

냉동식품용 포장재 현황 및 냉동 과정 중 포장재 내부 온도 변화에 관한 연구

유승우 · 권상우 · 박수일*

연세대학교 패키징학과

Status of Packaging Materials for Frozen Foods and Analysis of Temperature Changes inside Packaging Materials during Frozen Process

Seungwoo Yoo, Sangwoo Kwon, and Su-il Park*

*Department of Packaging, Yonsei University, 1, Yeonsedae-gil, Heungeop-myeon,
Wonju-si, Gangwon-do, Republic of Korea*

Abstract This study analyzed various packaging materials and types for frozen foods and the effects of packaging materials on temperature changes during frozen process. Pouches with different film thickness were prepared and placed in an IQF freezer, then the temperature inside pouches measured using a deep thermometer. The most common types of primary packaging for frozen foods in the market was plastic pouches with polyethylene or polyamide/polyethylene multilayer materials. The temperature change inside of packaging was delayed with film thickness increased. As the size of packaged food increased, the temperature change inside the food was slowed down. In addition, the pouches with air inside took more time to reach -30°C compared to pouches with less air during frozen process. This study provides information on packaging materials and types for frozen foods and preliminary data of temperature change by different types of packaging.

Keywords Frozen food packaging, PA/PE, Thermal conductivity, Packaging materials, Temperature change

서 론

소득 수준의 향상, 식생활 양식의 변화, 핵가족화, 여성의 사회 참여 증가 등으로 가정 외에서 제조한 식품을 구매하는 소비 행동이 증가하고 있다¹⁾. 이에 따라 간편하게 조리할 수 있는 냉동 식품의 수요가 증가되고 다양한 냉동식품 제품이 출시되고 있다. 국내 소비 트렌드는 냉동식품이 건강에 좋지 않은 음식으로 인식되어 왔던 과거와 달리, 기술의 개발로 다양한 제품을 선보이며 소비자들의 냉동식품 및 가공식품에 대한 긍정적인 인식이 높아지고 있다. 2010년부터 2015년까지 4.75% 이상의 증가율로 냉동식품이 매년 꾸준히 소비되고 있다²⁾. 냉동식품을 전문으로 판매하는 매장이 2017년 국내에 개점하였고, 이는 국내 냉동식품에 대

한 관심이 증가하고 있음을 보여준다.

식품 냉동은 식품에서 열을 빼앗아 식품 내의 수분을 액체에서 고체로 상 변화시키는 방법으로 장기 보존을 위한 최선의 방법 중 하나이다³⁾. 냉동식품은 원료를 전처리, 가공, 조리한 반조리 혹은 완전 조리 식품을 -18°C 이하에서 냉동시킨 후 포장, 유통한 것으로서 본래의 향미, 영양성분 및 조직감 등을 원물과 가깝게 유지할 수 있다⁴⁾. 기술의 발전으로 일반 냉동기법에 비하여 장점이 많은 급속 냉동(Individual Quick Freezing, I.Q.F.)기법의 사용이 증가하고 있다. 급속 냉동이란, -40°C 이하 극저온 상태에서 식품을 빠르게 냉각하는 기술로 유럽, 미국, 일본 등의 선진국에서는 이미 보편화된 냉동 시스템으로 급속 냉동은 일반적인 냉동에 비하여 식품 본연의 맛과 향 보존, 제품 고유의 색과 외관 유지가 더 잘 된다는 장점이 있다. 산화 방지를 통한 유통기간 증가에 효과가 있는 진공포장 또한 식품 냉동에 자주 사용된다⁵⁾.

향후 냉동식품의 판매가 증대됨에 따라 그에 적용할 포

*Corresponding Author : Su-il Park
Department of Packaging, Yonsei University, Wonju 26493, Korea
Tel : +82-33-760-2370, Fax : +82-33-760-2760
E-mail : parks@yonsei.ac.kr

장재의 수요가 지속적으로 증가할 것으로 예상되며 특히 냉동용 포장재의 현황 및 특성 분석과 관련된 연구는 아직 거의 보고된 바 없다. 본 연구는 유통되고 있는 냉동 식품의 포장재 형태 및 재질을 분석하였다. 또한 일반적으로 식품이 냉동된 후 포장에 이루어지나 식품을 포장한 후 냉동공정을 진행할 경우의 포장재에 의한 포장재 내부의 온도 및 내용물의 심부 온도 변화 정도를 분석하였다.

