b^*	-4.77±0.04 ^{abB}	-4.49±0.05 ^{abB}	-3.92±0.16 ^{bbB}	-3.63±0.19 ^{bbB}
C	L^*	51.57±0.21 ^{aA}	52.80±0.16 ^{baA}	53.31±0.05 ^{cbB}	54.15±0.05 ^{dbB}
	a^*	2.13±0.05 ^{aA}	2.90±0.03 ^{bcB}	3.55±0.12 ^{cbC}	4.49±0.07 ^{dcC}
	b^*	-4.63±0.07 ^{abB}	-4.01±0.03 ^{bcB}	-3.41±0.12 ^{cbC}	-2.80±0.07 ^{dcC}
A	pH	5.69±0.11 ^{aA}	5.65±0.02 ^{aA}	5.59±0.02 ^{aA}	5.58±0.02 ^{aA}
B		5.74±0.04 ^{aA}	5.60±0.01 ^{baA}	5.53±0.01 ^{bcA}	5.47±0.01 ^{cbA}
C		5.83±0.03 ^{aA}	5.54±0.02 ^{bbB}	5.44±0.02 ^{cbB}	5.34±0.02 ^{dcC}
A	Moisture content (%)	72.74±0.50 ^{aA}	72.78±0.49 ^{aA}	70.68±3.68 ^{aA}	69.05±2.66 ^{aA}
B		73.24±1.04 ^{aA}	71.58±0.39 ^{aA}	70.69±1.05 ^{aA}	67.33±1.37 ^{baA}
C		73.28±0.79 ^{aA}	69.87±0.57 ^{bbB}	67.12±0.47 ^{cbA}	66.05±0.42 ^{cbA}
A	Water holding capacity (%)	83.90±2.96 ^{aA}	83.49±0.54 ^{aA}	82.50±0.63 ^{aA}	81.42±0.57 ^{aA}
B		83.23±0.82 ^{aA}	81.23±0.54 ^{abB}	78.40±1.01 ^{bbB}	76.94±0.36 ^{bbB}
C		83.84±0.51 ^{aA}	80.64±0.64 ^{bbB}	77.96±1.26 ^{bcB}	75.82±1.17 ^{bbB}

¹⁾All Values in the same row with the same letters (a-d) indicate significantly difference ($p<0.05$) by Tukey's multiple range test, and all values in the same column with the same letters (A-C) indicate significantly difference ($p<0.05$) by Tukey's multiple range test.

여 L^* 값은 유의적으로 감소하였고 b^* 값은 유의적으로 증가하였다. Kim et al. (2005)에 따르면 색도에서 L^* 값은 갈변, a^* 값은 적변, b^* 값은 엷록소 함량의 변화에 따른 척도로 사용된다고 보고하였다(Kim et al., 2005; Lee, 2021). 따라서 L^* 값의 감소는 갈변색소의 증가로 인한 갈변도의 증가, b^* 값의 증가는 엷록소 함량의 감소로 인해 발생되었다고 판단된다.

분쇄육의 외관 변화는 Fig. 4에, 색도의 변화는 Table 3에 나타내었다. 분쇄돈육의 L^* 값은 A, B, C 방법 모두 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 식육의 색은 소비자들의 선택에 있어 1차적인 요인이고, 소비를 증진시키는 데 기여하기 때문에 소비자들의 구매력에 있어 육색은 중요한 요소 중 하나이다(Kim et al., 2005). 육류의 색은 압갈색의 산화형인 metmyoglobin, 선홍색의 산소형인 oxymyoglobin, 진홍색의 환원형인 deoxymyoglobin의 비율에 영향을 받는다(Lindahl et al., 2004). 즉, 육색은 산소와의 접촉으로 인해 영향을 받는다. 본 연구에서도 분쇄육의 L^* , a^* , b^* 값의 증가는 합기포장을 통하여 산소와의 접촉을 최소화하였지만, 포장할 때 내부에 남아있던 산소에 의한 영향으로 산화가 진행되었기 때문이라고 판단된다. 식육의 L^* 값은 산화가 진행되면서 생성되는 프리라디칼들이 고기의 헴(heme) 분자들과 작용하여 명도를 증가시킨다고 보고하였다(Chen et al., 1999). 분쇄돈육의 a^* 값과 b^* 값은 A, B, C 모두 증가하는 경향을 보였다.

