pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 38, No. 2, pp. 55~62 (2023)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2023.38.2.55

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

귤 과피 분말을 첨가한 피막제 처리에 의한 돈육의 저장성 향상

최현정[1] · 김용석[2]*
[1]전라북도보건환경연구원 식품분석과, [2]전북대학교 식품공학과

Improving the Shelf Life of Pork by using a Coating Agent with Mandarin Peel Powder

Hyeonjeong Choi[1], Yong-Suk Kim[2]*
[1]*Division of Food Analysis, Jeollabukdo Institute of Health & Environment Research, Imsil, Korea*
[2]*Department of Food Science and Technology, Jeonbuk National University, Jeonju, Korea.*

(Received March 28, 2023/Revised April 12, 2023/Accepted April 12, 2023)

ABSTRACT - This study aimed to investigate the effect of a coating agent on pork storage. Pork was coated with a coating agent containing sodium carboxymethyl cellulose (CMC) and mandarin peel powder (M). The treatments were divided into control, a 0.1% CMC treatment, and a 0.1% CMC +5% M treatment, and pH, color, 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), volatile basic nitrogen (VBN), and the number of viable cell counts were measured. In the case of redness (a), it was found that the reduction over the storage period was less in the 0.1% CMC + 5% M treatment than in the control and the 1% CMC treatment. When stored at 4°C and 25°C, TBARS of pork tended to increase during the storage period, followed by control, 0.1% CMC treatment, and 0.1% CMC + 5% M treatment, indicating that lipid oxidation was most suppressed in pork coated with mandarin peel powder. As a result of measuring the VBN of pork stored at 4°C and 25°C, the 0.1% CMC + 5% M treatment showed lower values than the control and 0.1% CMC treatment. When the film-coated pork was stored at 4°C, the number of viable cell counts in the 0.1% CMC +5% M treatment area was 7.13±0.96 log CFU/g on the 12th day of storage, delaying the growth of viable cell counts for approximately 3 d more than other treatments. Therefore, coating pork with a film containing CMC and mandarin peel powder has been confirmed to delay the increase in the number of viable cell counts while reducing the quality change during pork storage, which is an effective alternative to improving the storage of fresh food as an edible film.

Key words: Mandarin, Shelf life, 2-Thiobarbituric acid reactive substances, Volatile basic nitrogen, Coating agent

최근 식품의 유통환경은 급격하게 변화하고 있으며 이에 따라 소비자들의 소비 형태는 오프라인에서 온라인 소비로 점차 변화하고 있는 추세이다. 온라인에서 거래되고 있는 상품 중 식품 거래액의 비중이 커지고 있으며 그중 농·축·수산물의 온라인 거래액은 2018년에 2조 8,717억 원으로 기록되어 2017년 대비 24.0%가량 소비가 증가한 것으로 나타났다[1]. 이러한 소비 양상과 변화하는 유통환경을 고려할 때 식품, 그중에서도 농·축·수산물과 같은 신선식품의 온라인 거래는 꾸준히 증가할 것으로 예상된다. 신선식품은 일반 가공식품과 다르게 가공이 전혀 이루어지지 않은 상태로, 시간이 지날수록 품질변화가 급격히 진행되며 짧은 유통기한으로 식중독에 취약한 특징이 있다[2].

현재 우리나라의 경우 2007년 이후로 식중독 발생은 증감을 반복하고 있어 식중독을 제어할 수 있는 대안이 요구되는 실정이다. 식중독 발생 식품 중 발생 건수가 높은 식육 제품[3]은 저장하는 동안 이화학적 변화로 부패하기 쉬우며, 특히 미생물에 의한 오염은 육제품의 부패를 촉진시켜 저장 기간을 단축시킨다[4]. 온라인에서 식육 제품의 포장법으로 이용되고 있는 냉동 포장, 진공포장, MAP 포장(modified atmosphere packaging) 등의 방법은 저장 기간이 연장되는 이점이 있지만[5,6], 이와 같은 방법을 적용할 시 수분 손실, 육색 변화와 같은 문제가 발생하게 된

*Correspondence to: Yong-Suk Kim, Department of Food Science & Technology, Jeonbuk National University, Jeonju, 54896, Korea
Tel: +82-63-270-2567, Fax: +82-63-270-2572
E-mail: kimys08@jbnu.ac.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution,and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

다. 또한, 화학적 처리에 대한 소비자들의 거부감이 증가함에 따라 앞서 언급한 포장 방법의 단점을 보완하면서 식육의 선도를 유지하기 위한 다양한 시도가 이루어지고 있다[7,8].

기존 포장 방법을 대체할 대안으로 언급되는 가식성 필름을 사용하는 포장 방법은 환경에 무해하며 식품표면에 도포되어 식품의 한 부분으로 간주되기 때문에 환경친화적인 소재로 대두되고 있다[9,10]. 그중 carboxymethyl cellulose (CMC)는 무미, 무취, 무독성의 흰색 분말의 식품첨가물로, 값이 저렴하고 물에 잘 녹는 특징으로 많은 분야에서 폭넓게 이용되고 있다[11,12].

귤은 운향과(Rutaceae)의 식용 식물로 폴리페놀류와 비타민류 등 다양한 생리활성물질을 함유하는 것으로 알려져 있다[13-15]. 그중 안전성이 입증되어 식품첨가물로의 사용이 허용된 과피는 과육보다 생리활성물질이 많은 것으로 보고되고 있으며[16], 과피에 함유된 carotenoid와 bioflavonoid는 항염, 항암, 항산화 등 다양한 생리적 작용을 보인다고 알려져 있다[17,18].

현재까지 가식성 필름에 합성첨가물을 첨가하여 식품의 품질을 개선하기 위한 연구가 다양하게 진행되어 왔으나[19], 천연 첨가물을 가식성 필름에 응용한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 CMC에 감귤류 중 기능이 우수하다고 알려진 귤 과피를 분말 형태로 첨가하여 가식성 필름을 제조하였고 이를 온라인 시장에서 유통되고 있는 돈육에 적용하여 귤 과피가 첨가된 가식성 필름의 이용 가능성을 살펴보았다.

Materials and Methods

재료

귤(*Citrus reticulata*)은 2019년 제주도에서 수확한 것을 천하일품감귤농장(Seongnam, Korea)에서 구입하여 실험에 사용하였다. 돈육은 도축 후 4일이 지나지 않은 11 mm 두께의 삼겹살을 사용하였으며, 2019년에 온라인 판매점인 ㈜정육각(Seongnam, Korea)에서 구입하여 냉장보관하면서 사용하였다.

