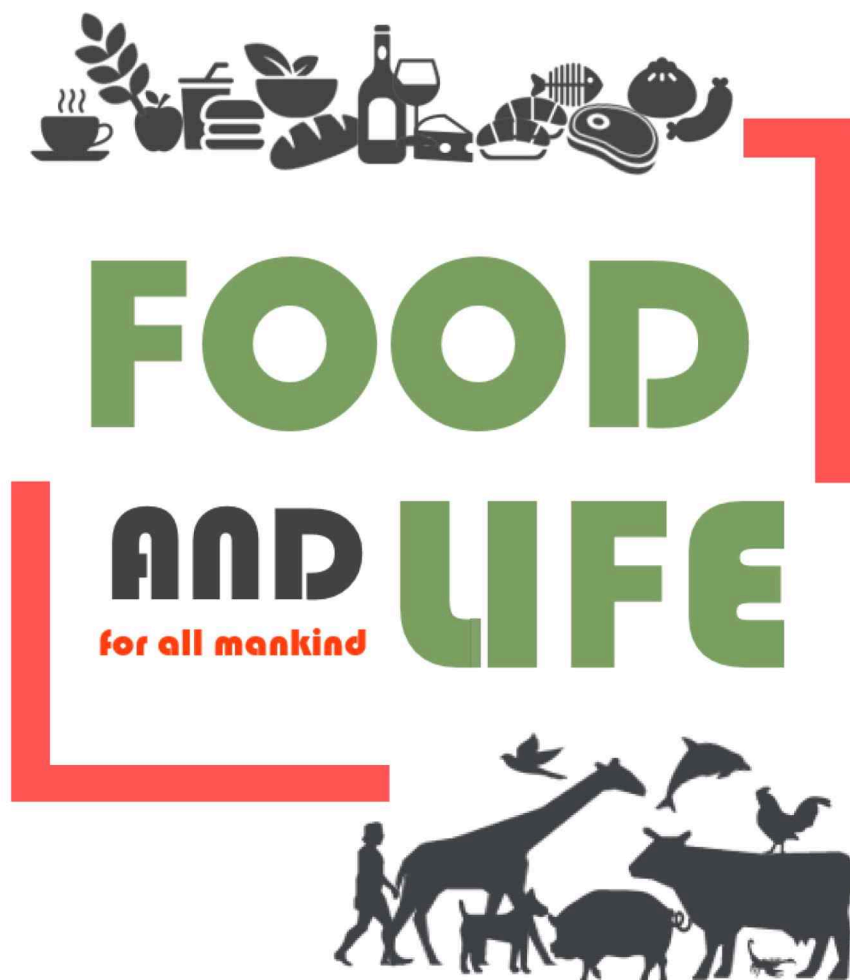




The Food and Life has published all type articles such as research articles, review articles, survey articles, research note, short communication or editorial since 2020. It covers the all scientific and technological aspects of food and life science.

<https://www.foodnlife.org>

지방 대체제를 첨가한 지방 저감화 돈육 패티의 냉장보관 중 이화학적 품질 특성 평가



정현조, 김형상*

한경국립대학교 동물생명융합학부

Effects of various fat replacers on the physicochemical properties of reduced-fat pork patties during cold storage

Hyeonjo Jeong, Hyeongsang Kim*

School of Animal Life Convergence Science, Hankyong National University, Anseong 17579, Korea

Abstract

The increasing consumption of high-fat delivery and instant foods has increased the risk of chronic diseases associated with excessive fat intake. In response, reduced-fat meat products are being developed to address these health concerns. This study investigated the impact of various fat replacers on the physicochemical properties of reduced-fat pork patties during cold storage. Among the treatments, the pork patties with Konjac (T3) demonstrated the highest pH and water-holding capacity ($p < 0.05$). However, the addition of eggplant (T2) significantly affected color due to its anthocyanin content, resulting in color degradation. All fat replacers, including papaya (T1), eggplant, and konjac, exhibited antimicrobial and antioxidant properties. Based on these findings, papaya, eggplant, and konjac can be effectively used as fat substitutes in meat product formulations to enhance product quality while promoting health benefits.

Keywords: fat replacement, reduced-fat pork patties, papaya, eggplant, konjac

서론

현대 사회에서 비만, 당뇨, 고혈압과 같은 생활습관병의 발병률 증가와 건강에 대한 관심이 높아지면서, 식이요법과 건강한 식품 섭취에 대한 인식이 크게 변화되고 있다. 대한민국에서도 ‘한국인을 위한 식생활지침’ 등 식생활 개선을 위한 정책이 발표되었으며, 이러한 변화는 육제품 시장에도 반영되고 있다. 육제품에 사용되는 지방은 맛과 식감, 그리고 향미 형성에 중요한 역할을 한다. 특히, 지방에 의해 생성된 친유성 향미는 향미 발달의 원료로 작용하며 지방분해 및 조리에 의해 향미를 안정화시킨다(Romeih et al., 2002). 그러나 햄, 소시지와 같은 가공육에 포함된 높은 지방 함량에 대한 부정적인 인식은 소비자들의 건강 우려를 증가시키고 있다. 과도한 지방 섭취는 심혈관 질환, 비만, 그리고 암과 같은 만성 질환의 발병 위험을 높일 수 있기 때문에, 건강한 식품에 대한 수요는 지속적으로 증가하고 있다(Serrano et al., 2007). 이러한 배경 속에서 육제품의 지방 함량을 줄이려는 연구와 개발이 활발히 이루어지고 있으며, 식물성

지방 대체제는 이러한 문제를 해결하는 대표적인 방법으로 주목받고 있다.

파파야(*Carica papaya* L.)는 다당류, 비타민, 미네랄, 효소, 단백질, 알칼로이드, 배당체, 플라보노이드, 스테롤 등 다양한 식물성 화학물질(파이토케미컬)의 풍부한 공급원으로 알려져 있다. 특히 파파야 과실은 여러 이성체인 말로네이트와 벤질 글리코사이드 성분을 함유하고 있으며, 파파야의 즙에는 N-뷰티르산, N-헥사노산, 리놀렌산, 올레산 등이 포함되어 있어 항산화 및 항염증 효과가 탁월하다(Krishna et al., 2008). 또한 파파야는 섬유질, 특히 펙틴을 함유하고 있어 육제품의 조직감을 향상시키는 데 기여한다(Ansari et al., 2014). 이러한 특성으로 인해 파파야는 건강 증진을 위한 천연 지방 대체제로써 잠재력이 높다.