pH

상추의 냉장온도에서 도어 개방시간의 차이에 따른 pH 변화는 Table 2에 나타내었다. 저장시간에 따른 상추의 pH는 A와 B 방법에서 큰 변화를 보이지 않았으나, C 방법에서 pH는 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 도어 개방 시, 발생하는 스트레스에 의한 pH는 8시간부터 C 방법에서 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). Kim et al. (2011)의 연구에서는 4°C에서 엽채류인 대파를 저장하였을 때 초기 pH가 5.45 ± 0.01 에서 품질이 저하하기 시작하는 5일경에 pH가 7까지 증가하였고 그 이후 감소하기 시작하였다고 보고하였다. 본 실험에서는 C의 방법으로 상추를 저장한 경우에만 초기 pH 값이 증가하였는데, 이는 저장 초기에 호흡으로 인해 상추에 있는 유기산이 당으로 전환되면서 산도의 저하로 pH가 증가하였다고 보고되었다(Lee et al., 2009), 따라서 냉장 온도에서 상추의 pH에 따른 품질변화는 발생하지 않았다고 판단된다. 분쇄돈육의 pH 변화는 Table 3에 나타내었다. 분쇄돈육의 저장시간이 증가할수록 pH는 A 방법에서는 유의적인 차이를 보이지 않았으나($p > 0.05$), B와 C 방법에서는 pH가 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 도어 개방시간 차이에 의해 발생하는 스트레스에 의한 pH는 C 방법에서 4시간 이후부터 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 분쇄돈육의 pH는 사

후 해당작용으로 초기에는 젖산이 글리코겐의 분해로 생성되어 감소하다가, 단백질 가수분해 효소에 의해 단백질이 아미노산이나 peptide로 분해되어 혐기성 물질이 축적되어 pH가 증가한다(Playner & Hultin, 1997). 본 연구는 분쇄돈육의 pH가 저장 초기 감소하는 결과를 보여준 Byun et al. (2001)의 연구와 비슷한 결과를 나타내었다.

수분함량

냉장온도에서 도어 개방시간의 차이에 따른 상추의 수분함량 변화는 Table 2에 나타내었다. 채소 작물은 80-95%의 수분으로 이루어져 있어 수분함량의 변화는 품질변화에 큰 영향을 미친다(Park, 1983). 상추의 수분함량은 모든 저장방법에서 감소하는 경향을 보였으나, A와 B 방법에서는 유의적인 차이를 보이지 않았고($p > 0.05$), C 방법에서만 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 분쇄돈육의 수분함량 변화는 Table 3에 나타내었다. 분쇄돈육의 수분함량은 냉장 저장 전 0시간에서 72-74%의 값을 나타내었다. A와 B 방법은 저장시간이 증가하여도 유의적인 차이를 보이지 않았으나($p > 0.05$), C 방법에서 저장시간이 증가할수록 수분함량은 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 이는 돈육의 냉장 저장 중 품질 변화를 실험한 Choi & Lee (2002)의 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 따라서, 상추와 분쇄돈육 모두 도어 개방이 길어질수록 수분함량이 감소하는 결과를 보여주었다.

중량감소율

냉장온도에서 도어 개방시간의 차이에 따른 상추의 중량감소율을 측정된 결과는 Table 2에 나타내었다. 저장시간이 길어지더라도 A, B, C 방법 모두 감소하는 경향을 보였으나 유의적인 차이를 보이지 않았으나($p > 0.05$), 도어 개방으로 발생하는 스트레스에 의한 중량감소율은 도어 개방시간이 길어질수록 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). Jeong et al. (1990)은 상추 수확 후 저장온도 차이에 따라 중량감소가 다르게 나타난다 하였다. Kang et al. (2008)은 상추의 중량감소가 5-10% 이상 진행되면 상품성을 상실하게 된다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서는 냉장온도에서 유통 시, 주기적인 온도변화가 발생하여도 짧은 시간 안에 중량감소는 크게 이루어지지 않아 중량감소로 인한 상품성의 상실은 발생하지 않는다고 생각된다.