재료 및 방법

1. 논문 및 시장조사

냉동 식품 포장에 관련된 국내·외 연구 논문을 분석하였으며, 냉동식품 포장 필름 소재의 현황을 조사하기 위해 한국 소재 정보은행의 데이터를 활용했다. 또한 냉동식품에 이용되는 1차 포장 형태, 포장 재질 및 용량을 분석하기 위해 서울시 강남구에 위치한 냉동 식품 전문 매장과 지역의 대형매장(이마트)에 방문하여 현장조사 혹은 구매 후 분석이 진행되었다.

2. 포장재를 통한 열전도성 실험

포장 후 냉동되는 식품들의 포장재에 의한 열 전달 저해 정도를 파악하기 위한 실험이 진행되었다. 냉동 식품용으로 사용되는 범용 플라스틱 포장재의 냉동 시 일어나는 포장재 내·외부 온도 변화를 관찰하였다. 급속 냉동기(I.Q.F, ㈜용성 T&F, 한국)를 사용하여 -40°C 까지 급속 냉동시킬 수 있는 온도 조건을 이용하였다.

1) 실험 재료

냉동조건에서의 포장재 내·외부 및 포장재 내 식품의 온도 변화를 측정하기 위해 심부 온도계(175T3, Testo, 독일)를 사용했다. 포장재는 저밀도 폴리에틸렌(Low density polyethylene, LDPE, 100 μm), 폴리프로필렌(Polypropylene, PP, 35 μm), 폴리아미드/폴리에틸렌(Polyamide/Polyethylene, PA/PE, 15/60 μm , 15/110 μm , Kasungpack, Korea) 필름을 사용했다. 필름은 각각 PP(150 mm $\times$ 200 mm), PA/PE(150 mm $\times$ 200 mm, 130 mm $\times$ 200 mm), PE(150 mm $\times$ 200 mm) 크기의 파우치로 열접착기(Kasungpack, 한국)를 이용하여 제작하였다. 포장재 내 식품의 심부 온도 변화를 측정하기 위해 애호박(*C. moschata*)을 대형 유통매장(원주, 한국)에서 구입하여 이용하였다.

2) 필름 두께 및 포장재 내 공기 층 유무에 따른 온도변화

포장재는 PP(150 mm $\times$ 200 mm, 35 μm), PA/PE(150 mm $\times$ 200 mm, 15/60 μm), PE(150 mm $\times$ 200 mm, 100 μm), PA/PE(130 mm $\times$ 200 mm, 15/110 μm) 4가지의 다른 두께를 가진 파우치가 사용되었다. 각 파우치 내부에 심부온도계의 온도

측정 센서를 삽입한 후 밀봉하여 -40°C 급속냉동기에서 5분간 노출하여 온도변화를 측정하였다. 또한, 포장재 내부의 공기의 유무에 따른 온도변화를 비교하기 위하여 125 μm PA/PE에 온도 측정 센서를 삽입한 후 포장재 내부의 공기는 물리적 압착을 통해 제거하고 밀봉한 샘플이 이용되었다.

3) 농산물 입자 크기에 따른 온도변화

포장된 농산가공물의 크기에 따른 냉동에 걸리는 시간을 분석하기 위해 포장된 절단 애호박의 심부 온도 변화를 측정하였다. 애호박은 8 mm $\times$ 8 mm $\times$ 30 mm와 15 mm $\times$ 15 mm $\times$ 30 mm의 직육면체로 절단된 후 중심에 심부 온도 측정 센서를 삽입하고 포장재를 밀봉하였다. 포장재는 필름 두께에 따른 온도 변화 및 열전도 특성을 고려하여 PA/PE (150 mm $\times$ 200 mm, 15/60 μm)를 선정했다. 실험 조건으로 냉동 온도는 -40°C , 실험 시간은 40분으로 진행했다.

