

대두유 첨가 돈육 패티의 제조 조건 최적화 및 품질 특성

정은경 · *주나미*

유한대학교 식품영양학과, *숙명여자대학교 생활과학대학 식품영양학과

Optimization Processing and Quality Characteristics of Pork Patty Prepared with Soybean Oil

Eunkyung Jung and †Nami Joo*

Dept. of Food and Nutrition, Yuhan University, Bucheon 422-749, Korea

*Dept. of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 140-742, Korea

Abstract

The purpose of this study was to determine the optimal mixing conditions of soybean oil and bread crumbs mixture for pork patty. The experiment was designed according to the central composite design of response surface methodology. There were ten experimental points, including two replicates for soybean oil and bread crumbs. The physicochemical and mechanical analyses of each sample, including pH, cooking loss, thickness increase, moisture content, lightness, hardness, adhesiveness, springiness, chewiness, and gumminess showed significant differences ($p < 0.05$). The results of sensory evaluation showed significant differences in tenderness, juiciness, and overall quality ($p < 0.05$). The optimum formulation calculated by numerical and graphical method was 13.61 g of soybean oil and 6.35 g of bread crumbs. The results obtained in this study will be useful to the meat industry, which tends to decrease the saturated fatty acid content with a concomitant enrichment in the unsaturated fatty acids content.

Key words: soybean oil, pork patty, optimization, response surface methodology (RSM)

서론

최근 단계급식의 확대, 외식산업의 발달, 육제품의 다양화 등으로 인해 간편하고 빠른 시간 내에 조리가 가능한 육제품의 소비가 증가하고 있으며(Lee 등 2008), 생명을 유지하는 기본적인 기능 이외에 기호성, 섭취 편의성, 기능성이 부여된 식육 및 육제품이 많이 개발되고 있다. 우리나라에서도 저지방 패티, 기능성 물질 첨가 소시지 등 식육가공제품의 개발이 증가하고 있는 추세이며(Cho 등 2006), 신세대의 즉석식품 선호로 음식문화가 바뀌어 가고 있다. 외식산업 특히, 햄버거 소비량이 계속 증가 추세이며, 현재 매출 규모로도 식품업계에 큰 비중을 차지하고 있다. 햄버거 패티는 20~30% 내외의 지방을 첨가하거나, 지방이 붙어 있는 trimming육을 사용하여 제조되고(Cross 등 1980), 맛을 보강하기 위해 약간의 양념

을 첨가하기도 한다. 따라서 패티의 성분 중 순수한 살코기를 제외하고는 지방이 가장 많은 부분을 차지하는데, 식품에 포함 되어 있는 지방은 필수지방산 제공, 지용성 비타민 운반, 에너지원 제공 등(Mela 1990) 생리적인 기능을 가질 뿐만 아니라, 육제품 제조 시 지방 첨가는 가열 감량을 줄여 가공 수율을 향상시킨다. 결합력을 높여 다즙성과 조직감을 개선시키며(Hughes 등 1997; Pietrasik & Duda 2000), 풍미 증진 성분으로 기호성에 영향을 미치기(Giese 1996) 때문에 패티 제조 시 지방의 종류나 구성은 매우 중요한 문제이다. 기존의 패티는 대부분 우육에 20~30% 가량의 우지나 돈지를 첨가하는 것이 일반적인데, 동물성 지방의 40%에 달하는 포화지방산은 과다 섭취 시 혈청 내 지방 함량을 증가시키며, 비만, 고혈압, 동맥경화 및 관상동맥계의 질환과 상관관계가 있다고 하여, Department Health(UK 1994)은 건강상의 위험을 최소화하려

† Corresponding author: Nami Joo, Dept. of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 140-742, Korea.
Tel: +82-2-710-9471, Fax: +82-2-710-9479, E-mail: joljol0308@daum.net

면 음식으로 섭취하는 지방량을 줄일 것을 권고하고 있다.

최근에는 소비자의 삶의 질 향상으로 품질과 기능성을 동시에 만족시키는 지방대체 식품을 선호하는 추세로 육제품에 함유되는 우지나 돈지를 줄이거나, 동물성 지방을 대체할 수 있는 물질로 식물성 단백질(Jimenez-Colmenero 2007), 식물성 유지(Álvarez 등 2011) 및 식물성 원료(Jimenez-Colmenero 등 2005)에 대한 관심이 높다. Liu 등(1991)은 경화된 옥수수유, 면실유, 팜유, 땅콩유, 대두유를 사용하여 우지방을 일부 대체한 우육 패티에서 화학적 조성 차이는 거의 없었으며, 식물성유 중에서 옥수수유 또는 팜유 처리구는 가열감량과 종합적인 기호도 면에서 우지만을 첨가한 대조구와 차이가 없는 것으로 나타나, 식물성유의 대체 가능성을 검토하였다. 그의 식물성유 대체가 저지방 햄버거 패티의 품질 특성에 미치는 영향(Park 등 2005), 우지방을 카놀라유, 올리브유, 옥수수유 및 해바라기유로 대체한 햄버거 패티의 품질 특성에 미치는 영향(Koo 등 2009), 현미유와 올리브유로 대체한 우육 패티의 냉장저장 중 품질 변화(Seo 등 2011)에 관한 연구 등이 있다. 대두유는 전 세계적으로 많이 소비되는 식용유지로 필수 지방산을 비롯해 불포화지방산을 60% 이상 함유하고, polyunsaturated/monounsaturated/saturated fatty acid(P/M/S)비, n-6/n-3비가 비교적 균형 잡힌 식용유지이다. 또한 항산화제인 토코페롤(tocopherol) 함량이 높고, peroxidizability index는 중간 정도에 해당하여 영양학적으로 우수하며, 산화안전성이 다른 종자유에 비해 바람직하다.

본 연구에서는 패티 제조 시 주로 이용되는 동물성 지방을 배제하여, 건강과 기능성에 유익한 대두유와 패티 성형 시 비슷한 텍스처를 갖도록 빵가루로 대체한 돈육 패티를 제조한 후, 품질 특성 및 관능적 특성을 분석하였다. 반응표면분석법(RSM)을 이용하여 대두유 첨가 돈육 패티의 최적 제조 조건을 도출하여, 향후 포화지방 및 트랜스 지방 저감화 육제품

개발을 위한 기초자료를 제시하고, 소비자의 건강 지향적인 요구를 반영한 새로운 품질의 햄버거 제품 개발에 응용하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용된 시료는 도축 후 48시간이 경과되어 냉장 보관된 돼지고기 등심을 구입하여 과도한 지방과 결체조직을 제거한 후 만육기(Meat chopper, PM-100, Manica, Germany)에서 3 mm plate로 분쇄하여 사용하였으며, 대두유(백설, 국내산), 빵가루(동원, 국내산), 정제염(백설, 국내산), 백설탕(백설, 국내산), 후추(오투기, 국내산)를 구입하여 사용하였다.