귤 과피의 분말화 및 피막제의 제조

귤은 베이킹소다로 표면을 세척하고 자연건조를 하여 물기를 제거하였다. 세척된 귤은 껍질을 박피한 후 60°C의 convection dry oven (FC-1D-2, MEMMERT, Schwabach, Germany)에서 6시간 건조하고, 믹서기(HMF-3300, Hanil Electric Co., Seoul, Korea)로 분쇄하여 분말화 하였다. 입자 크기를 조절하기 위해 100 mesh로 여과된 분말을 추후 실험을 위해 -18°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

피막제로 사용한 sodium carboxymethyl cellulose (CMC, Bread Garden Ltd., Seoul, Korea는 증류수에 CMC를 첨가하여 0.1% 농도로 제조하였으며, 완전한 용해를 위해 제조 후 24시간 방치시켰다. 실험을 위한 처리구는 대조구, CMC 0.1% 처리구, CMC 0.1% + 귤 과피 5% 처리구(CMC 0.1% + M 5%)를 사용하였다. 분말이 고르게 혼합되도록 vortex mixer (Model Vortex-Genie 2, Science Industries Inc., Bohemia, NY, USA)로 진탕하여 제조한 후 즉시 실험에 사용하였다.

돈육의 코팅 처리

귤 과피 분말을 첨가한 피막제를 이용한 돈육의 코팅은 Shin 등[20]의 방법에 따라 진행하였다. 돈육 시료로 사용한 삼겹살은 지방과 살코기 부분을 적절히 함유하도록 일정한 크기(7×3 cm)로 세절하여 사용하였다. 일정 크기의 돈육은 제조된 피막제 용액에 5초간 침지한 후 페트리디쉬에 옮겨 10분 동안 상온에서 건조하였으며 본 과정을 2번 반복하였다. 코팅된 돈육은 PE 필름에 옮겨 impulse hot sealer (NT400-2, Hanato, Gimcheon, Korea)로 밀봉하고 4°C와 25°C에서 14일간 저장하면서 2일 간격으로 품질을 평가하였다.

pH

저장 기간에 따른 귤 과피 피막제로 코팅된 돈육의 pH는 Wu 등[21]의 방법으로 측정하였다. 즉 시료 5 g에 증류수 45 mL를 가한 뒤 균질기(Model ULTRA-TURRAX T25, IKA Staufen, Germany)로 균질화하고 이것을 거름종이(Whatman No.2, Whatman International Ltd., Maidstone, England)로 여과한 후, pH meter (Model Orion 3 star, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)로 pH를 측정하였다.

색도 측정

돈육의 색도는 색차계(Model SUPER-80, Tokyo, Japan)로 측정하였다. Hunter scale에 따라 L (lightness, 명도), a (redness, 적색도), b (yellowness, 황색도) 값을 3회 반복 측정한 후 평균값으로 나타내었다[4]. 색도 측정을 위해 백색판으로 표준화한 값은 각각 L=92.01, a=-0.14, b=3.63 이었다.

2-Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) 측정

귤 과피 피막제로 코팅된 돈육의 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) 측정 방법은 Witte 등[22]의 방법으로 측정하였다. 시료 5 g과 증류수 15 mL를 homogenizer (Model ULTRA-TURRAX T25, IKA, Staufen, Germany)로 균질화한 후, 거름종이(Whatman No.1, Whatman International Ltd.)로 여과하여 얻은 상층액 1 mL를 20 mM 2-thiobarbituric acid (TBA)/20% trichloroacetic acid (TCA) 2 mL와 혼합하였다. 혼합액은 vortex mixer를 이용하여 진

탕한 후 100°C의 항온수조에서 15분간 가열하여 반응시켰다. 이후 반응 정지를 위해 10분 동안 실온에서 방치시키고 0.45 μm syringe filter (disposable membrane filter SC25P045S, Hyundai Micro Co., Ltd., Seoul, Korea)를 사용하여 반응액을 여과하였다. TBARS 함량은 여과된 반응액을 UV-spectrophotometer (UV-1800, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용하여 531 nm에서 측정하고, 측정된 흡광도로 지질 산화 정도를 비교하였다.

Volatile basic nitrogen (VBN) 함량

VBN 함량은 conway unit을 이용한 미량확산법으로 Park 등[23]의 방법을 이용하였다. 시료 5 g에 증류수 45 mL를 가하고 균질기(Model ULTRA-TURRAX T25, Staufen, Germany)로 균질화하여 얻은 시료를 거름종이(Whatman No. 1)로 여과하였다. Conway unit의 내실에 0.01 N H_3BO_3 1 mL와 Bruswik 지시약(0.066% methylene blue in ethanol: 0.066% methyl red in ethanol=1:1) 50 μL, 외실에는 50% K_2CO_3 1 mL와 여과액 1 mL를 주입 후 즉시 뚜껑을 닫아 클립으로 밀폐시키고 37°C의 배양기에서 90분간 정치하였다. VBN 함량은 내실의 H_3BO_3을 0.02 N 황산(H_2SO_4)으로 적정하여 소요된 0.02 N 황산의 양을 아래의 식에 대입하여 값을 산출하였다.

$$VBN\ (mg\%) = (a - b)f/S \times 2.80 \times 100 \times d$$

a: 시료의 적정량(mL)
b: 공시험의 적정량(mL)
f: 0.02 N H_2SO_4의 표준화 지수
S: 시료의 무게
d: 희석배수

일반세균 수 측정

저장 기간에 따른 돈육의 일반세균수를 1일 간격으로 14일 동안 측정하였다. 각 처리구에서 무균적으로 채취한 돈육 10 g과 0.1% 펩톤수 90 mL를 Whirl-Pak에 넣고 stomacher blender (BagMixer 400, Interscience, Saint Nom, France)를 이용하여 1분간 균질화하였다[24]. 균질화한 돈육은 적절한 배수로 희석하고 표준한천배지에 1 mL 접종하여 36°C에서 48-72시간 배양시킨 후 나타난 colony를 log CFU/g으로 나타내었다.

통계처리

실험 결과는 3회 반복 측정한 후 평균±표준편차로 나타내었다. 시료 간 평균값 차이에 대한 유의성은 SAS program (ver. 19.0, SAS Inc., Cary, NC, USA)[25]을 이용하여 분산분석을 하였으며, 통계적 유의성은 5% 수준에서(P<0.05) Duncan's multiple range test로 검정하였다.