결과 및 고찰

1. 논문 및 시장조사

1) 냉동 식품 포장 현황

연구가 진행된 국내·외 논문을 분석하여 포장재와 내용물을 Table 1에 정리하였다. 육류, 생선류, 절단된 채소류 및 과일류가 주요 냉동 식품으로 이용되었다. 연포장 형태의 포장재를 이용한 연구가 주로 이루어진 것을 알 수 있었으며, 포장재 재질로는 폴리에틸렌(PE)과 폴리아미드(PA, nylon)와 폴리에틸렌의 다층필름이 주로 이용되었다. 폴리에틸렌은 가공이 용이하고 경제적이기 때문에 투명 또는 반투명 필름 형태로 식품포장에 널리 사용되고 있다⁶⁾. 폴리프로필렌(PP)은 내한성이 PE보다 낮으나 투명성, 인쇄 적성 및 내열성이 좋고⁷⁾, 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET)는 우수한 강도와 투명성이 뛰어나고, 식품과의 반응성이 거의 없다는 장점 때문에 각각 식품 포장에 사용되고 있다. PA/PE가 적용된 다층 필름이 진공 및 냉동 조건의 포장재로 많이 이용됨을 알 수 있었는데, 저온에서의 내충격성과 기계 차단성이 우수하기 때문인 것으로 파악된다. 일반적으로 다층 필름은 단층 필름에 비해 차단성이 높은 소재를 접합하기 때문에 보존성이 더 뛰어나서 유통기한이 더 길다⁸⁾.

소재정보은행에 등록되어 있는 내한성 플라스틱 소재를 파악함으로 시장에 상용화 되어있는 냉동 식품 포장 필름 소재 현황을 조사했다(Table 2)⁹⁾. 같은 제조사의 제품들은 하나의 묶어 정리하였으며 소재에 따라 분류하였다. PE와 PA 이외의 소재를 찾고자 하였으나 PE와 PA만이 냉동용, 내한성 필름으로 사용되는 것으로 조사되었다.

2) 냉동식품 포장 형태 및 재질

국내 대형 마트 및 전문 매장의 냉동 제품을 분석한 결

Table 1. Analysis of frozen packaging components and materials on literature

Packaging types	Packaging materials	Food components	References
Flexible film	PE, PET/PE	Bread	Novotni et al., 2011 ¹⁰⁾
	PA/PE	Herring fillets	Tolstorebrov et al., 2014 ⁵⁾
	PA/PE	Salmon	Indergård et al., 2014 ¹¹⁾
	PA/PE	Turkey meatballs	Karpińska-Tymoszczyk, 2014 ¹²⁾
	LDPE	Red meat	Chun et al., 2016 ¹³⁾
	PE	Rice cake	Ku & Park, 2017 ¹⁴⁾
	PE	Shiitake Mushrooms	Lee et al., 2015 ¹⁵⁾
	LLDPE	Frozen fruits and vegetables	Robertson, 2013 ¹⁶⁾
	LDPE	Common frozen food	Wagner, 2010 ¹⁷⁾
Plastic tray	PP	Shiitake Mushrooms	Lee et al., 2015 ¹⁵⁾

Table 2. List of frozen packaging materials registered in Materials Center⁹⁾

Material	Company	Grade
PE	Hanwha Chemical	3120
	Dow	ATTANE™ SL4101G ATTANE™ SL4102G
	Lyondellbasell	Petrothene NA340013, NA340141, NA340185, NA340212, NA340136
PA	JK Materials	121, 122, 151, 152, 251, 252
	UNITIKA	ONU-15 μ m, 25 μ m
	Toyobo	N1100-15 μ m

과는 Table 3과 같다. 포장재의 형태로는 플라스틱 파우치, 플라스틱 용기, 스탠드업 파우치, 종이 용기, 보냉팩 등이 쓰이고 있다. 조사한 냉동 식품의 포장에 이용된 포장 형태 별 사용 빈도를 분석한 결과, 플라스틱 파우치가 39.5%로 가장 많았으며, 플라스틱 용기(37.2%), 스탠드업 파우치(19.8%), 보냉팩(3.5%)순으로 사용되고 있음을 알 수 있었다(Table 3). 주로 파우치 형태의 연포장이 냉동식품에서는 가장 많이 이용되고 있었고 플라스틱 용기가 다음으로 이용되고 있는 포장 형태임을 확인하였다.