보수력

보수력은 근원섬유 사이에 물리적 처리에 저항하여 얼마만큼의 수분이 남아있는 정도를 나타내는 것으로, 관능적 조직감과 다즙성 등에 영향을 미친다(Huff-Lonergan & Lonergan, 2005). 분쇄돈육의 보수력은 Table 3에 나타내었다. 분쇄돈육의 보수력은 초기 82-84%로 비슷한 값을 나타내었다. 저장시간에 따른 보수력은 도어를 개방하지 않

고 냉장 온도에서 저장하였던 A 방법에서는 유의적인 차이가 없었으나($p>0.05$), B와 C 방법에서는 유의적으로 감소하는 경향을 보였다. 스트레스 차이에 의한 보수력은 저장시간 4시간부터 유의적으로 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 분쇄돈육의 pH와도 연관이 있는데, 근원섬유 단백질의 등전점은 pH 5.2-5.4로 알려져 있다. pH가 등전점과 가까워질수록 근원섬유 사이의 공간이 좁아져 수분을 함유할 수 있는 능력은 떨어지게 된다(Shin, 2020). 따라서 저장시간이 길어질수록 분쇄돈육의 pH가 감소하여 등전점과 가까워져 보수력이 감소하였다고 판단된다.

갈변도

상추에서 가장 큰 품질저하의 요인은 저장 중 잎맥 부위를 중심으로 발생하는 갈변으로 알려져 있다(Schofield et al., 2005). 갈변의 원인은 축적된 이산화탄소에 의해 잎맥 부위가 붉게 변하거나(Davis et al., 1997), *Botrytis* spp.와 *Sclerotinia* spp.같은 부패를 일으키는 원인균에 의해 발생한다(Fiume & Fiume, 2005). 상추의 갈변도 변화는 Table 4에 나타내었다. 모든 저장방법에서 시간이 지남에 따라 갈변도는 증가하는 경향을 보였다. A와 B 방법으로 저장하였을 때는 4시간까지 유의적인 차이가 없었으나($p>0.05$), 8시간 이후부터 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 반면에 C 방법으로 저장하였을 때는 저장 4시간째부터 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($p<0.05$). 도어 개방으로 발생하는 스트레스에 의한 갈변도 값의 변화는 B 값이 계속해서 가장 높은 값을 유지하였는데, 이는 초기 갈변도의 차이에 의한 것으로 판단된다. 상추의 갈변도를 나타내는 수용성 갈변색소는 품종에 관계없이 저장 기간과 온도에 비례하여 증가한다고 알려져 있는데(Jung et al., 2008), 호흡률의 증가로 이산화탄소의 축적량이 높아져 갈변을 가속화한다. 본 연구에서 또한 C 방법이 저장시간 중 평균온도가 가장 높았기 때문에 갈변도 증가율이 가장 높은 결과를 보여주었다고 판단된다.

엽록소 함량

녹색 채소의 주 색소인 엽록소는 식물 세포 내의 엽록체에 존재하여 채소의 신선함을 나타내는 지표 중 하나라고 알려져 있다(Ma & Dolphin, 1999). 저장시간에 따른 상추의 엽록소 함량의 변화는 Table 4에 나타내었다. 모든 저장방법에서 저장시간이 증가함에 따라 엽록소 함량은 유의적으로 감소하였고($p<0.05$), 감소량의 변화는 A<B<C 순으로 더욱 커졌다. Chang et al. (2020)은 일반적으로 원예작물은 저장 기간이 증가함에 따라 엽록소 함량이 감소한다고 보고하였다. Lee et al. (2011)은 채소류의 엽록소의 함량을 온도 조건에 따라 연구하였는데, 20°C와 60°C에서의 엽록소 함량을 비교한 결과, 온도가 높을수록 엽록소 함량이 감소하는 경향을 보였다고 보고하였다. 따라서 연구에서는 냉장온도에서 저장하였더라도, 도어 개방에 의해 일정한 온도를 유지하지 못한 것이 상추의 엽록소 감소에 큰 영향을 미친것으로 판단된다.