가지(*Solanum melongena* L.)는 천연 유화제 역할을 하며, 겔 형성 능력이 뛰어나 육제품의 물리적, 화학적, 관능적 특성을 향상시키는 데 유용하다(Zhu et al., 2020). 이러한 가지 분말을

*Corresponding author : Hyeongsang Kim. School of Animal Life Convergence Science, Hankyong National University, Anseong 17579, Korea. Tel: +82-31-670-5123, Fax: +82-31-670-5129, E-mail: dock-0307@hknu.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

육제품에 첨가하면 수분 및 지방 결합력, 수분 안정성, 조직감, 관능적 특성이 개선된다고 보고되었다(Bunmee et al., 2022; Zhu et al., 2021). 또한 Zhu 등(2021)은, 전체 수분의 2%를 가지 분말로 대체한 저지방 소시지가 외관, 향미, 조직감을 증진시켰다고 보고하였는데, 이러한 것을 종합적으로 고려하였을 때 가지가 지방 대체제로써 활용 가능성이 높을 것으로 판단된다.

곤약(Konjac)은 곤약 글루코만난(Konjac glucomannan)으로 알려진 천연 수용성 다당류를 함유하고 있으며(Kim et al., 2019), 콜레스테롤 감소, 혈당 개선, 장 기능 촉진 등 다양한 건강상의 이점을 제공하여 동물성 지방 대체제 중 하나로 대두되고 있다(Jeong and Kim, 2008; Kim et al., 2019). 특히, 곤약의 겔 형성 능력은 식품의 조직감에 영향을 미쳐 식품 첨가물(증점제 및 안정제 역할) 및 식이섬유로 사용된다(Jeong and Kim, 2008; Kruk et al., 2017). 또한 곤약은 육제품 제조 시 다른 식품 첨가물과 결합하여 구조 안정성과 조직감을 증진시킬 수 있어 지방 대체제로서 적합한 소재이다(Salcedo-Sandoval et al., 2015).

지방 대체제를 활용한 다양한 연구가 진행되고 있지만, 여전히 저지방 육제품의 이화학적 특성 및 미생물학적 안전성에 대한 연구는 부족한 실정이다. 특히, 파파야, 가지, 곤약과 같은 천연 재료를 지방 대체제로 활용하여 제조된 육제품에 대한 체계적인 연구가 다양하게 이루어지지 않았다. 이러한 배경에서 본 연구는 파파야, 가지, 곤약을 지방 대체제로 사용하여 지방 함량이 감소된 돈육 패티를 제조하고, 각 처리구에 따른 이화학적 특성 및 미생물 안전성을 평가하기 위해 수행되었다. 이를 통해 천

연 지방 대체제가 육제품의 품질에 미치는 영향을 확인하고, 건강을 고려한 육제품 제조에 대한 기초 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

공시재료

돈육 후지 및 등지방은 국내산 삼원교잡종(Landrace × Yorkshire × Duroc)으로, 경기도 안성에 소재한 소매점에서 구입하였다. 지방 대체제로 사용된 파파야, 가지, 곤약은 각각 지역 도매시장에서 구매하였으며, 가공 전 준비 과정을 거쳤다. 가지는 손상된 부위를 제거하고 세척한 후, 70℃에서 식품건조기(SFD-D350WK, Shinil, Incheon, Korea)로 건조한 뒤 분쇄기(DA-10000G, Daesung Artion, Paju, Korea)로 분쇄하여 분말화하였고, 파파야는 건조된 큐브형태(1 × 1cm)로 구입하여 분말로 제조하였다. 곤약은 분말 상태로 구입하여 사용하였다. 이들 분말은 패티 제조 전까지 -30℃에서 냉동보관하였다.

지방 저감화 패티 제조

지방 저감화 돈육 패티는 5가지 처리구로 제조되었다: 대조구(CTL, 지방 10%), 참조구(REF, 지방 20%), 파파야 분말 10% 첨가구(T1), 가지 분말 10% 첨가구(T2), 곤약 분말 10% 첨가구(T3). 살코기와 지방은 각각 6 mm 직경의 플레이트가 장착된 분쇄기(M-12S, Fujee, Busan, Korea)로 분쇄한 다음, 설정된 배합비(Table 1)에 따라 첨가물과 함께 식품믹서기(LD-DL5212, Longde, Guangdong, China)를 사용하여 1분간 혼합하였다. 혼합된 분쇄육은 약 80 g씩 성형하여 폴리스티렌(polystyrene) 용

Table 1. The formulation of reduced-fat pork patties with different fat alternatives

Ingredients	Treatments (%) ¹⁾				
	CTL	REF	T1	T2	T3
Meat	78.5	78.5	78.5	78.5	78.5
Fat	10.0	20.0	–	–	–
Water	10.0	–	10.0	10.0	10.0
Salt	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Alternative fats					
Dried papaya powder	–	–	10.0	–	–
Dried eggplant powder	–	–	–	10.0	–
Dried konjac powder	–	–	–	–	10.0
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

¹⁾ Treatments: CTL, control pork patty; REF, reference pork patty with non-water; T1, treatment pork patty with dried papaya powder; T2, treatment pork patty with dried eggplant powder; T3, treatment pork patty with dried konjac powder.

기에 포장 후 4℃에서 냉장보관 하였으며, 저장기간(0, 3, 7, 10, 14일)에 따라 실험을 실시하였다.

pH 및 육색 검사

패티의 pH는 시료 10 g을 증류수 90 mL와 혼합하여 믹서기(SFM-7700JJH, Shinil)로 균질화한 후, pH meter기(CH/S220-Bio, Mettler-toledo, Schwerzenbach, Switzerland)를 사용하여 5회 반복 측정한 평균값으로 평가하였다.

육색은 색차계(CR-10 Plus, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 명도(L*), 적색도(a*), 황색도(b*)를 측정하였고, 각 측정치는 5회 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다. 표준편차값은 L*: 93.6, a*: 0.3133, b*: 0.3194이었다.