냉동식품용 1차포장 재질을 조사한 결과, PE와 PA/PE가 64.6%로 가장 많았으며, 다음으로 용기 형태의 PP(20.9%), PET(10.6%), Polystyrene(PS) 용기(2.3%) 순으로 조사되었다(Table 4). 앞선 논문 조사의 결과와 같이 가공성과 경제성, 저온 내충격성의 이유로 PE, PA/PE필름이 냉동식품에

가장 많이 쓰이는 것으로 분석되었다.

시장 조사결과 냉동식품 용량을 구간별로 구분한 결과는 Table 5와 같다. 가장 많은 구간은 300~500 g으로 47.6%를 차지하였고 다음으로 70~300 g이 32.6%, 500~1300 g이 19.8% 순으로 분석되었다. 냉동식품이 대용량 보다는 중·소용량으로 주로 판매되고 있는 것을 알 수 있었다.

2. 냉동과정에서 포장재에 의한 내부 온도변화

1) 필름 두께에 따른 온도변화

필름 두께에 따른 포장재 내부 온도변화는 Fig. 1에 나타내었다. -20℃까지 가장 빨리 도달하는 순서는 PP(35 μ m), PA/PE(15/60 μ m), PE(100 μ m), PA/PE(15/110 μ m)이었다. 동일 재질계로 구성된 PA/PE(15/60 μ m)와 PA/PE(15/110 μ m)에서 PE필름의 두께가 얇을수록 포장재 내부 온도가 외부

Table 3. Frequency of use by packaging type

Packaging type	Number	Ratio(%)
Plastic pouch	34	39.5
Plastic container	32	37.2
Standup pouch	17	19.8
Insulated pack	3	3.5

Table 4. Packaging materials for frozen foods

Packaging material	Number	Ratio (%)
PE, PA/PE	57	66.2
PP	18	20.9
PET	9	10.6
PS	2	2.3

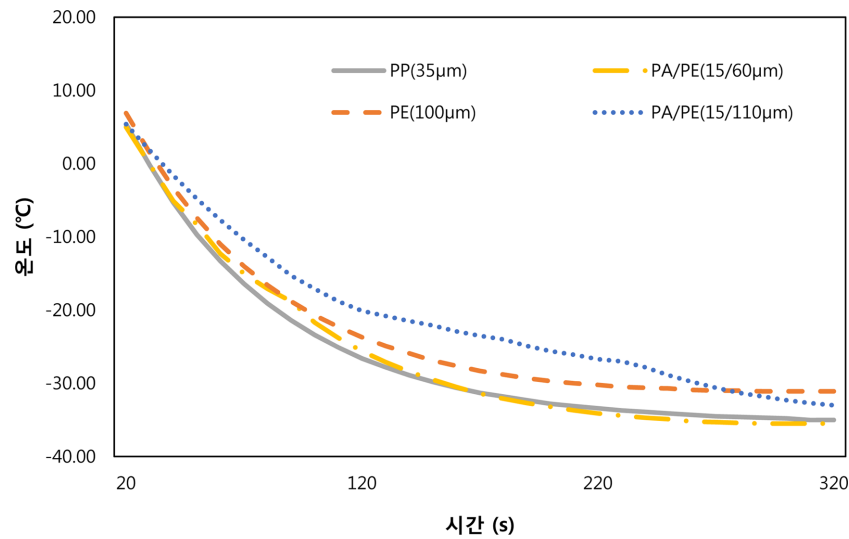


Fig. 1. The effect of packaging film thickness on temperature changes during frozen process

Table 5. Analysis of net weight of packaged frozen foods

Net weight of content	Number	Ratio(%)
70~300 g	28	32.6
300~500 g	41	47.6
500~1300 g	17	19.8

온도와보다 빠르게 균형을 이루게 된다. 즉, 열전도는 필름 두께에 반비례하는 것을 푸리에 법칙(1)을 통해 알 수 있다.

$$q = \frac{K \cdot A \cdot dT}{s} \quad (1)$$

여기에서 q 는 열전도(heat transfer, W), K 는 열전도도(thermal conductivity, $W/m \cdot K$), A 는 표면적(m^2), dT 는 필름 양쪽의 온도차(K), 그리고 s 는 필름 두께(m)를 나타낸다.