비타민 C

비타민 C는 아스코르빈산이 oxidase에 의해 분해되어 감소하고, 온도가 올라갈수록 분해가 용이해져 감소량이 증가한다(Thomas & Oke, 1980). 도어 개방의 시간에 따른 상추의 비타민C 함량의 변화는 Table 4에 나타내었다. A 방법은 0시간 39.33 mg/100 g에서 12시간 35.37 mg/100 g로 감소하였고, B 방법은 33.06 mg/100 g에서 24.32 mg/100 g로 감소하였고, C 방법이 0시간 44.74 mg/100 g에서 12시간 26.96 mg/100 g으로 A, B, C 방법 모두 저장시간이 길어질수록 유의적으로 감소하였다($p<0.05$). 스트레스에 의한 비타민 C 함량의 변화는 12시간 C 방법에서만 유의적인 차이를 보였다($p<0.05$). Park et al. (2016)의 연구에 따르면 상추의 비타민C 함량은 저장기간에 따라 미세 온도 변화 조건에도 감소한다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서는 도어 개방시간의 차이로 발생하는 스트레스에 의한 영향보다 저장시간이 길어질수록 상추의 온도변화가 빈번

Table 4. Browning index, total chlorophyll content, and vitamin C of packed lettuce according to simulated cold distribution chain conditions

Condition	Trait	0 h	4 h	8 h	12 h
A	Browning index (mg/100 g)	0.042±0.005 ^{aA}	0.061±0.007 ^{aA}	0.097±0.007 ^{bB}	0.113±0.005 ^{cA}
B		0.094±0.007 ^{aB}	0.099±0.002 ^{aB}	0.128±0.003 ^{bC}	0.157±0.003 ^{cC}
C		0.039±0.004 ^{aA}	0.055±0.002 ^{bA}	0.082±0.002 ^{cA}	0.134±0.002 ^{dB}
A	Total chlorophyll content (mg/100 g)	39.33±0.09 ^B	38.96±0.09 ^{bC}	37.71±0.07 ^{cC}	35.37±0.09 ^{dC}
B		33.06±0.08 ^A	27.47±0.08 ^{bA}	26.91±0.20 ^{cA}	24.32±0.16 ^{dA}
C		44.74±0.29 ^C	36.06±0.04 ^{bB}	32.83±0.09 ^{cB}	26.96±0.06 ^{dB}
A	Vitamin C (mg/100 g)	7.55±0.48 ^{aA}	6.93±0.12 ^{abA}	6.29±0.18 ^{bcA}	5.41±0.30 ^{cA}
B		7.63±0.28 ^{aA}	6.92±0.13 ^{aA}	6.03±0.16 ^{bA}	5.35±0.10 ^{bA}
C		7.57±0.45 ^{aA}	6.28±0.20 ^{bA}	5.89±0.36 ^{bA}	4.41±0.16 ^{cB}

¹⁾All Values in the same row with the same letters (a-d) indicate significantly difference ($p<0.05$) by Tukey's multiple range test, and all values in the same column with the same letters (A-C) indicate significantly difference ($p<0.05$) by Tukey's multiple range test.

하게 일어나면서 비타민 C 함량의 감소에 영향을 미친 것으로 판단된다.

VBN

육류의 VBN은 단백질이 세균의 환원작용이나 자가 분해 효소에 의해 저분자 물질인 albumose, peptide, amino acid 등의 휘발성 물질로 분해된다(Corespo et al., 1978). 이때 발생하는 여러 가지 종류의 가스는 유기산, 색소, 악취 등을 생산하고 변질의 원인이 되기 때문에 VBN은 육류의 신선도 판단에 이용된다(Han et al., 1978). 분쇄돈육의 VBN 값의 측정결과는 Table 6에 나타내었다. 초기 VBN 값은 1.05-1.61 mg%였지만 VBN 값의 변화는 12시간 저장하였을 때, A는 2.52 mg%, B는 3.78 mg%, C는 5.25 mg%로 도어 개방시간이 길수록 VBN 값은 증가하였다. 식품공전 제5. 식품별 기준 및 규격의 17. 식육가공품 및 포장육에 따르면 분쇄육은 휘발성염기질소가 20 mg% 이하로 제한하고 있으며, 본 연구에서는 모의 유통환경에서 저장했던 분쇄육들은 모두 규격 이하의 값을 나타내었다.