가열감량(Cooking loss)

가열감량(cooking loss, CL)은 각 처리구의 패티를 20 g씩 계량한 후, 50 mL 튜브에 넣고 원심분리기(Cef-D50.6, DAIHAN-Scientific, Wonju, Korea)로 10,000×g에서 10초간 원심분리한 후 65℃의 진탕 항온조(MaXturdy 45, DAIHAN-Scientific)에서 30분간 가열하여 측정하였다. 가열 전후의 패티 무게 차이를 이용하여 아래 계산식을 활용하여 CL을 계산하였다:

$$CL (\%) = \frac{\text{가열 전 시료의 무게(g)} - \text{가열 후 시료의 무게(g)}}{\text{가열 전 시료의 무게(g)}} \times 100$$

보수력(Water holding capacity)

보수력(water holding capacity, WHC)은 Kim과 Chin(2010)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 1.5 g을 Whatman #3 여과지로 감싼 후, 50 mL 튜브에 넣고 원심분리기(Cef-D50.6, DAIHAN-Scientific)를 이용하여 10,000×g에서 15분간 원심분리하였다. 원심분리 전후의 시료 무게를 측정하고 아래 계산식을 이용해 보수력을 산출하였다:

$$WHC (\%) = 100 - \frac{[\text{원심분리 전 시료의 무게(g)} - \text{원심분리 후 시료의 무게(g)}] \div \text{원심분리 전 시료의 무게(g)}}{\times 100}$$

지방산패도(Thiobarbituric acid reactive substances)

지방산패도(thiobarbituric acid reactive substances, TBARS)는 Buege와 Aust(1978)의 측정방법을 일부 수정하여 측정하였으며, 지방 산화로 인해 생성되는 malondialdehyde(MDA) 함량을 측정하였다. 지방산패도 인해 생성되는 측정하였다. 시료 5 g에 증류수 15 mL와 10% BHT 50 를 첨가한 후 균질기(HQ-15A, DAIHAN-Scientific)로 30초간 균질화하였다. 이후 균질화된 시료 1 mL와 2% 2-Thiobarbituric acid(TBA) 및 20%

trichloroacetic acid(TCA) 혼합물 2 mL를 혼합한 후, 진탕 항온조(MaXturdy 45, DAIHAN-Scientific)에서 90℃로 15분간 가열하였다. 가열 후 혼합물을 냉수에 식힌 뒤, 10,000×g에서 10분간 원심분리하여 상층액의 흡광도를 분광광도계(ASV11D-H, AS ONE)로 531 nm에서 측정하였다. TBARS는 아래의 계산식을 사용해 구하였다:

$$TBARS (mg MDA/kg) = 531 \text{ nm에서의 흡광도(absorbance)} \times 5.88$$

과산화물가(Peroxide value)

과산화물가(Peroxide value, POV)는 Shantha와 Decker(1994)의 방법을 이용하여 측정하였다. 시료 0.3 g에 클로로포름-메탄올(1:1, v/v) 5 mL를 50 mL 튜브에 넣고 균질기(HQ-15A, DAIHAN-Scientific)로 20초간 균질화 시켰다. 이후 0.5% NaCl 3.08 mL를 첨가하고 30초간 혼합한 다음, FeCl₂ 혼합물과 함께 원심분리기(Cef-D50.6, DAIHAN-Scientific)로 10,000×g에서 5분간 원심분리하였다. 이후 상층액 2 mL와 클로로포름-메탄올(1:1, v/v) 1.33 mL를 혼합하였다. 여기에 30% ammonium thiocyanate, FeCl₂를 각각 25 씩 첨가하고, 상온에서 20분간 보관한 다음 분광광도계(ASV11D-H, AS ONE)로 500 nm에서 흡광도를 측정하였다. POV는 아래의 계산식을 이용하여 시료 중 과산화지질의 밀리 당량(meq/kg)으로 계산하였다.

$$POV (meq/kg) = \frac{[(\text{abs} - \text{abs of blank}) \div 0.0438] \times (2 + 1.33 + 0.025 + 0.205)}{(2.5 \div \text{시료 무게(g)})}$$

미생물 검사(Microbial counts)

미생물 검사(microbial counts)는 Chin 등(2006)의 방법을 이용하여 총균수[total plate count (TPC) agar for total bacterial count]와 대장균수[violet red bile (VRB) agar for coliform bacteria count]를 측정하였다. 시료 10 g을 멸균된 증류수 90 mL와 혼합하여 믹서기(SFM-7700JJH, Shinil)로 균질화한 후, 균질화된 혼합물 0.1 mL를 고체 배지에 접종하고 37℃에서 48 시간 동안 배양하였다. 배양 후 형성된 집락수를 Log CFU/g으로 환산하여 TPC 및 VRB를 측정하였다.

통계처리

모든 실험은 3회 반복 수행되었으며, 결과는 IBM SPSS Statistics(ver. 20, IBM Corp, New York, NY, USA)를 사용하여 통계적으로 분석하였다. 처리구(CTL, REF, T1, T2, T3)와 저장기간(0, 3, 7, 10, 14일)을 요인으로 한 이원배치 분산분석(two-way analysis of variance, ANOVA)을 실시하였으며, 두 요인 간의 상호작용과 주 효과를 Table 2에 나타내었다. 분산분

Table 2. Effect of treatment and storage time on physicochemical and functional properties, lipid oxidation, and microbial counts of pork patties with fat replacers during refrigerated storage under 4°C

Factors	Experimental parameters ¹⁾									
	pH	L*	a*	b*	CL	WHC	TBARS	POV	TPC	VRB
Storage days*Treatments	**2)	*	**	**	**	**	**	**	**	**
Storage days	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Treatments	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Storage days										
0	5.97 ^d ± 0.21	51.8 ^a ± 5.24	6.69 ^a ± 2.37	9.06 ^a ± 1.60	3.25 ^{cd} ± 3.34	74.5 ^d ± 5.16	0.02 ^e ± 0.01	166.6 ^e ± 81.5	4.09 ^e ± 0.08	3.59 ^d ± 0.06
3	5.98 ^d ± 0.27	51.7 ^a ± 5.73	6.19 ^b ± 2.26	8.40 ^b ± 1.80	3.96 ^{ab} ± 3.29	71.9 ^e ± 6.09	0.03 ^d ± 0.03	202.3 ^d ± 101.7	5.22 ^d ± 0.18	4.77 ^c ± 0.32
7	6.03 ^c ± 0.28	49.3 ^b ± 5.75	5.24 ^c ± 1.52	8.60 ^b ± 0.90	4.46 ^a ± 3.77	80.1 ^b ± 3.80	0.06 ^c ± 0.03	216.1 ^c ± 106.6	5.60 ^c ± 0.47	4.76 ^c ± 0.38
10	6.08 ^b ± 0.36	51.2 ^a ± 5.14	4.27 ^d ± 1.81	7.04 ^c ± 1.43	3.02 ^d ± 2.50	76.6 ^c ± 4.66	0.16 ^b ± 0.11	231.9 ^b ± 130.6	6.30 ^b ± 0.48	5.75 ^b ± 0.59
14	6.41 ^a ± 0.59	51.7 ^a ± 5.65	3.25 ^e ± 0.95	7.15 ^c ± 1.68	3.71 ^{bc} ± 2.66	82.0 ^a ± 3.94	0.20 ^a ± 0.11	291.8 ^a ± 175.5	7.29 ^a ± 0.55	6.36 ^a ± 0.45
Treatments ³⁾										
CTL	6.37 ^A ± 0.30	56.3 ^A ± 1.50	5.76 ^B ± 1.76	9.36 ^A ± 0.95	3.58 ^B ± 1.29	73.7 ^C ± 8.79	0.14 ^B ± 0.13	234.5 ^B ± 99.5	5.94 ^B ± 1.41	5.37 ^B ± 1.20
REF	6.36 ^A ± 0.27	56.7 ^A ± 1.70	6.02 ^B ± 1.31	8.88 ^B ± 0.83	9.18 ^A ± 1.07	78.0 ^B ± 5.26	0.17 ^A ± 0.15	436.4 ^A ± 95.1	6.11 ^A ± 1.42	5.42 ^A ± 1.25
T1	5.99 ^C ± 0.11	48.6 ^C ± 1.42	6.78 ^A ± 1.91	8.59 ^B ± 1.26	2.33 ^C ± 0.43	73.7 ^C ± 5.43	0.05 ^D ± 0.03	144.6 ^D ± 6.98	5.38 ^D ± 1.11	4.73 ^D ± 0.94
T2	5.53 ^D ± 0.07	43.0 ^D ± 1.48	2.14 ^D ± 0.24	5.82 ^D ± 0.78	2.21 ^C ± 0.84	77.0 ^B ± 3.45	0.05 ^{CD} ± 0.04	138.2 ^E ± 19.8	5.37 ^D ± 0.88	4.70 ^D ± 0.80
T3	6.22 ^B ± 0.40	51.0 ^B ± 2.07	4.92 ^C ± 1.77	7.60 ^C ± 1.65	1.11 ^D ± 0.84	82.6 ^A ± 4.66	0.06 ^C ± 0.05	154.0 ^C ± 25.3	5.70 ^C ± 1.29	5.02 ^C ± 1.18