상용화 되어있는 냉동식품 포장 소재의 열전도도는 Table 6에 정리하였다. 포장재질 간의 열전도도의 차이는 크지 않으나 필름의 열전도도는 제시된 필름 중 PP가 가장 낮은 것으로 나타났다. PP($35 \mu m$) 필름은 열전도도가 PE에 비해 27% 정도 낮는데 비해 두께비율이 PE($100 \mu m$) 필름에 비해 65% 얇아 PP 필름이 가장 빠른 시간 내에 $-20^\circ C$ 에 이른 것으로 보인다. 다음으로 PA/PE($75 \mu m$) 필름은 PP($35 \mu m$) 필름보다 두께가 2배 이상 두꺼우나 열전도도가 다소 높고, 포장시 PP 필름보다 진공도가 있어 공기 층이 적은

Table 6. Thermal Conductivity by packaging materials

Material	Thermal Conductivity ($W/m \cdot K$)
Air	0.02
PET	0.31
LDPE	0.30
PA	0.25
PP	0.22

데 기인한 것으로 판단된다. 따라서, 급속 냉동 포장재 적용 시 포장재가 내한성 조건을 만족하는 범위에 있다면 열전도도와 필름의 두께가 우선 고려되어야 할 것으로 분석된다.

2) 포장재 내 공기 층 유무에 따른 온도변화

PA/PE($130 mm \times 200 mm$, $15/110 \mu m$) 포장재 내 공기 층 유무에 따른 온도변화를 Fig. 2에 나타내었다. 예상과 같이 공기 층을 제거한 포장재가 특정 온도에 도달하는 시간이 더 빠른 것으로 나타났다. 초기에는 20초 정도의 온도 도달 시간 차이를 보이다가 $-30^\circ C$ 에 도달하는 시간은 50초 이상의 차이를 보였다. 공기층의 두께를 측정하지 않아 공기층에 의한 온도 변화 정도는 측정하지는 못하였다. 이는 향후 연구과제로 진행하고자 한다. 포장 후 급속 냉동을 진행할 경우 내용물까지의 열 전달 속도 증가를 위해 진공 포장 혹은 스킨 포장 등과 같은 포장 기법을 적용하여야 유리함을 알 수 있다.

3) 포장된 적용 농산물 입자 크기에 따른 온도변화

PA/PE($150 mm \times 200 mm$, $15/60 \mu m$) 포장재 내 애호박 입자 크기에 따른 온도변화를 Fig. 3에 나타내었다. $-30^\circ C$ 에 도달 시간은 8 mm 샘플이 1480초이고, 15 mm 샘플은 2140초로 나타났다. 포장 후 급속 냉동을 할 경우 15 mm 이하의 입자 크기에서 40분 이내로 심부 온도가 $-35^\circ C$ 이하로 떨어짐을 알 수 있었다. 공식 (2)는 냉동시의 열량과 질량의 관계를 나타낸다.

$$L = \frac{Q}{m} \quad (2)$$

여기에서 L 은 잠열(kJ/kg), Q 는 열량(kJ), 즉 응고열, M 은 질량(kg)이다. 상변화에 필요한 열량은 물체의 질량이 커짐

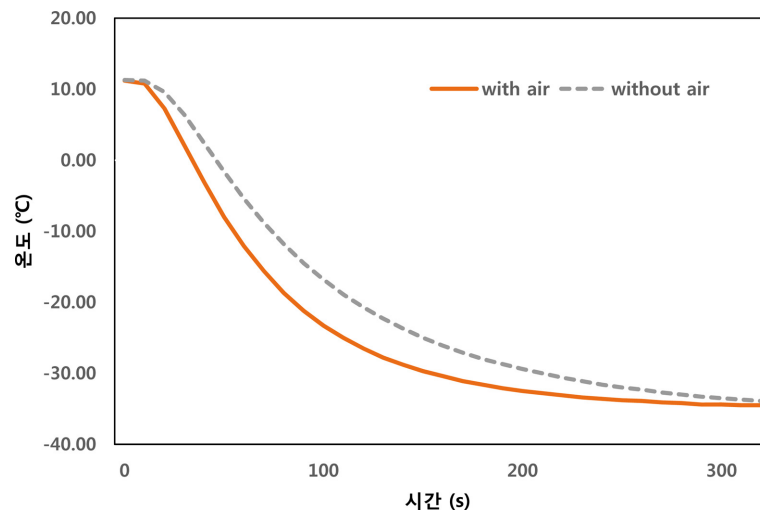


Fig. 2. The effect of air layer on temperature changes during frozen process.