Results and Discussion

피막제로 처리한 돈육의 pH

귤 과피 피막제로 코팅된 돈육의 저장온도별 pH 변화는 Table 1과 같다. 4°C에서 저장된 돈육의 pH는 저장 초기 6.18±0.01-6.21±0.00 범위로 처리구별로 차이가 없었으며, 저장 14일 후에도 6.02±0.01-6.16±0.01로 나타나 처리구 및 저장기간에 따라 큰 차이는 나타나지 않았다. 이는 식육 품질에 영향을 끼치는 미생물의 생육이 저온에서 억제되어 나타난 결과로 추정된다. Kim[26]은 고기를 냉장 온도에서 보관할 때 미생물의 생육을 지연시킴으로써 저장기간을 연장시킬 수 있다고 보고하였다. 식육에 미생물이 다량 존재하면 미생물이 분비하는 효소에 의해 단백질의 분해가 일어나게 되고 이는 저분자량의 무기태 질소의 함량을 증가시켜 pH에 영향을 줄 수 있다[27].

25°C에서 저장한 돈육의 pH는 저장 초기 6.18±0.01-6.21±0.00 범위에서 저장 14일 후 7.30±0.01-7.41±0.01로 나타나 저장기간에 따라 모든 처리구에서 전반적으로 증가하는 경향을 보였다. 특히 CMC 0.1%+M 5% 처리구의 경우 저장 4일에 pH 6.45±0.01에서 저장 6일에 pH 7.24±0.00으로 급격히 증가하는 변화를 보였다. 14일의 저장 후 대조구, CMC 0.1% 처리구, CMC 0.1%+M 5% 처리구의 pH는 각각 7.35±0.02, 7.30±0.01, 7.41±0.01을 나타내 CMC 0.1%+M 5% 처리구에서 가장 높은 것으로 나타났다. 식육의 저장 중 pH가 상승하는 것은 사후강직 이후에 식육 내의 아미노산이 분해되고 혐기성 부분의 노출이 증가하기 때문이다[27]. 이외에 식육의 숙성 과정에서 단백질 완충물질의 변화, 암모니아의 생성 등은 식육의 pH 변화에 영향을 줄 수 있다[29].

4°C에서 저장된 시료의 pH는 처리구 간 차이가 적어 피막제의 처리 효과가 저온에서는 미미한 것으로 나타났다. 25°C에서 저장된 CMC 0.1%+M 5% 처리구의 pH는 저장 초기 다른 처리구와 큰 차이를 보이지 않았으나 저장 10일 이후에는 대조구보다 높은 값을 나타내었다. 이는 저장 기간 중 돈육과 귤 과피의 상호작용으로 pH의 변화가 발생한 것으로 추정된다.

피막제로 처리한 돈육의 색도

귤 과피 피막제로 코팅된 돈육을 4°C 및 25°C에 저장하는 동안 명도(Lightness)의 변화는 Table 1과 같다. 4°C에서 저장된 돈육의 저장 초기 명도는 CMC 0.1%+M 5% 처리구에서 가장 높은 54.26±0.06을 나타내 대조구(48.82±0.00) 및 CMC 0.1% 처리구(48.95±0.01)보다 높았다. 이러한 경향은 저장기간 중 비슷하게 유지되었으나 저장 14일에는 CMC 0.1%+M 5% 처리구에서 37.70±0.00으로 다른 처리구보다 낮게 나타났다. 25°C에서 저장한 돈육의 명도 값은 저장 초기 CMC 0.1% 처리구 및 CMC 0.1%+M 5%

Table 1. Changes of pH and Hunter's color value in pork coated with coating agents during storage at 4°C and 25°C