2. 실험계획

대두유 첨가 돈육 패티의 최적 비율을 산출하기 위한 실험 디자인은 Design Expert 8(State-Easy Co., Minneapolis, MN, USA) 프로그램을 사용하였으며, 반응표면 실험계획법(response surface design)의 중심합성계획법(CCD: central composite design)에 따라 실험을 설계하였다(Joo 등 2012; Lee 등 2006). 독립 변수로는 돈육 패티의 품질 특성 중 맛과 조직감에 가장 큰 영향을 주는 요인인 대두유(A)와 빵가루(B)의 함량을 2개의 요인으로 설정하였으며, 요인의 최대 및 최소 범위는 예비실험을 통해 각각 대두유 5~20 g, 빵가루 1~10 g으로 확정하였다. 이에 따라 각 요인의 설정된 범위를 입력하여 10개의 실험점이 확정되었으며, 반복 설정을 통해 2개의 반복점이 포함되었다(Table 1). 종속변수로는 pH, 수분 함량, 가열감량, 직경 감소 및 두께 증가율, 색도, 기계적 조직감(hardness, springiness, adhesiveness, chewiness, gumminess, cohesiveness) 그리고 관능검사(color, flavor, juiciness, tenderness, overall quality)

Table 1. Experimental design for pork patties with soybean oil and bread crumbs by response surface design

Sample No.	Factors		Pork (g)	Sugar (g)	Salt (g)	Black pepper (g)
	Soybean oil (g)	Bread crumbs (g)				
1	5.00	1.00	90.00	1.30	0.70	0.10
2	20.00	1.00				
3	5.00	10.00				
4	20.00	10.00				
5	5.00	5.50				
6	20.00	5.50				
7	12.50	1.00				
8	12.50	10.00				
9	12.50	5.50				
10	12.50	5.50				

를 설정하였다.

3. 대두유 첨가 돈육 패티의 제조

대두유 첨가 돈육 패티의 제조에 사용된 패티 batter 배합 및 제조 방법은 일반 햄버거 패티 레시피 문헌조사(Park 등 2005; Koo 등 2009)와 돈육을 이용한 패티 연구(Kim 등 2008)를 참고하여 예비 실험을 거친 후 일부 수정하여 결정하였다. 분쇄시킨 돈육을 food mixer(Model 5KSM150, Kitchen Aid, Michigan, USA)에 투입하여 2 rpm, 2분간 교반 후 정제염, 백설탕, 후추를 넣고 4 rpm, 3분간 1차 혼합, 빵가루를 넣고 2 rpm, 2분간 교반 후 최종적으로 대두유를 넣고 2 rpm, 약 4분간 2차 혼합하였다. 성형은 metal burger press(Spikom Ltd, UK)로 100 g 씩, 직경 100 mm, 두께 11 mm로 성형하였다.

4. 대두유 첨가 돈육 패티의 품질 특성

1) 수분 및 pH

수분 함량은 상압가열건조법으로 105℃의 건조기에서 항량이 될 때까지의 증량을 3회 측정하여 건조 전 시료의 증량에 대한 평균값을 백분율(%)로 나타내었다. pH는 패티 5 g과 증류수 45 ml를 교반기(Bagmixer 400w, Interscience, France)에서 2분간 교반한 후 pH meter(F-51, HORIBA, Japan)로 측정하였다.

2) 가열 감량(Cooking loss)

직경 100 mm, 두께 11 mm의 원형(중량 100±1 g)으로 성형한 패티를 200℃로 예열된 전기오븐(GO1518SP Shunde Galanz, Microwave oven Electrical Convex Korea Application Ltd, Korea)에 최종 중심 온도가 70~75℃로 8분간 가열 조리 후 10분간 방냉시킨 다음 가열감량을 측정하였다.

$$\text{가열 감량}(\%) = \frac{(\text{가열 전 패티 중량} - \text{가열 후 패티 중량})}{\text{가열 전 패티 중량}} \times 100$$

3) 직경 감소 및 두께 증가율

가열 감량 측정 방법에 준하여 패티 조리 후, vernier caliper (SER No. 51575401, Mitutoyo, Japan)를 사용하여 직경 및 두께 변화 측정을 하였다.

$$\text{직경 감소율}(\%) = \frac{(\text{가열 전 패티 직경} - \text{가열 후 패티 직경})}{\text{가열 전 패티 직경}} \times 100$$

$$\text{두께 증가율}(\%) = \frac{(\text{가열 후 패티 두께} - \text{가열 전 패티 두께})}{\text{가열 전 패티 두께}} \times 100$$

4) 색도 측정

색도는 chroma meter(CR-300, Minolta, Co., Osaka, Japan)를 사용하여 L(lightness, 명도), a(redness, 적색도), b(yellowness, 황색도)의 색채 값을 3회 반복 측정하였다. 이때 사용한 표준 백판(standard plate)의 값은 97.26, a값은 -0.07, b값은 +1.86이었다.

5) 텍스처 측정

패티를 가열 후 실온에서 20분간 식힌 다음, 조직감은 texture analyzer(TA. XT Express v2.1, Stable Micro Systems Ltd., London, England)를 사용하여 측정하였다. 패티(20 mm×20 mm×10 mm)는 복원력이 있는 시료이고 부수어지는 성질은 없으므로, two bite test를 실시하는 TPA test를 이용하여 분석하였다. 이때 Texture Analyser의 측정 조건은 probe(36 mm cylinder radius probe-SMS P/36R), pre-test speed(2.0 mm/sec), test speed(1.0 mm/sec), post-test speed(1.0 mm/sec), test distance(7.5 mm), trigger force(5.0 g)으로 설정하였다.

5. 대두유 첨가 돈육 패티의 관능검사

관능검사는 식품영양학을 전공하는 미각이 훈련된 대학원생 25명을 panel로 선정하여 충분한 지식과 용어, 평가기준 등을 숙지시킨 후 응하도록 하였다. 가열 조리된 패티를 20 mm×20 mm×10 mm의 동일한 크기로 잘라 제공하였으며, 모든 시료는 난수표에 의해 3자리 숫자로 표시하였다. 관능검사 항목은 색(color), 풍미(flavor), 다즙성(juiciness), 부드러움(tenderness), 전반적인 기호도(overall quality)에 대한 특성이었으며, scoring test 7점 척도법으로 평가하여 기호도가 높을수록 높은 점수를 주도록 하였다.