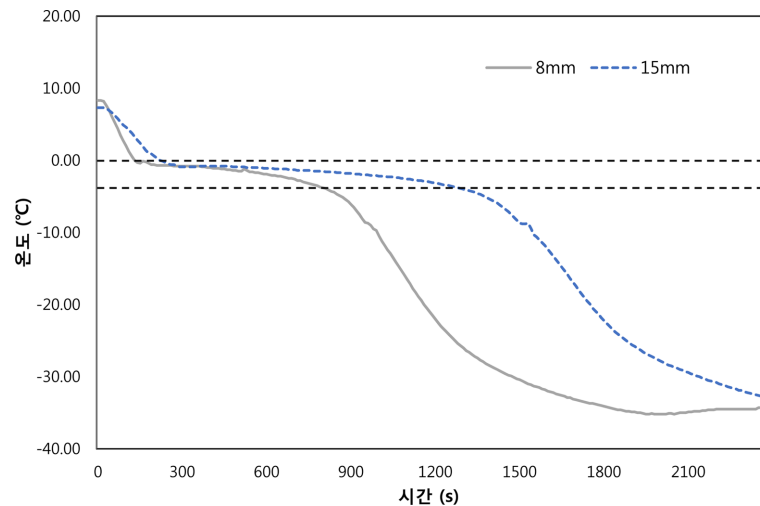


Fig. 3. The effects of packaged food size on the temperature change during frozen process.

에 따라 커지므로 -3°C 에서 0°C 사이의 상변화에 필요한 시간은 애호박 입자의 크기가 증가할수록 증가한다(Fig. 3). 15 mm 샘플이 8 mm 샘플에 비해 약 1.7배의 시간이 더 필요하였다. 빠른 수분의 상변화는 급속 냉동 공정에 중요한 영향을 미치므로 응고열 발산 시간이 짧을수록 급속 냉동이 가능하다.

요 약

본 연구는 냉동용 포장재의 현황 및 특성을 분석하기 위해 국내외 연구논문에서 이용된 냉동 식품용 포장재를 분석하였고 유통되고 있는 냉동 식품을 조사하였다. 또한 포장된 식품이 냉동되었을 때 포장재 내부의 온도 및 내용물의 심부 온도 변화를 분석하였다. 포장재 재질로는 폴리에틸렌(PE)과 폴리아마이드/폴리에틸렌(PA/PE) 다층필름이 주

로 이용되고 있음을 확인할 수 있었다. 냉동 식품의 포장에 이용된 포장 형태별 사용 빈도는 플라스틱 파우치가 39.5%로 가장 많았으며, 플라스틱 용기(37.2%), 스탠드업 파우치(19.8%), 보냉팩(3.5%)순으로 사용되었다. 포장된 후 냉동되는 제품의 포장에 의한 내용물의 냉각 속도 영향을 분석한 결과, 온도 변화에 대한 요인으로 필름의 종류보다 필름의 두께에 의한 것이 더 크게 작용하고 필름 내 공기 층은 온도 하강 속도에 영향을 주므로 공기 층을 제거한 포장재 냉각속도를 높이는 데 유리하였다. 냉동 조건에서의 내충격성과 유통 중 차단성을 고려하고, 열전도도가 상대적으로 높고 진공도를 높여 공기층을 줄일 수 있는 폴리아마이드/폴리에틸렌재질의 포장재의 선택과 두께를 최소화 하는 방안이 가장 효율적이라고 판단된다. 본 연구는 냉동식품용으로 이용되는 포장재 및 식품을 포장한 후 냉동을 진행할 경우 포장에 의한 온도 변화에 대한 기초 정보를 제공한다.