Items	Tempe-rature	Treatments	Storage period (day)							
			0	2	4	6	8	10	12	14
pH	4°C	Control	6.18±0.01[1)c2)]	6.20±0.01[b]	6.09±0.00[c]	6.08±0.01[b]	6.08±0.01[c]	6.18±0.01[c]	6.15±0.01[a]	6.16±0.01[a]
		CMC[3)] 0.1%	6.21±0.00[b]	6.25±0.01[a]	6.20±0.01[a]	6.20±0.02[a]	6.19±0.00[b]	6.32±0.01[b]	6.15±0.01[a]	6.14±0.03[a]
		CMC 0.1%+M[4)] 5%	6.20±0.02[a]	6.26±0.01[a]	6.18±0.00[b]	6.23±0.01[a]	6.31±0.02[a]	6.37±0.00[a]	5.98±0.01[b]	6.02±0.01[b]
	25°C	Control	6.18±0.01[c]	6.18±0.01[a]	6.61±0.00[a]	6.94±0.01[a]	6.97±0.01[a]	7.21±0.01[b]	7.32±0.01[c]	7.35±0.02[c]
		CMC 0.1%	6.21±0.00[b]	6.40±0.02[b]	7.01±0.01[b]	7.31±0.01[c]	7.34±0.01[c]	7.29±0.01[c]	7.23±0.00[b]	7.30±0.01[b]
		CMC 0.1%+M 5%	6.20±0.02[a]	6.26±0.02[c]	6.45±0.01[c]	7.24±0.00[b]	7.31±0.01[b]	7.50±0.01[a]	7.37±0.02[a]	7.41±0.01[a]
L[5)]	4°C	Control	48.82±0.00[c]	48.76±0.00[c]	47.86±0.00[c]	44.53±0.00[c]	44.50±0.01[c]	41.87±0.01[c]	41.12±0.01[b]	40.52±0.01[a]
		CMC 0.1%	48.95±0.01[b]	48.91±0.01[b]	48.01±0.01[b]	45.84±0.01[b]	45.60±0.01[b]	44.60±0.01[b]	40.78±0.00[c]	39.80±0.00[b]
		CMC 0.1%+M 5%	54.26±0.06[a]	54.16±0.06[a]	51.61±0.01[a]	49.51±0.01[a]	48.80±0.00[a]	46.23±0.00[a]	43.51±0.01[a]	37.70±0.00[c]
	25°C	Control	51.04±0.01[c]	50.99±0.01[c]	50.34±0.01[c]	45.99±0.01[c]	45.45±0.00[c]	43.31±0.01[c]	39.18±0.01[c]	38.09±0.01[b]
		CMC 0.1%	58.36±0.02[a]	58.42±0.02[a]	54.01±0.00[a]	50.16±0.01[a]	49.27±0.01[b]	47.26±0.01[b]	41.47±0.01[a]	34.08±0.01[c]
		CMC 0.1%+M 5%	57.51±0.01[b]	57.56±0.01[b]	51.68±0.00[b]	49.79±0.00[b]	49.55±0.00[a]	47.26±0.01[a]	40.06±0.00[b]	39.93±0.00[a]
a[6)]	4°C	Control	9.88±0.21[c]	9.85±0.21[c]	6.98±0.00[c]	6.41±0.01[c]	5.51±0.01[c]	5.10±0.00[c]	4.65±0.01[c]	3.49±0.01[b]
		CMC 0.1%	12.12±0.00[a]	12.10±0.00[a]	7.30±0.00[b]	7.13±0.01[b]	6.87±0.01[b]	6.63±0.01[b]	6.23±0.00[b]	3.41±0.01[c]
		CMC 0.1%+M 5%	11.07±0.00[b]	11.01±0.00[b]	8.12±0.00[a]	8.09±0.00[a]	8.12±0.00[a]	7.01±0.01[a]	6.79±0.00[a]	5.83±0.00[a]
	25°C	Control	5.86±0.01[a]	5.79±0.01[a]	4.51±0.01[b]	4.46±0.08[b]	2.09±0.00[b]	1.15±0.01[b]	0.50±0.00[b]	0.16±0.00[b]
		CMC 0.1%	5.71±0.00[b]	5.59±0.00[b]	3.89±0.00[c]	3.59±0.00[c]	0.69±0.06[c]	0.17±0.00[c]	0.16±0.01[c]	0.09±0.00[c]
		CMC 0.1%+M 5%	5.22±0.00[c]	5.06±0.00[c]	4.67±0.01[a]	4.66±0.00[a]	3.67±0.01[a]	2.54±0.00[a]	2.40±0.01[a]	1.83±0.00[a]
b[7)]	4°C	Control	6.93±0.04[b]	6.88±0.04[b]	7.27±0.02[b]	7.35±0.01[c]	7.71±0.01[c]	7.79±0.00[c]	7.80±0.01[c]	7.87±0.03[c]
		CMC 0.1%	6.37±0.01[c]	6.34±0.01[c]	7.22±0.01[c]	8.58±0.01[b]	8.71±0.01[b]	8.56±0.51[b]	9.29±0.01[b]	9.75±0.01[b]
		CMC 0.1%+M 5%	9.92±0.00[a]	9.78±0.00[a]	10.22±0.01[a]	11.05±0.00[a]	11.50±0.01[a]	12.46±0.00[a]	13.61±0.01[a]	14.03±0.00[a]
	25°C	Control	6.44±0.00[b]	6.50±0.00[b]	6.66±0.01[b]	7.15±0.00[c]	7.33±0.00[c]	7.51±0.00[c]	7.93±0.00[c]	8.58±0.00[c]
		CMC 0.1%	6.13±0.00[c]	6.20±0.00[c]	6.74±0.06[b]	7.78±0.02[b]	8.01±0.00[b]	8.84±0.00[b]	9.90±0.01[b]	9.96±0.01[b]
		CMC 0.1%+M 5%	9.55±0.01[a]	9.61±0.01[a]	10.85±0.01[a]	10.92±0.09[a]	11.34±0.01[a]	12.39±0.00[a]	12.91±0.00[a]	13.92±0.00[a]

[1)] Values are mean±standard deviation (n=3).
[2)] Values within a column followed by different superscripts at same storage period and temperature are significantly different at $P<0.05$.
[3)] CMC: Sodium carboxymethyl cellulose.
[4)] M: Mandarin peel powder.
[5)6)7)] L, a, b: Hunter's color value.

처리구에서 각각 58.36±0.02와 57.51±0.01로서 대조구보다 높았으며, 이러한 경향은 저장 12일까지 비슷하게 유지되었다. 그러나 저장 14일에는 CMC 0.1% 처리구에서 34.08±0.01로 다른 처리구보다 낮게 나타났다. 돈육의 명도는 4°C와 25°C 저장시 모든 처리구에서 전반적으로 감소하는 경향을 보였으며 저장 기간이 길어질수록 큰 폭으로 감소하였다. CMC 0.1% 처리구 및 CMC 0.1%+M 5% 처리구의 돈육은 저장 12일까지 명도의 변화가 비슷한 경향을 보였으며, 대조구보다 대체로 높게 유지되어 이들 피막제의 처리가 돈육의 명도가 감소하는 것을 지연시키는 것으로 나타났다.

귤 과피 피막제로 코팅된 돈육을 4°C 및 25°C에 저장하는 동안 적색도(redness)의 변화는 Table 1과 같다. 4°C에서 저장된 돈육의 저장 초기 적색도는 CMC 0.1% 처리구에서 가장 높은 12.12±0.00을 나타내 대조구(9.88±0.21) 및 CMC 0.1%+M 5% 처리구(11.07±0.00)보다 높았다. 그러나 저장 4일 이후에는 CMC 0.1%+M 5% 처리구에서 가장 높은 적색도를 나타냈으며, 저장 14일에는 CMC 0.1%+M 5% 처리구에서 5.83±0.00으로 다른 처리구보다 높게 나타나 감소폭이 가장 적었다. 4°C에서 저장시 모든 처리구의 적색도는 저장 기간에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 저장 4일 이후에 모든 처리구의 적색도는 약 3 이상 감소한 수치를 보이며 급격한 변화가 나타났는데, 이는 저장 기간 동안 식육의 적색도가 감소하였다고 보고한

Kim 등[30]의 연구 결과와 비슷한 경향을 나타냈다. 25°C에서 저장한 돈육의 적색도 값은 저장 초기 CMC 0.1%+M 5% 처리구에서 5.22±0.00으로 다른 처리구에 비해서 가장 낮았으나 저장 14일에는 1.83±0.00으로 가장 높아 다른 처리구보다 감소폭이 적어 저장기간 중 적색도의 변화가 가장 적은 것으로 나타났다. 25°C에 저장한 CMC 0.1% 처리구의 적색도가 저장기간 동안 대조구보다 낮은 적색도를 나타내었는데, 이는 돈육 패티를 CMC로 코팅하여 저장성을 평가한 Jin 등[31]의 연구결과와 비슷한 경향을 나타냈다. 돈육에 함유된 oxymyoglobin은 저장 중 다양한 요인에 의해 산화되어 metmyoglobin이 되고 이는 돈육의 색을 암갈색으로 변색시킨다[32,33]. 이들의 연구 결과와 비슷하게 각 온도에서 저장된 돈육의 적색도 값은 저장 기간 동안 감소했으며, 그 중 귤 과피 피막제로 코팅된 돈육은 이를 지연시키는 데에 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