6. 통계 분석

대두유 첨가 돈육 패티의 최적화 분석은 Design-Expert version 8(Stat-Ease, Inc., Minneapolis, Minnesota, USA) 프로그램을 이용하여, canonical 모형의 수치 최적화(numerical optimization)와 모형적 최적화(graphical optimization)를 통해 최적화를 위한 대두유와 빵가루의 양을 선정하고, 그때의 지점을 지점 예측(point prediction)을 통해 최적점으로 선정하였다. 수치 최적화는 canonical model을 기준으로 하는 모델의 계수에 각각의 반응 중 관능평가의 최고점을 목표 범위(goal area)로 설정하였다. 수치 최적화를 통해 제시된 최적점(solution) 중 다음의 식에 기준하여 적합도(desirability)를 구하고, 가장 높은 적합도를 나타내는 최적점을 채택하였다.

$$D = (d_1 \times d_2 \times \dots \times d_n)^{\frac{1}{n}} = \left[\prod_{i=1}^n d_i \right]^{\frac{1}{n}}$$

D = overall desirability, d = desirability, n = response의 수

결과 및 고찰

1. 이화학적 특성

대두유 첨가 돈육 패티 제조 조건의 최적화를 목적으로 중심합성 계획에 따라 두 가지 독립변수(대두유, 빵가루)를 Design Expert program을 이용하여 10가지 조건에서 기계적 측정 결과는 Table 2, Table 3, Table 4에 제시하였고, 독립변수가 종속변수에 미치는 영향을 설명한 회귀식은 Table 5에 나타내었다.

1) pH

대두유 첨가 돈육 패티의 pH는 5.65~5.81의 범위를 보였고 (Table 2), 대두유와 빵가루가 서로 상호작용하는 quadratic model이 결정되었으며, 이에 따른 회귀식은 Table 5에 제시하였다. 최종 육제품의 품질에 영향을 미치는 pH 값은 원료육과 첨가물의 배합비율에 따라 차이가 있으며, 육제품의 보수성, 육색, 조직감, 연도와 결착력 등의 품질변화 및 저장성에 있어서도 중대한 요인으로 작용한다(Miller 등 1986). p -value는 0.099로 유의적이지 않아 모델의 적합성이 인정되지 않았는데, 이는 Roselle과 soybean oil 첨가 돈육 patty의 품질 특성 (Jung & Joo 2013) 연구에서의 대두유와 Roselle 첨가량이 증가할수록 pH가 낮아져 유의적인 차이를 보였다는 연구 결과와는 일치하지 않았으며, 대두유보다 Roselle의 낮은 pH로 인하여 대두유에 비해 pH에 더 많은 영향을 미친 것으로 나타났다.

2) 수분 함량(Moisture content)

수분 함량은 39.26~46.14%의 범위를 나타냈고(Table 2), 각

각의 요인이 독립적으로 작용하는 linear 모델이 결정되었고, p -value는 0.0125로 5%의 범위에서 유의적으로 나타났다. R^2 (결정계수)값은 0.7142로 회귀변동에 대한 신뢰도가 비교적 높음을 알 수 있었다. 회귀식을 살펴본 결과, 대두유가 돈육 패티의 수분 함량에 큰 영향을 주는 인자로 나타났다(Table 5). 해조류 첨가 돈육 패티의 품질 특성 연구(Jeon & Choi 2012)에서 해조 분말 첨가량이 많을수록 수분 함량이 감소한 결과와는 일치하지 않았다. 빵가루 첨가량이 증가할수록 수분 함량이 증가한 것은 돈육 패티 제조 시 별도로 물의 첨가 없이 수분 함량이 약 8% 내외인 건조 빵가루를 첨가한 때문으로 생각된다.

3) 가열감량(Cooking loss)

대두유 첨가 돈육 패티의 가열 감량 결과, 10.63~32.76%의 범위를 보였으며(Table 2), 각각의 요인이 독립적으로 작용하는 linear model이 결정되었고, 이에 따른 회귀식은 Table 5에 나타내었다. p -value는 0.0006으로 0.1% 범위에서 유의적이었으며, R^2 (결정계수)값이 0.8776으로 신뢰도가 높게 나타나, 대두유 첨가량이 빵가루보다 가열 감량에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 가열 감량은 수분분리량과 지방분리량을 합한 값으로 표시되나, 주로 수분의 분리에 의하여 일어나는데, 본 실험에서는 대두유가 액상상태여서 가열 시에 지방 대체량이 증가하면 액상의 대두유가 유리되어 나오는 감량이 증가하는 것으로 사료된다. Bishop 등(1993)은 저지방 육제품 제조 시 대체되는 식물성유와 비육 단백질의 혼합은 지방의 결착능력을 높여줌으로써 겔 형성 작용을 용이하게 하고, 보수력을 증가시킨다고 하였다. 우지방을 카놀라유, 올리브유, 옥수수유 및 해바라기유로 대체한 햄버거 패티의 품질 특성

Table 2. Physicochemical properties of pork patties with soybean oil bread crumbs

Sample No.	Soybean oil (g)	Bread crumbs (g)	Responses				
			pH	Moisture content (%)	Cooking loss (%)	Diameter reduction (%)	Thickness increase (%)
1	5.00	1.00	5.79±0.02	39.26±0.37	13.88±0.08	16.05±0.306	49.09±2.81
2	20.00	1.00	5.80±0.01	44.54±0.23	32.76±0.10	16.61±0.08	1.82±2.89
3	5.00	10.00	5.81±0.00	42.49±0.51	10.63±0.07	19.68±0.11	53.64±1.13
4	20.00	10.00	5.69±0.01	46.14±0.05	19.48±0.37	17.05±0.01	21.59±2.42
5	5.00	5.50	5.79±0.01	42.11±0.66	12.02±0.09	19.66±0.02	37.36±2.50
6	20.00	5.50	5.80±0.01	44.39±0.75	25.08±0.07	15.35±0.03	2.64±2.37
7	12.50	1.00	5.69±0.02	42.69±0.05	28.30±0.37	18.32±0.08	8.18±1.26
8	12.50	10.00	5.71±0.01	43.49±0.30	16.76±0.10	15.35±0.06	19.23±1.10
9	12.50	5.50	5.70±0.01	41.52±0.06	20.03±0.08	18.09±0.09	25.00±2.58
10	12.50	5.50	5.65±0.01	40.60±0.38	16.80±0.09	18.00±0.10	25.82±2.30

¹⁾ Mean±S.D.