¹⁾ Parameters: L*, lightness; a*, redness; b*, yellowness; CL, cooking loss; WHC, water holding capacity; TBARS, Thiobarbituric acid reactive substances; POV, peroxide value; TPC, total plate count agar for total bacterial count; VRB, violet red bile agar for coliform bacterial count.

²⁾ * α 0.05; ** α 0.001.

³⁾ Treatments: CTL, control pork patty; REF, reference pork patty with non-water; T1, treatment pork patty with dried papaya powder; T2, treatment pork patty with dried eggplant powder; T3, treatment pork patty with dried konjac powder.

^{a-e} Means with different superscripts into different storage days are different (α 0.05).

^{A-E} Means with different superscripts into different treatments are different (α 0.05).

석 결과에 대한 유의차 검정은 Duncan의 다중검정법을 통해 95% 신뢰수준에서 수행하였다.

결과 및 고찰

pH 및 색도

지방 대체제를 첨가한 돈육 패티의 pH 변화는 Table 2와 3에 나타내었다. 저장기간이 경과함에 따라 모든 처리구에서 pH

값이 증가하는 경향을 보였다(p <0.05). 특히, T3(곤약 첨가구)는 모든 처리구 중 가장 높은 pH 값을 기록했으며(p <0.05), 이는 곤약의 높은 pH(9.01)와 관련된 것으로 판단된다(Jiménez-Colmenero et al., 2012). T2(가지 첨가구)는 저장기간 동안 가장 낮은 pH값을 나타냈으며(p <0.05), 이는 가지의 특성 및 관련된 성분이 영향을 미친 것으로 보인다. 저장 후기에는 CTL과 REF도 유사한 경향을 보였으나, 곤약을 첨가한 T3는 마지막 저장일까지 pH 증가폭이 가장 크게 나타났다. 이러한 저장

Table 3. Results of physicochemical property of pork patties with fat replacers during cold storage under 4°C

Parameters ¹⁾	Treatments ²⁾	Storage days				
		0	3	7	10	14
pH	CTL	6.16 ^{aA} ±0.03	6.18 ^{dB} ±0.01	6.22 ^{cA} ±0.01	6.42 ^{bA} ±0.01	6.89 ^{aA} ±0.02
	REF	6.14 ^{dA} ±0.02	6.21 ^{cA} ±0.01	6.22 ^{cA} ±0.01	6.42 ^{bA} ±0.01	6.81 ^{aB} ±0.01
	T1	6.02 ^{bB} ±0.01	6.03 ^{bC} ±0.01	6.12 ^{aB} ±0.01	5.98 ^{cC} ±0.01	5.82 ^{dC} ±0.01
	T2	5.59 ^{aC} ±0.01	5.48 ^{bE} ±0.01	5.50 ^{bD} ±0.02	5.48 ^{bD} ±0.01	5.61 ^{aD} ±0.02
	T3	6.00 ^{cB} ±0.01	6.01 ^{cD} ±0.01	6.08 ^{bC} ±0.01	6.10 ^{bB} ±0.01	6.90 ^{aA} ±0.02
L*	CTL	55.5 ^{bcB} ±0.61	58.3 ^{aA} ±0.56	54.3 ^{cA} ±0.36	56.8 ^{bA} ±0.93	56.6 ^{bA} ±1.01
	REF	57.2 ^{aA} 0.94	56.4 ^{aA} ±2.95	55.5 ^{aA} ±2.18	55.8 ^{aA} ±1.42	58.9 ^{aA} ±3.00
	T1	48.5 ^{aC} ±0.77	50.0 ^{aB} ±0.42	45.7 ^{bC} ±0.81	48.9 ^{aC} ±1.04	50.0 ^{aB} ±0.84
	T2	43.6 ^{abD} ±1.13	42.9 ^{bC} ±0.40	41.0 ^{cD} ±0.66	43.3 ^{abD} ±0.46	44.3 ^{aC} ±0.16
	T3	54.1 ^{aB} ±0.23	50.9 ^{bB} ±1.04	49.8 ^{bB} ±2.77	51.2 ^{bB} ±0.69	48.9 ^{bB} ±0.21
a*	CTL	7.56 ^{aB} ±0.50	7.49 ^{aB} ±0.46	5.32 ^{bB} ±0.41	5.07 ^{bB} ±1.28	3.36 ^{cBC} ±0.48
	REF	7.78 ^{aB} ±0.53	7.36 ^{aB} ±0.69	5.64 ^{bB} ±0.73	5.04 ^{bcB} ±0.79	4.29 ^{cA} ±0.66
	T1	8.45 ^{aA} ±0.60	8.20 ^{aA} ±0.29	6.95 ^{bA} ±0.19	6.46 ^{bA} ±0.28	3.85 ^{aB} ±0.36
	T2	2.23 ^{bcC} ±0.24	2.20 ^{bcD} ±0.14	2.60 ^{aC} ±0.25	1.82 ^{dC} ±0.04	1.86 ^{cdD} ±0.18
	T3	7.43 ^{aB} ±0.36	5.68 ^{bC} ±0.14	5.68 ^{bB} ±0.14	2.96 ^{cC} ±0.09	2.86 ^{cC} ±0.33
b*	CTL	9.86 ^{aA} ±0.49	10.2 ^{aA} ±0.15	9.52 ^{abA} ±0.30	8.33 ^{cA} ±0.61	8.91 ^{bcA} ±0.29
	REF	9.74 ^{aA} ±0.67	9.29 ^{abB} ±0.32	8.58 ^{bAB} ±0.76	7.70 ^{cB} ±0.22	9.10 ^{abA} ±0.57
	T1	9.84 ^{aA} ±1.04	9.50 ^{abB} ±0.61	8.75 ^{bcAB} ±0.12	8.13 ^{cAB} ±0.10	6.74 ^{dB} ±0.35
	T2	6.13 ^{cB} ±0.61	5.40 ^{bcD} ±0.17	7.65 ^{aB} ±0.82	4.71 ^{cD} ±0.08	5.21 ^{bcC} ±0.35
	T3	9.73 ^{aA} ±0.15	7.67 ^{bC} ±0.32	8.50 ^{bAB} ±1.31	6.34 ^{cC} ±0.21	5.77 ^{cC} ±0.11