귤 과피 피막제로 코팅된 돈육을 4°C 및 25°C에 저장하는 동안 황색도(yellowness)의 변화는 Table 1과 같다. 4°C에서 저장된 돈육의 저장 초기 황색도는 CMC 0.1%+M 5% 처리구에서 다른 처리구보다 높은 9.92±0.00을 나타냈으며 이러한 경향은 저장기간 동안 계속 유지되어 저장 14일에 14.03±0.00으로서 대조구(7.87±0.03) 및 CMC 0.1% 처리구(9.75±0.01)보다 높게 나타났다. 이는 피막제로 사용된 귤 과피의 고유의 색이 영향을 끼친 것으로 추정된다. 25°C에서 저장한 돈육의 황색도 값의 변화도 4°C 저장의 경우와 비슷한 경향을 보였으며, 저장 14일째에 CMC 0.1%+M 5% 처리구에서 다른 처리구보다 높은 13.92±0.00을 나타냈다. 4°C와 25°C에 저장한 돈육의 황색도 값은 처리구별로 증가하는 양상이 유사하게 나타나 CMC 0.1%+M 5% 처리구, CMC 0.1% 처리구, 대조구 순으로 높게 나타났다.

귤 과피에는 carotenoid계 물질이 다량 함유되어 있으며 적황색 색소인 α-카로틴, β-카로틴이 다른 과채류보다 많이 포함되어 있다[34]. 저장 기간 중 귤 과피 피막제로 코팅된 돈육의 색도(L, a, b)가 높게 측정된 것은 귤 과피에 함유된 성분에 의한 것으로 추정된다. 또한, 돈육의 색은 저장 환경의 다양한 요인에 의해 변색되는데 주로 산화에 의해 발생하게 된다[32,33]. 귤 과피 피막제로 코팅된 돈육의 명도와 적색도 값이 높게 측정된 이유는 귤 과피에 풍부한 폴리페놀 성분이 산화를 억제하며 나타난 결과[35]로 추정된다. 본 실험 연구 결과를 종합했을 때 귤 과피 피막제로 코팅된 돈육의 색도는 대조구에 비해 변화가 적게 나타나 신선육에서 나타나는 특징이 비교적 장기간 유지되는 것으로 생각된다.

TBARS

TBARS는 지방의 산화에 의해 생성되는 malonaldehyde와 thiobarbituric acid가 반응하여 나타나는 붉은색의 강도를 측정하여 나타낸 값이다. 따라서 TBARS 값이 클수록 지방질의 산패가 많이 진행되었음을 의미하며 지방의 산패는 산패취, 연화, 영양 손실 등의 문제를 발생시킨다[36].

4°C와 25°C에서 저장한 돈육의 저장 기간별 TBARS 변화는 Fig. 1과 같다. 4°C에서 세 처리구의 TBARS는 저장 10일까지 큰 차이가 나타나지 않았으나 12일 경과 후 대조구, CMC 0.1% 처리구, CMC 0.1%+M 5% 처리구 순으로 높게 나타났다. 25°C에서 저장한 경우에도 대조구의 TBARS는 큰 폭으로 증가하였으며 저장 14일째의 TBARS 값이 0.246±0.002로써 가장 높은 값을 나타내었다. 그러나 CMC 0.1%+M 5% 처리구의 경우 저장 14일째의 TBARS 값이 0.176±0.002로 다른 처리구보다 유의적으로 낮어 지방의 산화가 가장 많이 지연된 것으로 나타났다. Brewer 등[37]은 지방이 산화되면서 생성된 과산화물이 알데히드, 케톤, 유기산 등의 2차 대사산물로 분해되어 TBARS 값이 증가한다고 보고하였으며, 식육의 지질 산화는 미생물과 각종 효소에 의해 일어난다고 보고하였다. 본 연구에서 각 처리구의 TBARS 변화는 산화와 미생물의 작용에 의한 결과로 추정되며, CMC 0.1%+M 5% 처리구의 TBARS 값이 낮게 나타난 것은 강력한 산화방지 물질로 알려진 vitamin C와 페놀성화합물이 귤 과피에 다량 함유되어 있어[38] 이들 물질이 돈육의 지질 산화 반응을 억제하였기 때문인 것으로 생각된다.

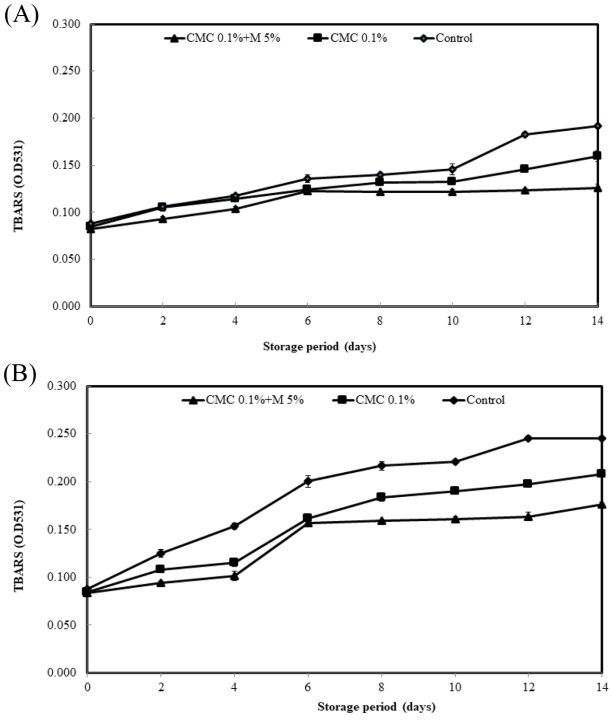

Fig. 1. TBARS variation according to the storage period of the coated pork stored on (A) 4°C and (B) 25°C. CMC: Sodium carboxymethyl cellulose, M: Mandarin peel powder.

VBN 함량

VBN 함량은 단백질 분해 정도를 나타내어 신선육의 선도를 나타내는 지표로 사용되고 있으며, 식품의 기준 및 규격[3]에서는 식육 제품의 VBN 함량을 20 mg% 이하로 규정하고 있다.