에 미치는 영향(Koo 등 2009) 연구에서 우지방을 첨가하여 만든 대조구에 비해 식물성유로 대체하여 제조된 처리구들의 가열감량이 감소하는 경향을 나타낸($p < 0.05$) 연구 결과와는 일치하지 않았다. Liu 등(1991)은 식물성유와 식이섬유를 대체한 육제품에서 가열감량이 감소되었다고 보고하였다. 향후 단백질이나 식이섬유를 첨가하여 패티를 제조하면 가열감량을 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

4) 직경 감소(Diameter reduction) 및 두께 증가율(Thickness increase)

대두유 첨가 돈육 패티의 직경 감소율 및 두께 증가율을 측정된 결과, 15.35~19.68% 및 1.82~53.64%의 범위를 보였다(Table 2). 그에 따른 회귀식은 Table 5에 제시하였다. 직경 감소율과 두께 증가율 모두 대두유와 빵가루가 각각 독립적으로 영향을 미치는 linear 모델이 선정되었으나, 두께 증가율의 p -value는 0.0027로 1%에서 유의적으로 인정되었고, R^2 (결정계수)값이 0.8148로 높은 설명력을 보여 모델에 대한 적합성이 인정되었으나, 직경 감소율은 유의적이지 않아 모델의 적합성이 인정되지 않았다. 식물성유를 첨가한 우육 패티가 우지 사용 패티에 비해 직경 및 두께 변화가 유의적으로 적게 일어난 것은 낮은 가열감량에 의한 영향으로 보인다는 Park 등 (2005)의 연구 결과와 유사하였다. 돈육 패티를 가열 조리하면 지방과 수분의 용출로 인하여 크기 변화가 일어나며, 과도한 크기 감소 및 변형은 소비자들로 하여금 기호도를 떨어뜨린다(Berry 1992). El-Magoli 등(1996)은 햄버거 패티에 whey protein concentrate를 2~4% 첨가하였을 때 직경 감소를 5~10% 줄일 수 있다고 보고하였다.

5) 색도(Color value)

명도(L)는 55.31~65.51의 범위를 나타냈고 적색도(a)는 3.65~4.64, 황색도(b)는 13.18~18.92 범위를 나타냈으며(Table 3), 모두 각각의 요인이 독립적으로 영향을 미치는 linear model이 선정되었다. 명도는 p -value가 0.0297로 5% 이내에서 유의성이 인정되었으며, R^2 (결정계수) 값은 0.6338로 모델의 적합성이 인정되었고, 회귀식을 살펴본 결과 대두유보다 빵가루가 명도에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 대두유와 빵가루 첨가량이 증가할수록 명도는 감소하는 결과를 보였다(Table 5). 적색도, 황색도는 p -value가 0.1137, 0.0994로, 유의적이지 않아 모델 적합성이 인정되지 않았다. 대두유와 빵가루 첨가량이 증가할수록 명도가 감소하였다는 결과는 대두유와 빵가루의 특성에 기인한 것으로 사료된다. Park 등 (2005)은 우지방이 첨가된 가열전 패티의 명도가 식물성유로 대체한 처리구보다 높게 나타났다고 하였으며, Paneras & Bloukas(1994)는 돈육 지방을 첨가한 소시지가 olive oil, sunflower oil, soybean oil 등의 식물성 유지로 대체한 것보다 명도가 높았다는 결과에서 식물성유 첨가가 패티의 명도에 영향을 주는 요인으로 작용한 본 연구 결과와 유사하였다.

6) 조직감(Texture)

경도(hardness)는 Table 4에 나타낸 바와 같이 3,450.73~6,291.57의 범위를 나타내었고, 각 요인이 교호작용하는 2FI model이 선정되었으며, 모델의 p -value는 0.0372로 5% 이내 유의성을 나타내었고, R^2 (결정계수) 값은 0.7331로 모델의 적합성이 인정되었다. 회귀식을 살펴본 결과, 대두유 첨가량이 증가할수록 돈육 패티의 경도는 증가하는 것으로, 빵가루 첨가량이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났다. 식물성유로 대체한 저지방 햄버거 패티(Park 등 2005)의 연구에서는 식물성유로 대체한 육제품이 우지방만 사용한 패티에 비해 낮은

Table 3. Hunter color values of pork patties with soybean oil bread crumbs

Sample No.	Soybean oil (g)	Bread crumbs (g)	Responses		
			L (lightness)	a (redness)	b (yellowness)
1	5.00	1.00	64.96±4.51	4.64±0.42	15.20±1.46
2	20.00	1.00	61.63±0.03	3.98±0.02	17.23±0.09
3	5.00	10.00	54.31±0.06	4.19±0.04	18.19±0.15
4	20.00	10.00	55.01±0.28	3.65±0.41	17.28±1.43
5	5.00	5.50	57.17±2.50	4.32±0.39	17.49±2.00
6	20.00	5.50	58.57±3.28	4.14±0.39	16.99±1.74
7	12.50	1.00	63.69±5.03	4.09±0.73	13.18±4.88
8	12.50	10.00	57.56±5.08	4.55±0.15	18.92±1.99
9	12.50	5.50	59.43±0.85	4.22±0.54	17.35±1.63
10	12.50	5.50	65.51±2.95	4.03±0.07	14.91±3.04

1) Mean±S.D.

Table 4. Texture of pork patties with soybean oil and bread crumbs

Sample No.	Soybean oil (g)	Bread crumbs (g)	Responses					
			Hardness (N)	Adhesiveness (g×s)	Springiness (mm)	Chewiness (N×mm)	Gumminess (N)	Cohesiveness
1	5.00	1.00	3,450.73±16.55	-0.57±0.02	0.80±0.03	1,644.49±15.31	2,052.60±11.35	0.60±0.06
2	20.00	1.00	5,813.00±14.58	-1.13±0.02	0.81±0.03	2,809.08±11.84	3,468.55±12.23	0.60±0.07
3	5.00	10.00	4,225.47±12.99	-0.20±0.03	0.78±0.02	2,062.43±14.42	2,641.89±12.47	0.63±0.16
4	20.00	10.00	3,559.97±12.19	-0.87±0.01	0.73±0.01	1,343.62±12.69	1,834.83±12.69	0.52±0.12
5	5.00	5.50	4,032.17±15.19	-0.47±0.01	0.81±0.04	2,198.07±17.76	2,707.77±17.76	0.67±0.07
6	20.00	5.50	5,347.73±16.66	-1.30±0.01	0.76±0.04	2,313.89±19.44	3,026.43±19.48	0.56±0.08
7	12.50	1.00	6,291.57±14.88	-1.07±0.02	0.83±0.01	3,164.04±13.20	3,797.07±13.20	0.62±0.09
8	12.50	10.00	4,318.80±17.30	-0.53±0.03	0.73±0.07	1,628.88±12.45	2,246.36±12.45	0.52±0.01
9	12.50	5.50	4,887.70±13.20	-1.40±0.01	0.77±0.03	2,106.68±12.30	2,701.82±12.36	0.55±0.11
10	12.50	5.50	4,562.73±14.31	-0.73±0.01	0.75±0.02	1,927.00±14.78	2,576.03±14.71	0.56±0.07

¹⁾ Mean±S.D.