일반세균 및 대장균

A, B, C 방법에 따른 상추의 일반세균 및 대장균 수는 Table 5에 나타내었고, 분쇄돈육의 일반세균 및 대장균 수는 Table 6에 나타내었다. 상추의 초기 일반세균 수는 3.75-3.80 log CFU/mL였으며, 분쇄돈육의 초기 일반세균

수는 2.21-2.29 log CFU/mL로 나타났다. 상추와 분쇄돈육은 저장시간이 지남에 따라 모든 실험 방법에서 일반세균 수는 증가하는 경향을 보였고, 도어 개방 시, 발생하는 스트레스에 의한 일반세균 수는 4시간부터 도어 개방이 길어질수록 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 상추와 분쇄돈육에서 대장균은 검출되지 않았다. 일반적으로 채소류에서 발견되는 총 미생물 수는 10³-10⁹ CFU/g이며(Lee et al., 2007), 신선한 식육의 총균수는 10⁵ CFU/g을 넘지 않는 상태로 제한하였다(ICMSF, 1986). 식품의 총 미생물 수가 10⁷-10⁸ CFU/g 이상이면 부패단계로 잠재적으로 식품으로서의 가치가 없다고 판단한다(Woo et al., 2012). 일반세균 수는 12시간 저장 후, 제일 값이 높게 측정된 C 방법에서 상추는 5.56±0.01 log CFU/mL였으며, 분쇄돈육은 3.14±0.01 log CFU/mL로 상추와 분쇄돈육 모두 부패단계에 이르지 않았다고 판단된다.

요 약

본 연구는 모의 유통환경을 조성하여 냉장온도에서 식품을 저장하였을 때, 도어 개방시간 차이에 따른 식품의 품질변화를 측정하여 비교하였다. 냉장온도 5°C에서 상추와 분쇄돈육을 저장하면서 도어를 개방하지 않는 경우(A), 배송 도착지점에서 문이 열리는 경우를 고려하여 10분마다 20초씩 도어를 개방하는 경우(B), 10분마다 1분씩 도어를

Table 5. Microbiological characteristics of packed lettuce according to simulated cold distribution chain conditions

Method	Trait	0 h	4 h	8 h	12 h
A	Aerobic bacteria (logCFU/mL)	3.78±0.04 ^{aA1)}	4.16±0.02 ^{bA}	4.25±0.02 ^{cA}	4.37±0.03 ^{dA}
B		3.80±0.01 ^{aA}	4.25±0.04 ^{bB}	4.47±0.02 ^{cB}	4.68±0.01 ^{dB}
C		3.75±0.01 ^{aA}	4.83±0.02 ^{bC}	5.20±0.00 ^{cC}	5.56±0.01 ^{dC}
A	E. coli (logCFU/mL)	ND	ND	ND	ND
B		ND	ND	ND	ND
C		ND	ND	ND	ND

¹⁾All Values in the same row with the same letters (a-d) indicate significantly difference ($p < 0.05$) by Tukey's multiple range test, and all values in the same column with the same letters (A-C) indicate significantly difference ($p < 0.05$) by Tukey's multiple range test.

Table 6. VBN and microbiological characteristics of packed ground meat according to simulated cold distribution chain conditions

Conditions	Trait	0 h	4 h	8 h	12 h
A	VBN	1.61±0.10 ^{aA1)}	2.10±0.40 ^{aA}	2.45±0.10 ^{aA}	2.52±0.40 ^{aA}
B		1.40±0.30 ^{aA}	2.03±0.20 ^{aA}	2.87±0.59 ^{abAB}	3.78±0.30 ^{bA}
C		1.05±0.10 ^{aA}	2.66±0.20 ^{bA}	4.13±0.10 ^{cB}	5.25±0.30 ^{dB}
A	Aerobic bacteria (logCFU/mL)	2.21±0.04 ^{aA}	2.38±0.06 ^{bA}	2.74±0.02 ^{cA}	2.91±0.04 ^{dA}
B		2.29±0.03 ^{aA}	2.53±0.03 ^{bB}	2.88±0.01 ^{cB}	3.06±0.02 ^{dB}
C		2.28±0.05 ^{aA}	2.77±0.02 ^{bC}	2.98±0.04 ^{cC}	3.14±0.01 ^{dC}
A	E. coli (logCFU/mL)	ND	ND	ND	ND
B		ND	ND	ND	ND
C		ND	ND	ND	ND

¹⁾All Values in the same row with the same letters (a-d) indicate significantly difference ($p < 0.05$) by Tukey's multiple range test, and all values in the same column with the same letters (A-C) indicate significantly difference ($p < 0.05$) by Tukey's multiple range test.