4°C와 25°C에서 저장한 돈육의 저장 기간에 따른 VBN 함량의 변화는 Fig. 2와 같다. 4°C에서 14일 동안 저장한 대조구, CMC 0.1% 처리구 및 CMC 0.1%+M 5% 처리구의 VBN 함량은 각각 3.67±0.00 mg%, 2.66±0.00 mg%, 1.60±0.00 mg%로 나타나 CMC 0.1%+M 5% 처리구에서 가장 낮게 나타났으며, 이는 이 처리구에서 단백질 분해가 가장 적게 일어났다는 것을 의미한다. 25°C에서 저장한 돈육의 VBN 함량은 4°C의 결과와 유사하게 CMC 0.1%+M 5% 처리구의 값이 가장 낮게 나타났다. 25°C에서 저장된 대조구와 CMC 0.1% 처리구의 저장 6일째 VBN 함량은 각각 27.22±1.12 mg%, 23.66±0.38 mg%로 나타나 식품의 기준 및 규격[3]에서 식육 제품에 규정하는 20 mg%를 넘었다. 그러나 CMC 0.1%+M 5% 처리구의 VBN 함량은 저장 8일에 23.44±0.75 mg%로 나타나 다른 처리구보다 2일 정도 단백질 분해를 지연되는 것으로 나타났다. 저장 14일째 VBN 함량은 대조구, CMC 0.1% 처리구, CMC 0.1%+M 5% 처리구 순으로 높았다. Leon Crespo 등[39]은 VBN 함량에 영향을 끼치는 요인으로 미생물이 결정적인 역할을 한다고 보고하였는데, 본 연구에서 CMC 0.1%+M 5% 처리구의 VBN 함량이 낮게 측정된 것은 여러 연구에서 항균 활성이 입증된 귤 과피가 돈육의 미생물을 억제함에 따라 단백질 분해가 지연[40,41]된 것으로 추정된다.

일반세균

4°C 및 25°C에서 저장한 돈육의 일반세균 수의 변화는 Fig. 3과 같다. 4°C에서 저장된 대조구와 CMC 0.1% 처리구의 일반세균 수는 저장 10일에 각각 7.61±0.00 log CFU/g, 7.02±1.10 log CFU/g을 나타내어 ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods)에서 제시하는 한계허용수준인 7 log CFU/g[42]을 넘어섰다. 그러나 CMC 0.1%+M 5% 처리구의 일반세균 수는 저장 12일에 7.13±0.96 log CFU/g을 나타내어 다른 처리구보다 3일 정도 일반세균의 증식을 지연시켰다. 저장 14일에 일반세균 수는 대조구, CMC 0.1% 처리구, CMC 0.1%+M 5% 처리구에서 각각 8.92±0.18 log CFU/g, 8.82±0.55 log CFU/g, 7.71±0.70 log CFU/g으로 나타나 CMC 0.1%+M 5% 처리구에서 비교적 저온인 4°C에서 일반세균의 증식을 지연시키는 데 효과가 있는 것으로 나타났다.

25°C에서 저장한 세 처리구의 일반세균 수는 저장기간 중 모두 증가하는 양상을 보였으며 대조구는 저장 14일에 10.98±0.75 log CFU/g으로 나타나 일반세균 수가 가장 많이 증가하였다. CMC 0.1% 처리구와 CMC 0.1%+M 5%

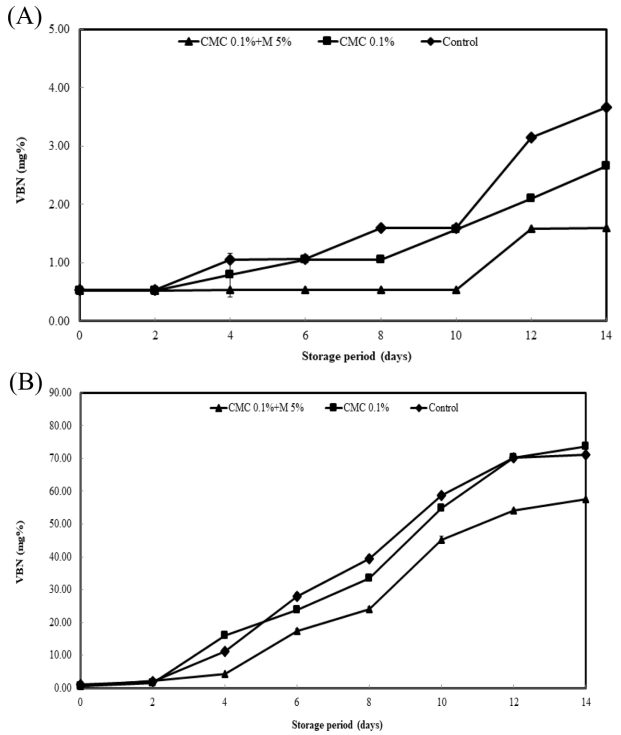

Fig. 2. VBN contents variation according to the storage period of the coated pork stored on (A) 4°C and (B) 25°C. CMC: Sodium carboxymethyl cellulose, M: Mandarin peel powder.

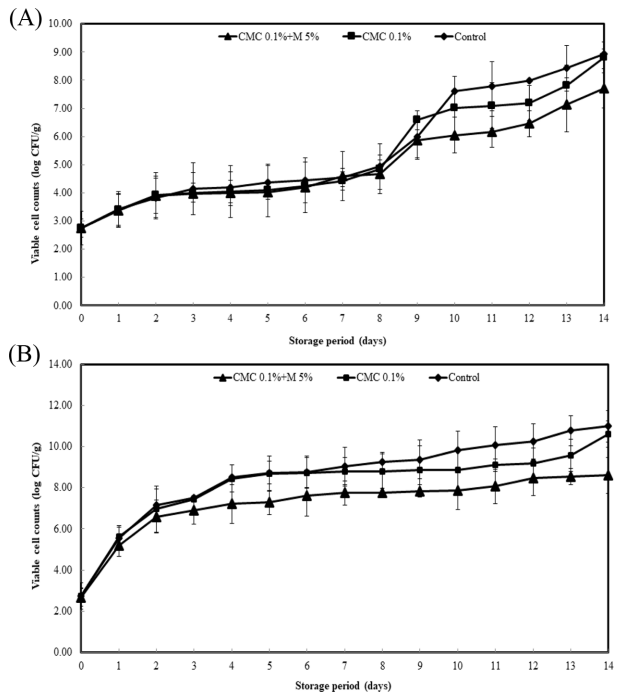

Fig. 3. Change in viable cell counts according to the storage period of the coated pork stored on (A) 4°C and (B) 25°C. CMC: Sodium carboxymethyl cellulose, M: Mandarin peel powder.