¹⁾ Parameters: L*, lightness; a*, redness; b*, yellowness; CL, cooking loss; WHC, water holding capacity; TBARS, Thiobarbituric acid reactive substances; POV, peroxide value; TPC, total plate count agar for total bacterial count; VRB, violet red bile agar for coliform bacterial count.

²⁾ Treatments: CTL, control pork patty; REF, reference pork patty with non-water; T1, treatment pork patty with dried papaya powder; T2, treatment pork patty with dried eggplant powder; T3, treatment pork patty with dried konjac powder.

^{a-e} Means with different letters within same row are different ($p<0.05$).

^{A-E} Means with different letters within same column are different ($p<0.05$).

기간 동안의 pH 증가 원인은 단백질과 암모니아가 분해에 의해 발생하는 것으로 사료된다.

색도 평가에서는 처리구와 저장기간 간 상호작용이 관찰되었다(Table 2). 명도의 경우 REF가 저장기간 동안 다른 처리구보다 유의적으로 높은 값을 보였고($p<0.05$), T2는 가장 낮은 명도를 나타냈다($p<0.05$). 적색도와 황색도는 T2에서 가장 낮은 수치를 기록하였으며($p<0.05$), 이는 가지에 포함된 안토시아닌 성분이 색도의 감소를 유발했기 때문으로 해석된다. 이와 관련하여 Noda 등(2000)의 연구에서는 항산화제인 안토시아닌이 풍부하게 함유된 가지는 어두운 색을 유발한다고 하였으며, 육 제품에 첨가되어 적색도와 황색도를 감소시킨다고 보고하였다

(Sembiring and Chin, 2021). 따라서 Noda 등(2000)의 연구와 일치하게 가지는 어두운 색을 유발하여 육제품의 적색도와 황색도에 부정적인 영향을 미친 것으로 판단된다.

가열감량 및 보수력

저장기간 동안 패티의 CL(%)은 모든 처리구에서 증가하는 경향을 보였으며, 특히 10일차에서 가장 두드러졌다(Tables 2 and 4). 지방 대체제를 첨가한 처리구들은 CTL 및 REF에 비해 CL이 낮은 경향을 나타냈다($p<0.05$). 이는 지방 대체제가 가열 중 수분과 지방 손실을 감소시키는 효과를 가진 것으로 해석된다. T3는 가장 낮은 CL을 기록했으며($p<0.05$), 이는 곤약의 보

Table 4. Results of cooking loss, water holding capacity, TBARS, POV, and microbial counts of pork patties with fat replacers during cold storage under 4°C