개방하는 경우(C)로 총 12시간 동안 실험을 진행하였다. 냉장고 내부의 온도분포는 모든 방법에서 동일하게 상부>중부>하부순으로 높았으며, 도어 개방 방법에 따른 포장박스 내부와 식품의 평균온도 및 온도 편차는 C>B>A 순으로 높았다.

상추의 경우 외관, 색도, pH, 중량감소율, 수분함량은 도어개방으로 인해 발생하는 온도변화에 영향을 덜 받으며 갈변도, 엽록소함량, 비타민C, 일반세균 및 대장균수 영향을 받아 품질변화를 보였다. 분쇄돈육의 경우는 보수력 및 휘발성염기질소가 영향을 받는 품질 특성으로 관찰되었다. 본 연구 결과를 통해 도어 개방시간이 길어질수록 온도 편차가 심해져 식품의 품질에 좋지 않은 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며, 실제 유통 시에는 냉각기의 기능, 포장상태, 아이스팩의 유무, 적재방법 등 유통 시에 영향을 미칠 수 있는 요인들을 고려하여 실제 현장적용을 통한 연구를 추가적으로 수행할 필요가 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)의 국토교통지역혁신기술개발사업(과제번호 RS-2022-00143517)의 지원으로 수행되었습니다.

References

- Byun PH, Jung JH, Kim WJ, Yoon SK. 2001. Effects of garlic addition on lipid oxidation of ground pork during storage. *Korean J. Food. Cook. Sci.* 17: 117-122.
- Chang MS, Kim JH, Lee JS, Park MH, Chang EH, Hong YP. 2020. Comparison of the shelf-life of commercial salad lettuces based on packaging types. *Korean J. Food Preserv.* 27: 255-260.
- Chen X, Jo C, Lee JI, Ahn DU. 1999. Lipid oxidation, volatiles and color changes of irradiated pork patties as affected by antioxidants. *J. Food Sci.* 64: 16-19.
- Cheon YS, Park JS. 2017. A study on global cold chain logistics-hub determining factors of location based on AHP analysis. *Korea Logist. Rev.* 27: 59-70.
- Choi GW. 2019. Changes in the physicochemical properties of ground pork meat containing persimmon peel during refrigerated storage. *J. Life Sci.* 29: 792-799.
- Choi HJ. 2020. A key factors of Korean companies entry into China's fresh food market and measures to promote exports. *The e-Business Stud.* 21: 237-248.
- Choi WS, Lee KT. 2002. Quality changes and shelf-life of seasoned pork with soy sauce or *Kochujang* during chilled storage. *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.* 22: 240-246
- Coresopo FL, Millan R, Moreno AS. 1978. Chemical changes during ripening of spanish dry sausage. III. Changes in water soluble N-compounds. *Arch. de Zootec.* 27: 105-107.
- Davis RM, Subbarao KV, Raid RN, Edward AK. 1997. Compendium of lettuce disease. *American Phytopathological Society.* p. 103.
- Derens E, Palagos B, Guilapart J. 2006. The cold chain of chilled products under supervision in France. *IUFOST-13th World Congress of Food Science & Technology.* pp. 1503-1510.
- Dallaire R, Leblanc DI, Tranchant CC, Vasseur L, Delaquis P, Beaulieu C. 2006. Monitoring the microbial populations and temperatures of fresh broccoli from harvest to retail display. *J. Food Prot.* 69: 1118-1125.