경도를 나타낸다고 보고하여 본 연구와 상이한 결과를 나타내었으나, 이것은 단지 식물성유만 사용하였기 때문이며, 본 연구는 빵가루가 첨가되어 햄버거 패티의 조직 사이에 작용함으로써 경도에 영향을 주었다고 판단된다. Choi 등(2009)은 돈육 유회물에서 식물성유와 식이섬유를 첨가한 처리구가 동물성 지방만을 첨가한 대조구에 비해 높은 경도를 나타낸다고 하여 식이섬유와 함께 첨가하여 제조된 육제품의 경우 동물성 지방을 사용한 제품의 물성과 유사하게 제조가 가능

하다는 것을 알 수 있다. 패티의 부착성(adhesiveness)은 -0.20~ -1.40의 범위를 나타내었고(Table 4), 각각의 요인이 독립적으로 영향을 미치는 linear model이 선정되었으며, 모델의 *p*-value는 0.0199로 5% 이내 유의성을 나타내었다. 대두유가 빵가루보다 부착성에 더 큰 영향을 주었으며, 첨가량이 증가할수록 부착성은 감소하는 것으로 나타났다(Table 5). 패티의 탄력성(springiness)은 변형된 시료가 힘이 제거된 후, 원래의 성질로 돌아가려는 성질로 대두유 첨가 돈육 패티의 탄력성

Table 5. Analysis of predicted model equation for physicochemical characteristics of pork patties with soybean oil and bread crumbs

Response	Model	Mean±S.D.	R ² ¹⁾	F-value	Prob>F ²⁾	Polynomial equation ³⁾
pH	Quadratic	5.74±0.06	0.8358	4.07	0.0999	+5.69 - 0.017A - 0.012B - 0.033AB+0.093A ² - 2.143B ²
Moiture content (%)	Linear	42.72±2.02	0.7142	8.75	0.0125*	+42.72 - 1.87A - 0.94B
Cooking loss (%)	Linear	19.57±7.19	0.8776	25.08	0.0006***	+19.57+6.80A - 4.68B
Diameter reduction (%)	Linear	17.47±1.64	0.6841	1.39	0.3104	+17.47 - 1.06A+0.10B
Thickness increase (%)	Linear	24.44±17.99	0.8148	15.40	0.0027**	+24.44 - 19.01A+5.90B
L	Linear	59.78±4.01	0.6338	6.06	0.0297*	+59.78 - 0.20A - 3.90B
a	Linear	4.18±0.28	0.4627	3.01	0.1137	+4.18 - 0.23A - 0.053B
b	Linear	16.67±1.72	0.4830	3.27	0.0994	+16.67+0.10A+1.46B
Hardness	2FI	4,648.99±936.68	0.7331	5.49	0.0372*	+4,648.99+502.06A - 575.18B - 756.94AB
Adhesiveness	Linear	-0.83±0.39	0.6734	7.22	0.0199*	-0.83 - 0.34A+0.20B
Springiness	Linear	0.77±0.03	0.7281	9.37	0.0105*	+0.78 - 0.015A - 0.033B
Chewiness	2FI	2,119.82±549.68	0.7542	6.14	0.0293*	+2,119.82+93.60A - 430.45B - 470.85AB
Gumminess	2FI	2,705.34±604.86	0.7596	6.32	0.0275*	2,705.33+154.59A - 432.52B - 555.75AB
Cohesiveness	2FI	0.58±0.49	0.6805	4.26	0.0622	+0.58-0.037A - 0.025B - 0.028AB

¹⁾ $0 \leq R^2 \leq 1$, close to 1 indicates the regression line fits the model. ²⁾ * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$. ³⁾ A: soybean oil, B: bread crumbs.

은 0.73~0.83의 범위를 나타내었다. Table 5에 나타낸 것과 같이 탄력성은 각 요인이 독립적으로 작용하는 linear model이 선정되었고, p -value는 0.0105로 유의적이었다. 대두유보다 빵가루 첨가량이 탄력성에 더 큰 영향을 주는 것으로 나타났으며, 대두유와 빵가루 첨가량이 증가할수록 탄력성은 감소하였는데, 이는 패티의 아보카도 오일이 함량이 증가할수록 탄력성이 감소한다는 Rodriguez-Carpena JG 등(2012)의 보고와 유사하였다. 고체 상태의 시료를 삼킬 수 있는 상태로 만드는 성질을 나타내는 씹힘성(chewiness)은 1,343.62~3,164.04의 범위를 나타냈고, 삼키기 쉬운 상태로 식품을 씹는데 요구되는 에너지를 의미하는 검성(gumminess)은 경도와 응집성, 탄력성이 크게 관여하는데, 1,834.83~3,797.07의 범위를 나타냈다. 식품의 형태를 구성하는 내부적 결합에 필요한 힘을 나타내는 응집성(cohesiveness)은 0.52~0.67의 범위를 나타내었다. Table 5에 나타낸 것과 같이 씹힘성, 검성, 응집성 모두 각 요인이 교호작용하는 2FI model이 선정되었으며, 응집성을 제외한 씹힘성, 검성은 5% 이내에서 유의적인 차이를 보였다. 회귀식 분석 결과, 대두유보다 빵가루의 첨가량이 씹힘성과 검성에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 대두유

첨가량이 증가할수록 씹힘성과 검성이 증가하는 경향을, 빵가루 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. Park 등(1989)은 식물성유를 이용하여 동물성 지방 전체를 대체한 처리구들은 탄력성의 증가를 가져왔다고 하였으며, 우지방만을 첨가한 대조구가 가장 높은 검성을 보였으며, 이는 대조구의 경도와 응집성이 높았기 때문이라고 보고하였다.