Parameters ¹⁾	Treatments ²⁾	Storage days				
		0	3	7	10	14
CL	CTL	2.40 ^{cB} ±0.21	2.48 ^{cB} ±0.19	5.60 ^{aB} ±0.43	3.27 ^{bcB} ±1.04	4.14 ^{cB} ±0.95
	REF	9.40 ^{abA} ±2.28	10.3 ^{abA} ±0.87	11.0 ^{aA} ±0.66	7.08 ^{bA} ±2.59	8.20 ^{abA} ±1.32
	T1	1.85 ^{bB} ±0.47	2.51 ^{abB} ±0.33	2.54 ^{abC} ±0.57	1.86 ^{bBC} ±0.25	2.88 ^{aBC} ±0.58
	T2	1.41 ^{bB} ±0.58	2.24 ^{aB} ±0.31	2.70 ^{aC} ±0.37	2.14 ^{aBC} ±0.30	2.58 ^{aC} ±0.27
	T3	1.21 ^{bB} ±0.33	2.30 ^{aB} ±0.21	0.51 ^{cD} ±0.03	0.75 ^{cC} ±0.14	0.76 ^{cD} ±0.17
WHC	CTL	65.8 ^{cB} ±4.90	65.3 ^{cC} ±2.16	78.1 ^{bB} ±1.45	75.8 ^{bB} ±0.57	83.4 ^{aB} ±4.00
	REF	75.0 ^{bA} ±2.89	74.2 ^{bB} ±0.46	83.2 ^{aA} ±1.13	74.9 ^{bB} ±2.10	83.8 ^{aB} ±0.58
	T1	74.9 ^{aA} ±1.50	64.9 ^{bC} ±0.38	76.3 ^{aB} ±2.28	75.0 ^{aB} ±2.65	77.5 ^{aC} ±1.73
	T2	78.6 ^{aA} ±1.70	78.2 ^{aA} ±1.16	77.4 ^{aB} ±0.72	72.9 ^{bB} ±1.28	78.0 ^{aC} ±1.30
	T3	78.3 ^{bA} ±2.71	77.8 ^{bA} ±1.51	85.3 ^{aA} ±0.87	84.4 ^{aA} ±0.98	87.2 ^{aA} ±1.20
TBARS	CTL	0.03 ^{dA} ±0.01	0.04 ^{dB} ±0.01	0.08 ^{cB} ±0.01	0.27 ^{bB} ±0.01	0.31 ^{aB} ±0.01
	REF	0.03 ^{eA} ±0.01	0.08 ^{dA} ±0.01	0.10 ^{cA} ±0.01	0.32 ^{bA} ±0.01	0.35 ^{aA} ±0.01
	T1	0.03 ^{cdA} ±0.01	0.02 ^{dB} ±0.01	0.04 ^{cd} ±0.01	0.07 ^{bD} ±0.01	0.09 ^{aE} ±0.01
	T2	0.02 ^{cB} ±0.01	0.02 ^{cBC} ±0.01	0.03 ^{cE} ±0.01	0.08 ^{bC} ±0.01	0.11 ^{aD} ±0.01
	T3	0.01 ^{dC} ±0.01	0.01 ^{dC} ±0.01	0.05 ^{cC} ±0.01	0.07 ^{bD} ±0.01	0.13 ^{aC} ±0.01
POV	CTL	154.5 ^{eB} ±0.01	173.8 ^{dB} ±0.64	223.3 ^{bB} ±0.36	215.5 ^{cB} ±0.90	405.1 ^{aB} ±0.01
	REF	321.0 ^{eA} ±1.04	397.2 ^{dA} ±0.61	412.7 ^{cA} ±1.75	478.7 ^{bA} ±0.96	572.4 ^{aA} ±0.35
	T1	130.7 ^{eC} ±2.99	153.9 ^{aC} ±1.85	150.0 ^{bD} ±0.01	146.1 ^{cd} ±0.59	142.7 ^{dD} ±0.87
	T2	115.4 ^{eD} ±1.89	135.5 ^{cE} ±0.94	132.6 ^{dE} ±0.65	143.0 ^{bE} ±0.34	169.3 ^{aC} ±0.97
	T3	111.3 ^{eE} ±0.01	151.2 ^{dD} ±0.35	161.8 ^{cC} ±0.34	176.1 ^{aC} ±1.33	169.5 ^{bC} ±0.61
TPC	CTL	4.06 ^{eA} ±0.12	5.37 ^{dA} ±0.06	5.81 ^{cB} ±0.03	6.73 ^{bA} ±0.03	7.75 ^{aB} ±0.01
	REF	4.14 ^{eA} ±0.08	5.40 ^{dA} ±0.09	6.37 ^{cA} ±0.04	6.77 ^{bA} ±0.03	7.85 ^{aA} ±0.01
	T1	4.10 ^{eA} ±0.06	4.98 ^{dB} ±0.02	5.09 ^{cd} ±0.05	5.65 ^{bD} ±0.04	7.10 ^{aD} ±0.05
	T2	4.07 ^{dA} ±0.07	5.28 ^{cA} ±0.03	5.33 ^{cC} ±0.04	5.80 ^{bC} ±0.02	6.36 ^{aE} ±0.01
	T3	4.07 ^{eA} ±0.09	5.08 ^{dB} ±0.12	5.38 ^{cC} ±0.01	6.57 ^{bB} ±0.03	7.40 ^{aC} ±0.02
VRB	CTL	3.62 ^{eA} ±0.03	4.97 ^{dB} ±0.02	5.29 ^{cA} ±0.01	6.22 ^{bA} ±0.05	6.72 ^{aB} ±0.01
	REF	3.64 ^{dA} ±0.02	5.15 ^{cA} ±0.12	5.09 ^{cB} ±0.07	6.33 ^{bA} ±0.04	6.87 ^{aA} ±0.02
	T1	3.64 ^{dA} ±0.04	4.35 ^{cd} ±0.04	4.41 ^{cd} ±0.04	5.01 ^{bC} ±0.02	6.21 ^{aD} ±0.06
	T2	3.53 ^{eB} ±0.03	4.89 ^{dB} ±0.03	4.38 ^{cd} ±0.04	5.10 ^{bC} ±0.04	5.62 ^{aE} ±0.03
	T3	3.52 ^{eB} ±0.03	4.50 ^{dC} ±0.09	4.63 ^{cC} ±0.02	6.09 ^{bB} ±0.11	6.36 ^{aC} ±0.02

¹⁾ Parameters: L*, lightness; a*, redness; b*, yellowness; CL, cooking loss; WHC, water holding capacity; TBARS, Thiobarbituric acid reactive substances; POV, peroxide value; TPC, total plate count agar for total bacterial count; VRB, violet red bile agar for coliform bacterial count.

²⁾ Treatments: CTL, control pork patty; REF, reference pork patty with non-water; T1, treatment pork patty with dried papaya powder; T2, treatment pork patty with dried eggplant powder; T3, treatment pork patty with dried konjac powder.

^{a-e} Means with different letters within same row are different (α 0.05).

^{A-E} Means with different letters within same column are different (α 0.05).

수력과 관련이 있다. 반면, REF는 가장 높은 CL을 보였으며 ($p<0.05$), 이는 지방 함량이 높은 처리구에서 나타나는 일반적인 경향으로 보인다. 저지방 떡갈비에 일반 돈지방을 첨가했을 때 천연 지방대체제보다 CL이 더 높은 것으로 나타났다고 보고된 바 있는데(Bellucci et al., 2021; Choi et al., 2009), 본 실험에서도 사용된 지방대체제가 가열로 인한 감량 손실을 억제시킨 것으로 판단된다.

보수력 결과는 Table 2와 4에 나타내었다. 저장기간이 경과함에 따라 모든 처리구에서 보수력이 증가하는 경향을 보였다 ($p<0.05$). T3는 저장기간 동안 가장 높은 보수력을 기록했으며 ($p<0.05$), 이는 곤약이 함유한 글루코만난의 보수력 및 겔 형성 능력으로 인한 것으로 판단된다(Salcedo-Sandoval et al., 2015). 곤약은 고탄수화물을 함유하며, 점도를 증가시키는 겔화 능력을 가지고 있기 때문에 높은 보수력을 통해 프랑크푸르터 소시지의 품질을 향상시키는 것으로 보고되었다(Kim et al., 2019).

지방산패도 측정

TBARS와 POV 분석 결과를 각각 Fig. 1과 2에 나타내었다. 모든 처리구에서는 저장기간 동안 TBARS 값이 증가하였다 ($p<0.05$). 지방 대체제를 포함한 처리구들의 TBARS 값은 REF, CTL에 비해 낮은 값을 보였다($p<0.05$). 7일 전까지 모든 처리구에서 TBARS값이 유사한 값을 보였으나, 10일 이후부터는 TBARS값이 크게 증가하였다($p<0.05$). 특히 CTL과 REF의 값 상승이 큰 폭으로 일어났다. 저장 3일차에 T3는 다른 처리구보다 TBARS 값을 낮게 유지하였고($p<0.05$), T2는 7일차에 가장

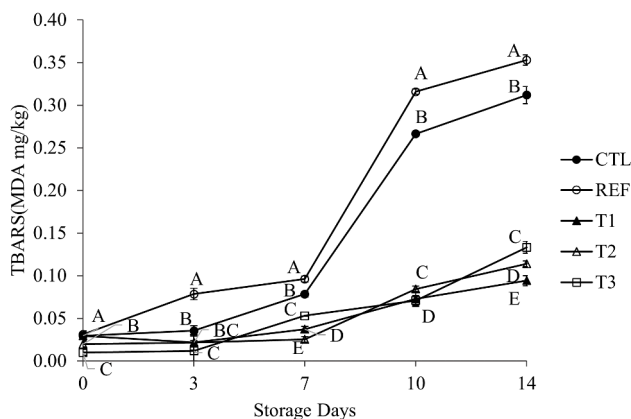


Fig. 1. TBARS (mg of MDA/kg) of pork patties with fat replacers during cold storage under 4°C. Treatments: CTL, control pork patty; REF, reference pork patty with non-water; T1, treatment pork patty with dried papaya powder; T2, treatment pork patty with dried eggplant powder; T3, treatment pork patty with dried konjac powder. ^{A-E} Means with different letters within same storage days are different ($p<0.05$). TBARS, Thiobarbituric acid reactive substances.