- Fiume F, Fiume G. 2005. Biological control of *botrytis* gray mould and *sclerotinia* drop in lettuce. *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci.* 70: 157-168.
- Han KH, Choi IS, Lee CH. 1978. The physicochemical and storage characteristics of sausage added mugwort powder. *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.* 26: 356-361.
- Heo KS, Lee SJ, Kim HJ, Seo ER. 2013. An experimental study for the high temperature and high humidity outside air in flow when the door is opened / closed in domestic refrigerators. *The Korean Society of Mechanical Engineers Fall Meeting.* May 10, Chungcheong, Korea, pp. 3385-3390.
- Hoffmann TG, Ronzoni AF, Silva DL, Bertoli SL, Souza CK. 2021. Impact of household refrigeration parameters on post-harvest quality of fresh food produce. *J. Food Eng.* 306: 110641.
- Huang S, Liu B, Ge D, Dal J. 2017. Effect of combined treatment with supercritical CO2 and rosemary on microbiological and physicochemical properties of ground pork stored at 4°C. *Meat Sci.* 125: 114-120.
- Huff-Lonergan E, Lonergan SM. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Sci.* 71: 194-204.
- ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods) *Microorganisms in Foods.* 1986. Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Scientific Applications. University of Toronto Press, Toronto, pp. 181-196.
- Jeong JC, Park KW, Yang YJ. 1990. Influence of packaging with high-density polyethylene film on the quality of leaf lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Chengchima) during low temperature storage. *Korean J. Hortic. Sci. Technol.* 31: 219-225.
- Jung JY, Shin SH, Choi JH, Jeong MC. 2008. Browning and quality changes of fresh-cut iceberg lettuce by gas flushing packagings. *Korean J. Hortic. Sci. Technol.* 26: 406-412.
- Kang YJ, Choi JH, Jeong MC, Kim DM. 2008. Effect of maturity at harvest on the quality of head lettuce during storage. *Korean J. Hortic. Sci. Technol.* 26: 272-276.
- Kim DY, Cho GS, Park YT. 2021. 4.0i comparative study of policies and systems related to fresh logistics in Korea, China and Japan. *J Int. Trade Insur.* 22: 39-51.
- Kim HS, Shang YF. 2019. A study on the activation schemes of cold chain logistics system in Incheon port. *J. Korea Port Econ. Assoc.* 35: 19-40.
- Kim JG, Choi ST, Lim CI. 2005. Effect of delayed modified atmosphere packaging on quality of fresh-cut iceberg lettuce. *Korean J. Hortic. Sci. Technol.* 23: 140-145.
- Kim SJ, Sun SH, Kim GC, Kim HR, Yoon KS. 2011. Quality changes of fresh-cut leafy and condiment vegetables during refrigerated storage. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 1141-1149.