2. 관능검사

관능검사의 결과는 Table 6에 나타내었으며, 값을 살펴보면 색 3.20~4.97, 풍미 3.47~4.77, 다즙성 3.10~4.93, 부드러움 3.37~5.03, 전반적인 기호도 3.33~5.03의 범위를 보였다. 회귀식을 살펴보면 5가지 관능 특성 중 색을 제외한 풍미, 다즙성, 부드러움, 전반적인 기호도 모두 대두유와 빵가루 두 가지 요인 간에 상호작용하는 quadratic 모델이 선정되었으며, 각각의 p -value는 0.0843, 0.0451, 0.0058, 0.0327로 나타났고, 풍미를 제외하고 모두 5% 이내에서 유의적인 결과를 나타냈다(Table 7). 유의성을 보인 다즙성, 부드러움, 전반적인 기호도에 관한 회귀식은 R^2 값이 0.8927, 0.9628, 0.9094로 이 모델에 대한 적합성이 높게 나타났다. Perturbation plot과 반응 표면의

Table 6. Sensory properties of pork patties with soybean oil and bread crumbs

Sample No.	Soybean oil (g)	Bread crumbs (g)	Responses				
			Color	Flavor	Juiciness	Tenderness	Overall quality
1	5.00	1.00	3.20±0.89	3.57±1.19	3.10±1.02	3.50±1.08	3.57±0.89
2	20.00	1.00	3.37±0.97	3.47±1.20	3.13±1.00	3.37±1.19	3.33±0.96
3	5.00	10.00	4.83±1.70	4.20±1.12	3.70±1.14	3.53±1.63	3.97±1.04
4	20.00	10.00	4.97±1.44	4.17±1.11	3.77±1.08	4.10±1.38	4.27±1.10
5	5.00	5.50	4.90±0.98	4.57±1.25	3.97±1.16	3.90±1.22	4.00±1.04
6	20.00	5.50	4.00±1.26	4.57±0.11	4.87±1.53	4.60±1.12	4.50±0.83
7	12.50	1.00	4.13±1.20	4.37±0.96	4.30±1.32	3.97±1.61	4.23±1.23
8	12.50	10.00	4.37±0.89	4.77±1.25	4.33±1.56	4.33±1.43	4.33±1.16
9	12.50	5.50	4.90±0.81	4.68±0.95	4.93±1.05	5.03±1.08	5.03±0.97
10	12.50	5.50	4.83±1.03	4.58±0.93	4.88±0.90	4.83±1.19	4.83±0.85

¹⁾ Mean±S.D.

Table 7. Analysis of predicted model equation for sensory properties of pork patties with soybean oil and bread crumbs

Response	Model	Mean±S.D.	R^2 ¹⁾	F -value	Prob> F ²⁾	Polynomial equation ³⁾
Color	Linear	4.35±0.66	0.5288	3.93	0.0718	+4.35 - 0.098A+0.58B
Flavor	Quadratic	4.29±0.45	0.8498	4.53	0.0843	+4.82 - 0.022A+0.29B+0.018AB - 0.44A ² - 0.44B ²
Juiciness	Quadratic	4.09±0.68	0.8927	6.65	0.0451*	+5.02+0.17A+0.21B+0.010AB - 0.72A ² - 0.82B ²
Tenderness	Quadratic	4.12±0.57	0.9628	20.69	0.0058**	+4.89+0.19A+0.19B+0.17AB - 0.59A ² - 0.69B ²
Overall quality	Quadratic	4.21±0.52	0.9094	8.03	0.0327*	+4.88 - 0.093A+0.24B+0.13AB - 0.57A ² - 0.54B ²

¹⁾ $0 \leq R^2 \leq 1$, close to 1 indicates the regression line fits the model. ²⁾ * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$. ³⁾ A: soybean oil, B: bread crumbs.

그래프를 살펴보면(Fig. 1) 색에 대한 기호도는 대두유의 양이 증가할수록 완만히 감소하였고, 빵가루의 증가량에 따라 증가하는 것을 알 수 있었다. 다즙성, 부드러움, 전반적인 기호도는 모두 대두유의 첨가량이 증가할수록 기호도가 증가하

다가 일정 수준을 넘어서면 다시 감소하는 경향을 보였다.