낮은 값을 가졌으며($p<0.05$). 마지막 일차에는 T1이 가장 낮은 값을 보였다($p<0.05$). REF의 POV 값은 나머지 처리구보다 유의적으로 높았으며($p<0.05$), 모든 처리구의 POV 값은 저장기간에 따라 CTL과 REF에 비해 낮은 폭으로 증가하였다($p<0.05$). 14일차에서는 T1이 가장 낮은 POV 값을 보였다($p<0.05$).

육제품의 지방 산화는 천연 항산화제를 사용하여 억제할 수 있다(Rhee and Ziprin, 2001). 지방 대체제로 사용될 수 있는 천연 물질들은 비타민 A, C, E, 미네랄, 폴리페놀, 플라보노이드, 테르페노이드와 같은 화합물을 함유함으로써 항산화 활성을 제공한다. 가지는 항산화제로서 안토시아닌의 주요 성분을 가지고 있으며, 시스테인, 엔도펩티데이스의 공급원인 락텍스가 풍부한 파파야는 항염증, 항균, 항산화 작용을 하는 폴리페놀도 풍부하다. 곤약은 항산화 활성을 갖는 N-carboxymethyl chitosan oligosaccharides(N-CMCOSs)를 함유한다고 보고되었으며(Annegowda et al., 2014; Liu et al., 2015; Matsubara et al., 2005), 이러한 특성으로 인하여 항산화 활성을 보인 것으로 사료된다.

미생물 측정

미생물 측정 결과, 저장기간이 경과함에 따라 모든 처리구에서 TPC와 VRB가 증가하는 경향을 보였다($p<0.05$; Tables 2 and 4). CTL과 REF는 저장 14일차에 각각 7 Log CFU/g 이상의 TPC에 도달하여 부패를 나타내었다. 이는 지방 함량이 높은 처리구에서 미생물 증식이 빠르게 진행된 결과로 해석된다. 반면, 지방 대체제가 첨가된 처리구(T1, T2, T3)는 CTL 및 REF

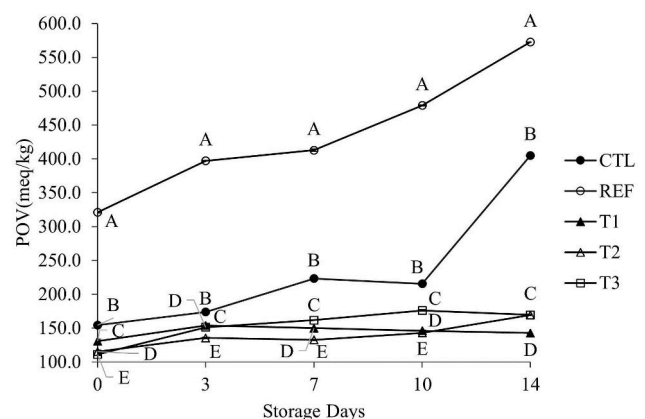


Fig. 2. POV (meq/kg) of pork patties with fat replacers during cold storage under 4°C. Treatments: CTL, control pork patty; REF, reference pork patty with non-water; T1, treatment pork patty with dried papaya powder; T2, treatment pork patty with dried eggplant powder; T3, treatment pork patty with dried konjac powder. ^{A-E} Means with different letters within same storage days are different ($p<0.05$). POV, peroxide value.

에 비해 상대적으로 낮은 TPC와 VRB 수를 기록하였다($p < 0.05$). T2는 저장 10일차까지 가장 낮은 미생물 수치를 유지했으며($p < 0.05$), 이는 가지에 함유된 항균 물질인 클로로젠산과 같은 폴리페놀이 미생물 증식을 억제했기 때문으로 판단된다 (Osato et al., 1993). T1 또한 저장 14일차까지 비교적 낮은 미생물 수치를 나타냈으며, 파파야에 함유된 벤질 이소티오시아네이트 성분이 항균 효과를 발휘한 것으로 보인다 (Salamatullah et al., 2021). T3는 저장 후반부에 미생물 증식 억제 효과가 다소 감소했으나, 여전히 CTL와 REF에 비해 낮은 수준을 유지했다($p < 0.05$).

Hayet 등(2021)의 연구에서는 플라보노이드, 페놀, 카로티노이드, 스테로이드, 알칼로이드, 탄닌, 사포닌과 같은 식물에서 발견되는 페놀 화합물이 항균제로 기능할 수 있음을 밝힌 바 있는데, 본 실험 결과를 바탕으로 천연 지방 대체제들이 육제품의 미생물학적 안전성을 향상시킬 수 있음을 시사하며, 저장 기간 동안 제품의 품질을 유지하는 데 중요한 역할을 할 수 있음을 보여준다.

결론

본 연구는 지방 대체제로 파파야, 가지, 곤약을 첨가한 지방 저감화 돈육 패티의 이화학적 특성과 미생물적 안전성을 평가한 결과, 각 지방 대체제가 육제품의 품질에 긍정적인 영향을 미쳤음을 확인하였다. 곤약을 첨가한 패티(T3)는 곤약의 겔 형성 능력과 수분 보유 능력으로 인해 pH와 보수력에서 가장 우수한 성능을 보였다. 가지를 첨가한 패티(T2)는 안토시아닌 함량으로 인해 색도에서 다소 부정적인 영향을 받았지만, 항산화 및 항균 효과로 인해 TBARS와 미생물 증식 억제에 탁월한 효과를 나타내었다. 파파야를 첨가한 패티(T1) 또한 항산화 및 항균 활성으로 인해 미생물적 안전성을 높이는 데 기여하였다. 종합적으로, 파파야, 가지, 곤약은 지방 대체제로서 저지방 육제품의 품질을 유지하고, 저장 중에도 안전성을 보장하는 데 효과적인 재료임을 확인할 수 있었다. 이러한 천연 지방 대체제는 육제품의 건강 기능성을 강화하는 데 기여할 수 있으며, 향후 건강 지향적인 식품 개발에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

Conflicts of Interest

The authors declare no potential conflict of interest.