- Kim YJ. 2005. Influence of dietary sea urchin shell powder on physico-chemical properties of chicken meat. *Korean J. Poult. Sci.* 32: 55-60.
- Korakot C, Kim SY, Shin YJ, Jung HM, Park JM. 2022. Measurement of delivery service environment for cold chain EPS packaging system of fresh food. *Korean J. Packag. Sci. Technol.* 28: 67-73.
- Koustsoumanis K, Pavlis A, Nychas G, Xanthiakos K. 2010. Probabilistic model for *Listeria monocytogenes* growth during distribution, retail storage, and domestic storage of pasteurized milk. *Appl. Environ. Microbiol.* 76: 2181-2191.
- Laguette O, Hoang HM, Flick D. 2013. Experimental investigation and modelling in the food cold chain: Thermal and quality evolution. *Trends in Food Sci. Technol.* 29: 87-97.
- Lee GH, Cho CH. 2020. A study on the utilization of low temperature courier service and efficient operation measures. *Korea Logist. Rev.* 4: 49-64.
- Lee HJ, Jang JH, Kwon JH, Moon KD. 2009. Effect of packaging materials on the quality of radish sprout during storage. *Korean J. Food Preserv.* 16: 147-154.
- Lee JS. 2021. Comparison of growth according to the seedling methods and freshness to storage ones on lettuce. *Korean J. Packag. Sci. Technol.* 27: 181-186.
- Lee JS, Chung DS, Choi JW, Jo MA, Lee YS, Chun CH. 2006. Effects of storage temperature and packaging treatment on the quality of leaf lettuce. *Korean J. Food Preserv.* 13: 8-12.
- Lee JS, Chung DS, Lee JU, Lim BS, Lee YS, Chun CH. 2007. Effects of cultivars and storage temperatures on shelf-life of leaf lettuces. *Korean J. Food Preserv.* 14: 345-350.
- Lee JU, Heu MS, Lee JS. 2022. Establishment of effective freshness indicators for seafood during room-temperature distribution using commercial cold packs and styrofoam boxes. *Korean J. Fish. Aquat. Sci.* 55: 670-680.
- Lee SH, Choe EO, Lee HG, Park KH. 2011. Factors affecting the components of chlorophyll pigment in spinach during storage. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 44: 73-80.
- Lindahl G, Enfält AC, von Seth G, Joseli Å, Hedebo-Velander I, Andersén HJ, Braunschweig M, Andersson L, Lundström K. 2004. A second mutant allele (V1991) at the PRKAG3 (RN) locus-II. Effect on colour characteristics of pork loin. *Meat Sci.* 66: 621-627.
- Liu C, Chen W, Zhou Q, Mu J. 2021. Modelling dynamic freshness-keeping effort over a finite time horizon in a two-echelon online fresh product supply chain. *Eur. J. Oper. Res.* 293: 511-528.
- Ma L, Dolphin D. 1999. The metabolites of dietary chlorophylls. *Phytochemistry.* 50: 195-202.
- Paglarini C, Furtado G, Honório A, Mokarzel L, Vidal V, Ribeiro A, Cunha R. 2019. Functional emulsion gels as pork back fat replacers in Bologna sausage. *Food Struct.* 20: 100105.
- Park HJ, Lee MJ, Lee HR. 2016. Vitamin C and antioxidant capacity stability in cherry and romaine during storage at different temperatures. *J. Nutr. Health.* 49: 51-58.
- Park KW. 1983. Effects of fertilization irrigation and harvesting period on the quality of vegetable crops. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 24: 325-337.
- Park MS, Bahk GJ. 2017. Current state for temperature management of cold and frozen food transportation vehicles in Jeonbuk province. *J. Food Hyg. Saf.* 32: 107-113.
- Player TJ, Hultin HO. 1997. Some characteristics of the NAD(P)H-dependent lipid peroxidation system in the microsomal fraction of chicken breast muscle. *J. Food Biochem.* 1: 153-159.
- Ryu JR, Yook SW, Kal SH, Shin YJ. 2019. Development of high-insulation packaging using recycled PET and comparison of insulation performance with existing styrofoam and paper boxes. *Korean J. Packag. Sci. Technol.* 25: 111-116.
- Schofield RA, Deell RD, Murré DP, Jenni S. 2005. Determining the storage potential of iceberg lettuce with chlorophyll fluorescence. *Postharvest Biol. Technol.* 38: 43-56.
- Shin SH. 2020. Effects of red ginseng marc powder on the quality properties of chicken breast sausage. Master's thesis. Korea National University of Transportation, Chungbuk, Korea.
- Shin SH. 2021. A study on the advancement of domestic logistics enterprises to the specialty logistics market in accordance with changes in the logistics industry. *J. Korea Port Econ. Assoc.* 37: 55-71.
- Sumanta N, Haque C, Nishika J, Suprakash R. 2014. Spectrophotometric analysis of chlorophylls and carotenoids from commonly grown fern species by using various extracting solvents. *Res. J. Chem. Sci.* 4: 63-69.
- Sun IS, Lee CH, Ahn SG. 2019. A study on activation strategy of cold chain third party logistics. *J. Distrib. Logist.* 6: 37-49.
- Thomas P, Oke MS. 1980. Technical note: Vitamin C content and distribution in mangoes during ripening. *J. Food Sci. Technol.* 15: 669-672.
- Wierbiki E, Deatherage FE. 1958. Water content of meats, determination of water-holding capacity of fresh meats. *J. Agric. Food Chem.* 6: 387-392.
- Woo HI, Kim JB, Choi JH, Kim EH, Kim DS, Park KS, Kim EJ, Eun JB, Om AS. 2012. Evaluation of the level of microbial contamination in the manufacturing and processing company of red pepper powder. *J. Food Hyg. Saf.* 27: 427-431.
- Zhang J, Liu L, Mu W, Moga LM, Zhang X. 2009. Development of temperature-managed traceability system for frozen and chilled food during storage and transportation. *J. Food Agric. Environ.* 7: 28-31.

Author Information

강훈석: 제주대학교 식품생명공학과 학부생

천지연: 제주대학교 식품생명공학과 부교수