3. 품질의 최적화

대두유 첨가 돈육 패티의 제조 조건 최적화는 독립변수인

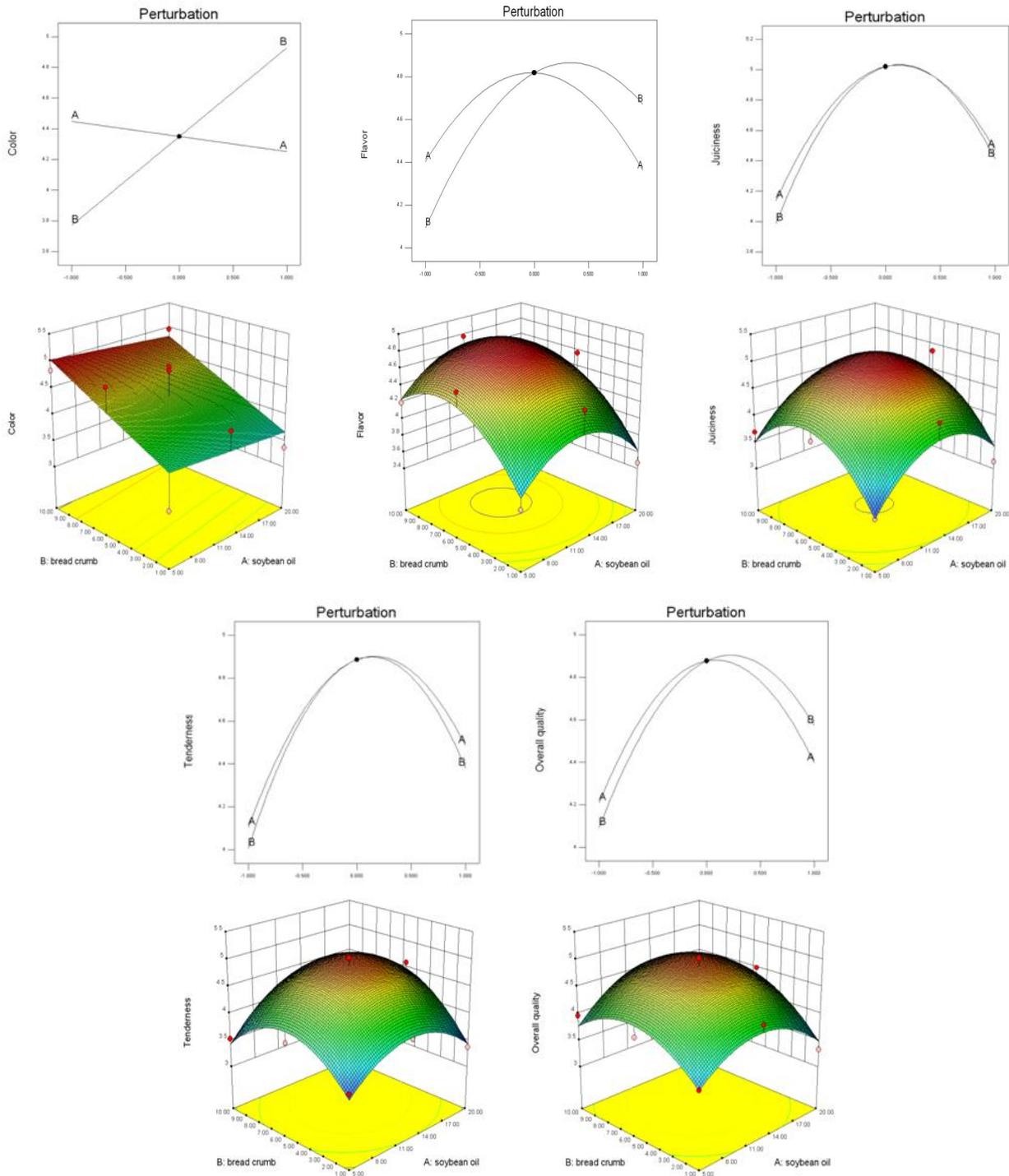


Fig. 1. Perturbation plot and response surface plot for the effect of soybean oil (A) and bread crumbs (B) on sensory properties of pork patty.

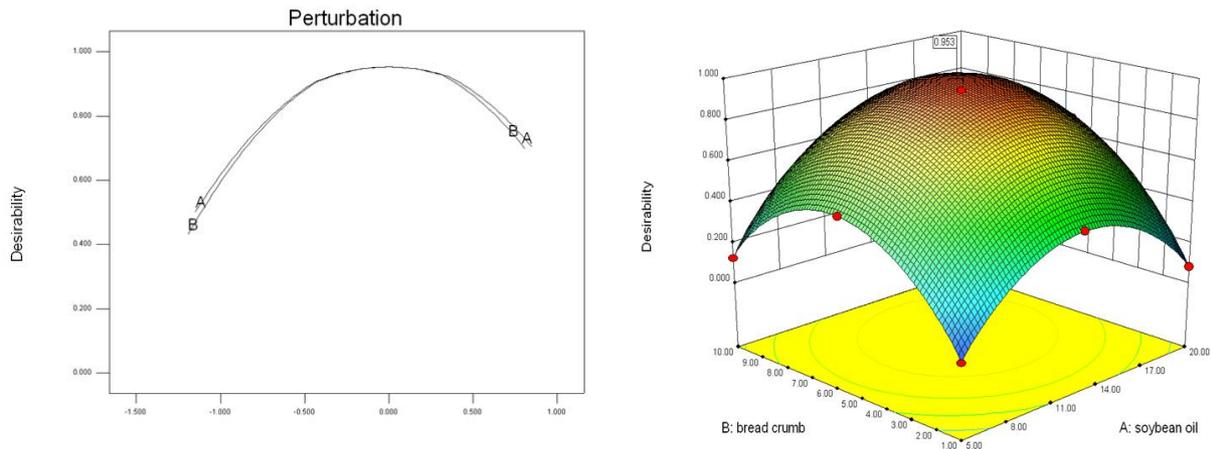


Fig. 2. Perturbation plot and response surface plot for optimization mixture on desirability of optimized pork patty with soybean oil and bread crumbs.

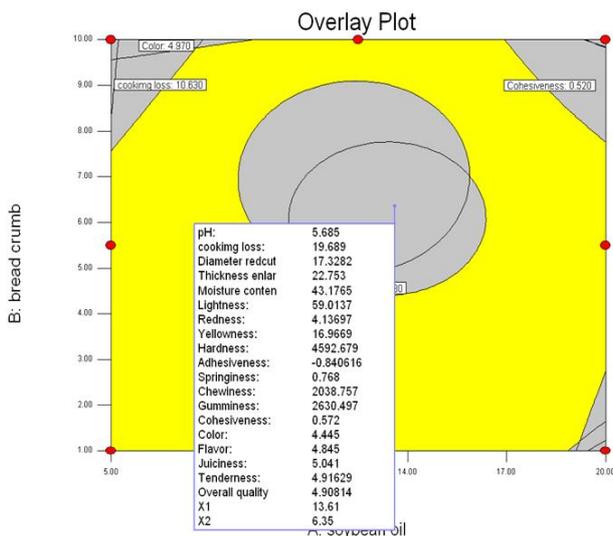


Fig. 3. Overlay plot of common area for the optimization mixture of pork patty with soybean oil and bread crumbs.

대두유와 빵가루의 배합 범위 내에서 유의적 결과를 나타낸 관능검사 항목인 다즙성, 부드러움, 전반적인 기호도를 최대로 설정하여 canonical 모형의 수치 최적화(numerical optimization)를 예측하였으며, 지점 예측을 통하여 최고의 적합도(desirability)를 나타낸 최적점을 선택하여 도출하였다. 최적점은 대두유 13.61 g, 빵가루 6.36 g으로 예측되었으며, 이때 사용된 반응 모형을 이용한 모형 최적화(graphical optimization)와 perturbation plot은 Fig. 2에 제시하였으며, 도출된 최적점에서의 종속변인들의 특성은 Fig. 3에 제시하였다.

요약 및 결론

본 연구는 햄버거 패티 제조 시 첨가되는 돈지 또는 우지를 대두유와 빵가루로 대체한 돈육 패티를 제조하였으며, 반응표면분석법을 통해 관능적 최적점을 갖는 레시피를 확립하였다. 대두유 첨가 돈육 패티의 최적 배합 비율을 산출하기 위한 실험 디자인은 Design Expert 8 프로그램을 사용하였으며, 반응표면 분석법 중 중심합성계획법에 따라 설계하였다. 대두유와 빵가루의 함량을 독립변수로 설정하였고, 독립변수의 최대 최소 범위 예비 실험을 거쳐 대두유 5~20 g, 빵가루 1~10 g으로 하여 대두유 첨가 돈육 패티를 제조하고, 이화학적 특성, 기계적 품질 특성 및 관능적 특성을 분석하였다.