Acknowledgments

This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2019R1G1A110081213).

Ethics Approval

This article does not require IRB/IACUC approval because there are no human and animal participants.

Author Contributions

Conceptualization: Kim H.

Data curation: Jeong H.

Formal analysis: Jeong H.

Methodology: Jeong H, Kim H.

Software: Jeong H.

Validation: Kim H.

Investigation: Jeong H.

Writing - original draft: Jeong H, Kim H.

Writing - review & editing: Jeong H, Kim H.

Author Information

Hyeonjo Jeong (Graduate Student, Hankyong National University),

<https://orcid.org/0009-0004-6051-1248>

Hyeongsang Kim (Professor, Hankyong National University),

<https://orcid.org/0000-0001-7054-2989>

References

- Annegowda HV, Bhat R, Yeong KJ, Liong MT, Karim AA, Mansor SM. 2014. Influence of drying treatments on polyphenolic contents and antioxidant properties of raw and ripe papaya (*Carica papaya* L.). *Int J Food Prop* 17:283-292.
- Ansari A, Asghar A, Shehzad A, Tanweer S. 2014. Rheological properties of papaya enriched wheat flour for baked products. *Pak J Food Sci* 24:126-131.
- Bellucci ERB, Munekata PES, Pateiro M, Lorenzo JM, da Silva Barretto AC. 2021. Red pitaya extract as natural antioxidant in pork patties with total replacement of animal fat. *Meat Sci* 171:108284.
- Buege JA, Aust SD. 1978. Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzymol* 52:302-310.
- Bunmee T, Setthaya P, Chaiwang N, Sansawat T. 2022. Effect of purple eggplant flour on physicochemical, lipid oxidation, and sensory properties of low-fat beef patties. *Int J Food Sci* 2022:9753201.
- Chin KB, Kim KH, Lee HC. 2006. Physico-chemical and textural properties, and microbial counts of meat products sold at Korean markets. *Korean J Food Sci Anim Resour*

- 26:98-105.
- Choi YS, Choi JH, Han DJ, Kim HY, Lee MA, Kim HW, Jeong JY, Kim CJ. 2009. Characteristics of low-fat meat emulsion systems with pork fat replaced by vegetable oils and rice bran fiber. *Meat Sci* 82:266-271.
- Hayet S, Sujun KM, Mustari A, Miah MA. 2021. Hemato-biochemical profile of turkey birds selected from Sherpur district of Bangladesh. *Int J Adv Res Biol Sci* 8:1-5.
- Jeong JS, Kim ML. 2008. Quality evaluation of citrus jelly prepared using concentrated citrus juice. *Korean J Food Cook Sci* 24:174-181.
- Jiménez-Colmenero F, Cofrades S, Herrero AM, Fernández-Martin F, Rodríguez-Salas L, Ruiz-Capillas C. 2012. Konjac gel fat analogue for use in meat products: comparison with pork fats. *Food Hydrocoll* 26:63-72.
- Kim DH, Shin DM, Seo HG, Han SG. 2019. Effects of konjac gel with vegetable powders as fat replacers in frankfurter-type sausage. *Asian-Australas J Anim Sci* 32:1195-1204.
- Kim HS, Chin KB. 2010. Evaluation of textural properties of low-salt pork shoulder comminuted meats with transglutaminase under phosphate combinations. *Korean J Food Sci Anim Resour* 30:298-304.
- Krishna KL, Paridhavi M, Patel JA. 2008. Review on nutritional, medicinal and pharmacological properties of papaya (*Carica papaya* Linn.). *Nat Prod Radiance* 7:364-373.
- Kruk J, Kaczmarczyk K, Ptasek A, Goik U, Ptasek P. 2017. The effect of temperature on the colligative properties of food-grade konjac gum in water solutions. *Carbohydr Polym* 174:456-463.
- Liu J, Xu Q, Zhang J, Zhou X, Lyu F, Zhao P, Ding Y. 2015. Preparation, composition analysis and antioxidant activities of konjac oligo-glucomannan. *Carbohydr Polym* 130:398-404.
- Matsubara K, Kaneyuki T, Miyake T, Mori M. 2005. Antian-giogenic activity of nasunin, an antioxidant anthocyanin, in eggplant peels. *J Agric Food Chem* 53:6272-6275.
- Noda Y, Kneyuki T, Igarashi K, Mori A, Packer L. 2000. Antioxidant activity of nasunin, an anthocyanin in eggplant peels. *Toxicology* 148:119-123.
- Osato JA, Santiago LA, Remo GM, Cuadra MS, Mori A. 1993. Antimicrobial and antioxidant activities of unripe papaya. *Life Sci* 53:1383-1389.
- Rhee KS, Ziprin YA. 2001. Pro-oxidative effects of NaCl in microbial growth-controlled and uncontrolled beef and chicken. *Meat Sci* 57:105-112.
- Romeih EA, Michaelidou A, Biliaderis CG, Zerfiridis GK. 2002. Low-fat white-brined cheese made from bovine milk and two commercial fat mimetics: chemical, physical and sensory attributes. *Int Dairy J* 12:525-540.
- Salamatullah AM, Alkaltham MS, Hayat K, Ahmed MA, Arzoo S, Husain FM, Alzahrani A. 2021. Bioactive and anti-microbial properties of eggplant (*Solanum melongena* L.) under microwave cooking. *Sustainability* 13:1044.
- Salcedo-Sandoval L, Ruiz-Capillas C, Cofrades S, Triki M, Jiménez-Colmenero F. 2015. Shelf-life of *n*-3 PUFA enriched frankfurters formulated with a konjac-based oil bulking agent. *LWT-Food Sci Technol* 62:711-717.
- Sembiring HSB, Chin KB. 2021. Physicochemical properties and microbial counts of low-fat model sausage affected by eggplant (*Solanum melongena*) powder in different drying method and level during storage. *J Food Process Preserv* 45:e16001.
- Serrano A, Librelotto J, Cofrades S, Sánchez-Muniz FJ, Jiménez-Colmenero F. 2007. Composition and physico-chemical characteristics of restructured beef steaks containing walnuts as affected by cooking method. *Meat Sci* 77:304-313.
- Shantha NC, Decker EA. 1994. Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. *J AOAC Int* 77:421-424.
- Zhu Y, Ren X, Bao Y, Li S, Peng Z, Zhang Y, Zhou G. 2020. Emulsification of oil-in-water emulsions with eggplant (*Solanum melongena* L.). *J Colloid Interface Sci* 563: 17-26.
- Zhu Y, Zhang Y, Peng Z. 2021. Effect of eggplant powder on the physicochemical and sensory characteristics of reduced-fat pork sausages. *Foods* 10:743.