처리구의 저장 14일째 일반세균 수는 각각 10.61±0.65 log CFU/g, 8.60±0.87 log CFU/g으로 나타나 CMC 0.1%+M 5% 처리구에서 저장기간 동안 일반세균의 증식이 억제되는 것을 확인하였다. Yi 등[43]은 6종의 식품 유해균에 귤 과피 추출물을 적용한 결과 귤 과피가 미생물의 증식을 억제하는 데 효과적이었으며, 귤 과피에 포함된 hesperidin이 이에 크게 기여한다고 보고하였다. 또한 영귤 과피 추출물을 Gram 양성균에 적용하였을 때 특정 균주의 증식을 억제하는 데 효과가 있다고 보고하였다[16]. 본 연구에서 CMC 0.1%+M 5% 처리구에서 나타난 일반세균의 증식을 억제하는 효과는 이들 연구 결과와 비슷하였으며 이는 과피에 함유된 페놀성화합물에 의해 기인된 결과[44]로 추정된다.

국문요약

돈육에 sodium carboxymethyl cellulose (CMC) 및 귤 과피 분말을 첨가한 피막제를 코팅하여 저장기간 중 돈육의 저장성에 미치는 영향을 조사하였다. 처리구는 대조구, CMC 0.1% 처리구 및 CMC 0.1%+M(귤 과피 분말) 5% 처리구로 나누었으며, 피막제의 코팅이 돈육의 품질에 미치는 영향을 조사하기 위하여 pH와 색도, TBARS, VBN 및 일반세균 수를 측정하였다. 돈육을 4°C에서 저장한 모든 처리구의 pH는 처리구 간 차이가 적어 피막제의 처리 효과가 저온에서는 적은 것으로 나타났다. 돈육을 25°C에서 저장했을 때 CMC 0.1% 처리구 및 CMC 0.1%+M 5% 처리구의 돈육은 저장 12일까지 명도(L)의 변화가 비슷한 경향을 보였다. 적색도(a)의 경우 CMC 0.1%+M 5% 처리구에서 대조구 및 CMC 1% 처리구보다 저장기간에 따른 감소가 적은 것으로 나타났다. 돈육의 TBARS를 측정한 결과 4°C와 25°C에서 저장했을 때 모든 처리구에서 저장기간 중 증가하는 경향이 나타났으며 대조구, CMC 0.1% 처리구, CMC 0.1%+M 5% 처리구 순으로 높아 귤 과피로 코팅한 돈육에서 지질의 산화가 가장 많이 억제되는 것으로 나타났다. 4°C 및 25°C에서 저장한 돈육의 VBN을 측정한 결과 CMC 0.1%+M 5% 처리구에서 모두 대조구 및 CMC 0.1% 처리구보다 낮은 값을 나타냈다. 피막제로 코팅된 돈육을 4°C에서 저장했을 때 CMC 0.1%+M 5% 처리구의 일반세균 수는 저장 12일째에 7.13±0.96 log CFU/g을 나타내어 다른 처리구보다 3일 정도 일반세균의 증식을 지연시켰다. 25°C에서 저장했을 때 CMC 0.1% 처리구와 CMC 0.1%+M 5% 처리구의 저장 14일째 일반세균 수는 각각 10.61±0.65 log CFU/g, 8.60±0.87 log CFU/g으로 나타나 CMC 0.1%+M 5% 처리구에서 저장기간 동안 일반세균의 증식이 억제되는 것을 확인하였다. 따라서 CMC와 귤 과피 분말을 첨가한 피막제로 돈육을 코팅했을 때 돈육의 저장 중 품질 변화를 적게 하면서 일반세균 수의 증가도 지연시키는 효과가 있는 것으로 확인되어 가식성 필름으로서 신선식품의 저장성을 향상시킬 수 있는 효과적인 대안이라 판단된다.

Conflict of Interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Hyeonjeong Choi https://orcid.org/0000-0001-8200-7385
Yong-Suk Kim https://orcid.org/0000-0003-1331-4175

References

1. Korean Statistical Information Service (KOSIS).(2023, March 28) https://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?vwcd=MT_ZTITLE&menuId=M_01_01
2. Lambert, A.D., Smith, J.P., Dodds, K.L., Shelf life extension and microbiological safety of fresh meat—a review. *Food Microbiol.*, **8**, 267-297 (1991).
3. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS).(2019, December 26). https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/healthyfoodlife/foodPoisoningStat.do?menu_no=3724&menu_grp=MENU_NEW02
4. Lee, K.T., Choi, W.S., Yoon, C.S., Effect of micro-perforated film on the quality and shelf life improvements of pork loins during chilled storage. *Meat Sci.*, **66**, 77-82 (2004).
5. Ko, M.S., Yang, J.B., Effects of wrap and vacuum packaging on shelf life of chilled pork. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **14**, 255-262 (2001).
6. Ahn, H.J., Kim, J.H., Jo, C., Lee, J.W., Effects of modified atmosphere packaging and gamma irradiation on NO-Mb contents and color of sausage. *Korea J. Food Sci.*, **35**, 320-324 (2003).
7. Alparslan, Y., Baygar, .T., Effect of chitosan film coating combined with orange peel essential oil on the shelf life of deepwater pink shrimp. *Food Bioproc. Technol.*, **10**, 842-53 (2017).
8. Min, S., Harris, L.J., Han, J.H., Krochta, J.M., *Listeria monocytogenes* inhibition by whey protein films and coatings incorporating lysozyme. *J. Food Protect.*, **68**, 2317-2325 (2005).
9. Cagri, A., Ustunol, Z., Ryser, E.T., Antimicrobial edible films and coatings. *J. Food Protect.*, **67**, 833-848 (2004).
10. Falguera, V., Quintero, J.P., Jimenez, A., Mũnoz, J.A., Ibarz, A., Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use. *Trends Food Sci. Technol.*, **22**, 292-303 (2011).
11. Gliksman, M.(Ed.), Food hydrocolloids. CH.2. Sodium carboxymethyl-cellulose (CMC)(Keller,J.D.), CRC Press, New york, USA (1986).
12. Wach, R.A., Mitomo, H., Yoshii, F., Kume, T., Hydrogel of biodegradable cellulose derivatives. *J. Appl. Polym. Sci.*, **81**, 3030-3037 (2001).