감사의 글

본 연구는 충북친환경채소클러스터의 지원(과제번호 2017-51-0250)에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Kim, H. Y., Oh, S. W., Chung, S. Y., Choi, S. H., Lee, J. W., Yang, J. Y., and Shin, I. S. 2011. An investigation of microbial contamination of ready-to-eat products in Seoul, Korea. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 43(1): 39-44.
2. Song, H. J., Chang, Y., Choi, J. C., Park, S., & Han, J. 2017. Analytical Survey on the Package Source, Components, and Various Characteristics of Processed Foods in Korea. 23(3): 173-181.
3. Kim, Y. B., Woo, S. M., Jeong, J. Y., Ku, S. K., Jeong, J. W., Kum, J. S., and Kim, E. M. 2013. Temperature changes during freezing and effect of physicochemical properties after thawing on meat by air blast and magnetic resonance quick freezing. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 33(6): 763-771.
4. Kim, J., Min, S., Choi, M., Yoo, S., Jo, Y., and Chun, J. 2015. Effect of Various Freezing and Thawing Methods on Physicochemical Characterization of Carrot. *Food Eng. Prog.* 19(4): 306-312.
5. Tolstorebrov, I., Eikevik, T. M., and Indergård, E. 2014. The influence of long-term storage, temperature and type of packaging materials on the lipid oxidation and flesh color of frozen Atlantic herring fillets (*Clupea harengus*). *International Journal of Refrigeration*. 40: 122-130.
6. Lee, K. T. 2000. The proper selection of packaging material for improvement of quality and safety of dairy products. *J. of Korean dairy Thchno. And Sci*, 18(2): 129-150.
7. Kim, D. W. 1990. Characteristic and types of materials for food packaging. *Food Sci. Ind.* 23: 12-35.
8. Gokhale, A. A., Lu, J., Parker, N. J., Izbicki, A. P., Sanyal, O., and Lee, I. 2013. Conductive oxygen barrier films using supramolecular assembly of graphene embedded polyelectrolyte multilayers. *Journal of Colloid and Interface Science*. 409(2013): 219-226.
9. Matcenter.org. 2018. chemicalBankContent[online] Available at: <http://www.matcenter.org/intro.do?cmd=chemicalBankContent> [Accessed 14 Mar. 2018].
10. Novotni, D., Ćurić, D., Galić, K., Škevin, D., Nederal, S., Kraljić, K., and Ježek, D. 2011. Influence of frozen storage and packaging on oxidative stability and texture of bread produced by different processes. *LWT - Food Science and Technology*. 44(3): 643-649. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.11.020>
11. Indergård, E., Tolstorebrov, I., Larsen, H., and Eikevik, T. M. 2014. The influence of long-term storage, temperature and type of packaging materials on the quality characteristics of frozen farmed Atlantic Salmon (*Salmo Salar*). *International Journal of Refrigeration*. 41: 27-36.
12. Karpińska-Tymoszczyk, M. 2014. The effect of antioxidants, packaging type and frozen storage time on the quality of cooked turkey meatballs. *Food Chemistry*. 148: 276-283.
13. Chun, H. H., Choi, E. J., Han, A. R., Chung, Y. B., Kim, J. S., and Park, S. H. 2016. Changes in quality of hanwoo bottom round under different freezing and thawing conditions. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 45(2): 230-238.
14. Ku, H. L. S., and Park, H. C. J. 2017. Quality Characteristics of Korean Rice Cake by Freezing Methods. *Korean J. Food Cook Sci*. 33(2): 148-154.
15. Lee, J. G., Kim, K. Il, Hwang, I. G., Yoo, S. M., Min, S. G., and Choi, M. J. 2015. Effects of various thermal treatments on physicochemical and nutritional properties of shiitake mushrooms. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 44(6): 874-881.
16. Robertson Gordon L. 2013. *Food Packaging Principles and Practice*. Taylor & Francis Group. United states of America. Third edition. pp. 501.
17. Wagner John R. Jr. 2010. *Multilayer Flexible Packaging*. Elsevier's Science & Technology Rights. Department in Oxford. UK. pp. 223-225.

투고: 2019.04.25 / 심사완료: 2019.04.26 / 게재확정: 2019.04.29