1. 이화학적 검사를 모델링하여 유의성을 검증한 결과, 수분 함량은 각각의 요인이 독립적으로 작용하는 linear model이 5% 유의수준에서, 가열감량($p < 0.001$), 두께 증가율($p < 0.01$) 항목에서도 모델의 적합성이 인정되었다.
2. 기계적 특성 측정 결과, 명도, 부착성, 탄력성은 linear model이, 경도, 씹힘성, 검성은 각각의 요인이 서로 교호작용하는 2FI model로 선정되었으며, 유의수준 5% 이내에서 유의성을 보여 모델의 적합성이 인정되었다.
3. 관능검사를 분석한 결과, 다즙성($p < 0.05$), 부드러움($p < 0.01$), 전반적인 기호도($p < 0.05$)의 항목에서 quadratic model의 적합성이 인정되었다. 대두유 돈육 패티의 최적화는 독립변수인 대두유와 빵가루의 첨가량 범위 내에서 관능검사 항목 중 유의적인 결과의 범위를 최대로 설정하고, 유의적이지 않은 결과의 범위는 포함시키지 않게 설정하였다. 모델화에 의해 결정된 반응식을 이용하여 만족하는 수치점(Numerical point)을 예측한 결과, 대두유 13.61 g, 빵가루 6.36 g이 대두유 돈육 패티의 최적배합비율로 결정되었다. 이상의 연구 결과에서 소비자의 건강 지향적인 요구를 반영한 새로운 품질의 햄버

거 제품 개발에 대두유 첨가 돈육 패티가 기능성, 품질, 기호도 면에서 충분히 경쟁력이 있을 것으로 사료되며, 향후 대두유 돈육 패티의 저장기간에 따른 품질 특성, 산화 안전성 등에 대한 연구가 보충되어야 할 것으로 생각된다.

References

- Álvarez D, Delles RM, Xiong YL, Castillo M, Payne FA, Laencina J. 2011. Influence of canola-olive oils, rice bran and walnut on functionality and emulsion stability of frankfurters. *LWT-Food Sci Tec* 44:1435-1442
- Bishop DJ, Olson DG, Knipe CL. 1993. Pre-emulsified corn oil, pork fat, or added moisture affect quality of reduced fat bologna quality. *J Food Sci* 58:484-487
- Cho SH, Jung SA, Song EJ, Lee SY, Kim KBWR, Park JG, Park SM, Ahn DH. 2006. Effect of improvement of storage properties and reducing of sodium nitrate by *Glycyrrhiza uralensis* and *Curcuma longa* in pork sausage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35:997-1004
- Choi YS, Choi JH, Han DJ, Kim HY, Lee MA, Kim HW, Jeong JY, Kim CJ. 2009. Characteristics of low-fat meat emulsion system with pork fat replaced by vegetable oils and rice bran fiber. *Meat Sci* 82:266-271
- Department of Health. 1994. Report on health and social subjects, No 46. Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease. London: HMSO, UK
- El-Magoli SB, Laroia S, Hansen PMT. 1996. Flavor and texture characteristics of low fat ground beef patties formulated with whey protein concentrate. *Meat Sci* 42:179-193
- Giese J. 1996. Fats, oil and fat replacers. *Food Tech* 50:78-83
- Hughes E, Cofrades S, Troy DJ. 1997. Effects of fat level, oat fiber and carrageenan on frankfurters formulated with 5%, 12% and 30% fat. *Meat Sci* 45:273-281
- Jeon MR, Choi SH. 2012. Quality characteristics of pork patties added with seaweed powder. *Korean J Food Sci Ani Resour* 32:77-83
- Jimenez-Colmenero F, Ayo MI, Carballo J. 2005. Physicochemical properties of low sodium frankfurter with added walnut: Effect of transglutaminase combined with caseinate, KCl and dietary fibre as salt replacers. *Meat Sci* 69:781-788
- Jimenez-Colmenero F. 2007. Healthier lipid formation approaches in meat-based function foods. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats. *Trends Food Sci Technol* 18:567-578
- Joo NM, Kim BR, Kim AJ. 2012. The optimization of jelly with blueberry juice using response surface methodology. *Korean J Food & Nutr* 25:17-25
- Jung EK, Joo NM. 2013. Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) and soybean oil effects on quality characteristics of pork patties studied by response surface methodology. *Meat Sci* 94:391-401
- Kim IS, Jin SK, Ha CJ. 2008. Improved quality properties of low-fat meat patties containing sweet persimmon powder during freeze storage. *Korean J Food Sci Ani Resour* 28:113-121
- Koo BK, Kim JM, La IJ, Choi JH, Choi YS, Han DJ, Kim HY, An KI, Kim CJ. 2009. Effects of replacing tallow with canola, olive, corn, and sunflower oils on the quality properties of hamburger patties. *Korean J Food Sci Ani Resour* 29:466-474
- Lee MA, Han DJ, Choi JH, Choi YS, Kim HY, Choi JH, Jeoun JY, Kim CJ. 2008. Effect of hot air dried Kimchi powder on the quality characteristics of pork patties. *Korean J Food Cookery Sci* 24:466-472
- Lee SM, Jung HA, Joo NM. 2006. Optimization of iced cookie with the addition of dried red ginseng powder. *Korean J Food & Nutr* 19:448-459
- Liu KC, Huffman DL, Egbert WR. 1991. Replacement of beef fat with partially hydrogenated plant oil in lean ground beef patties. *J Food Sci* 56:861-862
- Mela DJ. 1990. The basic of dietary fat preference. *Trends Food Sci Technol* 1:55-78
- Miller MF, Davis GW, Seideman SC, Ramsey CB. 1986. Effects of chloride salts on appearance, palatability and storage traits of flaked and formed beef bullock restructured steaks. *J Food Sci* 51:1424-1425
- Paneras ED, Bloukas JG. 1994. Vegetable oils replace pork backfat for low-fat frankfurters. *J Food Sci* 59:725-728, 733
- Park J, Rhee KS, Keenton JT, Rhee KC. 1989. Properties of low-fat frankfurters containing monosaturated and omega-3 polyunsaturated oils. *J Food Sci* 54:500-504
- Park JC, Jeong JY, Lee ES, Choi JH, Choi YS, Yu LH, Paik HD, Kim CJ. 2005. Effects of replaced plant oils on the quality properties in low-fat hamburger patties. *Korean J Food Sci Technol* 37:412-417
- Pietrasik Z, Duda Z. 2000. Effects of fat content and soy protein/carrageenan mix on the quality characteristics of comminuted, scalded sausages. *Meat Sci* 56:181-188

Rodríguez-Carpena JG, Morcuende D, Estévez M. 2012. Avocado, sunflower and olive oils as replacers of pork back-fat in burger patties: Effect on lipid composition, oxidative stability and quality traits. *Meat Sci* 90:106-115

Seo HW, Kim GD, Jung EY, Yang HS. 2011. Quality properties of beef patties replaced tallow with rice bran oil and olive

oil during cold storage. *Korean J Food Sci Ani Resour* 31:763-771

접 수 : 2014년 2월 11일

최종수정 : 2014년 4월 5일

채 택 : 2014년 4월 10일