13. Cristobal-Luna, J.M., Alvarez-Gonzalez, I., Madrigal-Bujaidar, E., Chamorro Cevallos, G., Grapefruit and its biomedical, antigenotoxic and chemopreventive properties. *Food Chem. Toxicol.*, **112**, 224-234 (2018).
14. Zhang, Y.M., Sun, Y.J., Xi, W.P., Shen, Y., Qiao, L.P., Zhong, L.Z., Ye, X.Q., Zhou, Z.Q., Phenolic compositions and antioxidant capacities of Chinese wild mandarin (*Citrus reticulata Blanco*) fruits. *Food Chem.*, **145**, 674-680 (2014).
15. Canan, İ., Gündoğdu, M., Seday, U., Oluk, A.C., Karaşahİn, Z., Eroğlu, E.Ç., Ünlü, M., Determination of antioxidant, total phenolic, total carotenoid, lycopene, ascorbic acid, and sugar contents of citrus species and mandarin hybrids. *Turkish J. Agri. Forestry.* **40**, 894-899 (2016).
16. Choi, M.H., Kim, K.H., Yook, H.S., Antioxidant and antibacterial activity of premature mandarin. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **48**, 622-629 (2019).
17. Erlund, I., Review of the flavonoids quercetin, hesperetin, and naringenin, dietary sources, bioactivities, bioavailability, and epidemiology. *Nutr. Res.*, **24**, 851-874 (2004).
18. Eun, J.B., Jung, Y.M., Woo, G.J., Identification and determination of dietary fibers and flavonoids in pulp and peel of Korean tangerine (*Citrus aurantium var.*). *Korean J. Food Sci.*, **28**, 371-377 (1996).
19. Ashwar, B.A., Shah, A., Gani, A., Shah, U., Gani, A., Wani, I.A., Rice starch active packaging films loaded with antioxidants-Development and characterization. *Starch*, **67**, 294-302 (2015).
20. Shin, S.H., Chang,Y., Lacroix, M., Han, J., Control of microbial growth and lipid oxidation on beef product using an apple peel-based edible coating treatment. *LWT-Food Sci. Technol.*, **84**, 183-188 (2017).
21. Wu, Y.J.Z, Kim, M.H., Han, Y.S., Antioxidant activity and quality characteristics of pork patties with the addition of *Cedrela sinensis* powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.,* **51**, 141-149 (2022).
22. Witte, V.C., Krause, G.F., Bailey, M.E., A new extraction methods for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *J. Food Sci.*, **35**, 582-585 (1970).
23. Park, J.A., Joo, S.Y., Hwang, H.J., Na, Y.S., Kim, S.J., Choi, J.I., Ha, J.Y., Cho, M.S., Effects of freezing storage temperature on the storage stability of beef. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **48**, 301-305 (2016).
24. Shim, W.B., Kim, J.S., Kim, S.R., Park, G.H., Chung, D.H., Microbial contamination levels of ginseng and ginseng products distributed in Korean markets. *J. Fd Hyg. Safety*, **28**, 319-323 (2013).
25. SAS Institute, Inc., 1990. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institutes, Cary, NC, USA.
26. Kim, S.M., Quality changes of frozen scallop [*Patinopecten yessonensis* (Jay)] stored in the domestic refrigerator. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **26**, 450-455 (1997).
27. Park, G.B., Kim, Y.J., Lee, H.G., Kim, J.S., Changes in freshness of meats during postmortem storage 1: Changes in freshness of pork. *Korean J. Anim. Sci.*, **30**, 561-566 (1990).
28. Bartholomew, D.T., Blumer, T.N., Microbial interactions in countrystyle hams. *J. Food Sci.*, **42**, 498-502 (1977).
29. Demeyer, D.I., Vandekerckhove, P., Moermans, R., Compounds determining pH in dry sausage. *Meat Sci.*, **3**, 161-167 (1979).
30. Kim, H.W., Choi, Y.S., Choi, J.H., Kim, H.Y,, Hwang, K.E., Song, D.H., Lee, S.Y., Antioxidant effects of soy sauce on color stability and lipid oxidation of raw beef patties during cold storage. *Meat Sci.*, **95**, 641-646 (2013).
31. Jin, S.K., Yang, H.S., Effects of glucomannan, carrageenan, carboxymethyl cellulose, and transglutaminase-B on the quality properties of pork patties containing pork skin connective tissue. *J. Anim. Sci. Technol.*, **54**, 307-313 (2012).
32. Dobbelstein, S.H.J.M., Relationship between beef colour and myoglobin. *Agrotechnology & Food Innov.*, **1**, 9-44, (2005).
33. Suman, S.P., Joseph, P., Myoglobin chemistry and meat color. *Annual Rev. Food. Sci. Technol.*, **4**, 79-99 (2013).
34. Whang, H.J., Yoon, K.R., Carotenoid pigment of citrus fruits cultivated in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **27**, 950-957 (1995).
35. Park, M.J., Kim, G.H., The antioxidative and antibrowning effects of citrus peel extracts on fresh-cut apples. *Korean J. Food Sci.*, **45**, 598-604 (2013).
36. Tarladgis, B.G., Watts, B.M., Younathan, M.T., Dugan Jr., L., A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **37**, 44-48 (1960).
37. Brewer, M.S., Harbers, C.A.Z., Effect of packaging on physical and sensory characteristics of ground pork in long-term frozen storage. *J. Food Sci.*, **56**, 627-631 (1991).
38. Lee, M.Y., Yoo, M.S., Whang, Y.J., Jin, Y.J., Hong, M.H., Pyo, Y.H., Vitamin C, total polyphenol, flavonoid contents and antioxidant capacity of several fruit peels. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **44**, 540-544 (2012).
39. Leon Crespo, F., Millan, R., Serrano Moreno, A., Chemical changes during ripening of Spanish dry sausage. 3. Changes in water soluble nitrogen compounds. *Archivos de Zootecnia*. **27**, 105-116 (1978).
40. Santhosh, N.A., Anto, P.V., Neethu Baby. N., Evaluation on antimicrobial activity of fruit peels of selected citrus species against human pathogenic microorganisms. *J. Pharm. Phytochem.*, **4**, 278-281 (2015).
41. Jayaprakasha, G.K., Negi, P.S., Sikder, S., Rao, L.J., Sakariah, K.K., Antibacterial activity of *Citrus reticulata* peel extracts. *Z. Naturforsch C. J. Biosci.*, **55**, 1030-1034 (2000).
42. ICMSF. Microorganisms in foods. 2. Sampling for microbiological analysis: Principles and specific applications. 2nd ed. Blackwell scientific publication, Toronto, Canada (1986).
43. Yi, Z.B., Yu, Y., Liang, Y., Zeng. B., *In vitro* antioxidant and antimicrobial activities of the extract of *Pericarpium Citri Reticulatae* of a new citrus cultivar and its main flavonoids. *LWT-Food Sci. Technol.*, **41**, 597-603 (2008).
44. Halliwell, B., Aeschbach, R., Loliger, J., Aruoma, O.I., The characterization of antioxidants. *Food Chem. Toxicol.*, **33**, 601-617 (1995).