토마토분말 첨가 소시지의 제조조건 최적화 및 항산화활성

나유리 · 주나미[†]

숙명여자대학교 생활과학대학 식품영양학전공

Processing Optimization and Antioxidant Activity of Sausage Prepared with Tomato Powder

Yuri Na and Nami Joo[†]

Department of Food & Nutrition, Sookmyung Women's University

Abstract

The purpose of this study was to determine the optimal mixing condition of two different amounts of tomato powder (A), and starch (B) for the preparation of sausage prepared with tomato powder was determined. The content of lycopene was 3 mg/g. The experiment was designed according to the central composite design of response surface, which showed 10 experimental points including 2 replicates for tomato powder and starch. The physiochemical, mechanical, antioxidant activity and sensory characteristics of samples were measured. The results of the physiochemical, mechanical and antioxidant activity analysis of each sample, including pH, moisture content, color L, color a, color b, hardness, chewiness and cohesiveness, total phenolic content and DPPH free radical scavenging activity showed significant differences. The sensory measurements were significantly different in color, flavor, chewiness, overall quality. The optimum formulation, which was calculated using the numerical and graphical method, was determined to be 4.26 g tomato powder and 7.51 g starch.

Key words : tomato powder, sausage, sensory evaluation, optimization, response surface methodology

I. 서론

최근 식품 산업이 급속하게 발전하면서 소비자들은 식품 자체가 가지는 기능성 및 올바른 식생활에 관심을 갖기 시작했다(Choi SK 2007). 이와 같은 변화에 발맞추어 건강유지 및 질병 예방에 효과가 있는 것으로 표시되어 판매되는 식품의 공급과 수요량이 크게 늘어나고 있으며(Kleef E 등 2005), 최근에는 이러한 소비자의 요구에 부응하고자 기능성을 가지는 천연 소재를 식품에 접목시켜 새로운 식품을 개발하는 연구가 활발하게 진행되고 있다.

토마토는 항산화 활성이 뛰어난 라이코펜(lycopene)(Mascio

P 등 1989)이 다량 함유되어 있다(Tonucci HL 등 1995). 라이코펜은 잘 익은 토마토의 붉은색을 띠는 천연색소로서 1903년에 토마토 학명인 *Solanum lycopersicum* L.에서 유래되었으며, 수박, 구아바 등에도 포함되어 있지만 토마토에 가장 많이 함유되어 있는 물질이다(Ben-Amotz A와 Fisher R 1997). 라이코펜은 강력한 항산화제로서 활성산소 제거 기능이 비타민E의 1,000배이며 각종 질병 및 암 등에도 탁월한 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(Mascio P 등 1989). 또한 페놀물질은 토마토 과피에 다량 함유되어 있으며 특히 플라본(flavone)류에 속하는 quercetin은 전립선암 예방에 효과적이라는 연구결과가 있다(Friedman M 2002).

육제품은 제품 보관 중 지방산화로 인한 변질로 제품의 영양적 가치를 비롯하여 향미, 색도, 조직감 등의 여러 가지 품질저하를 가져오게 되며(Eriksson CE 1987), 이러한 문제점을 보완하기 위한 방안으로 사용되는 인공첨가물은 다량 섭취하게 되면 중독증상을 유발시킨다고 보고되고 있다(Fiddler W 등 1972). 그러나 현재까지 인공 발색제 혹은 산화방지제의

[†]Corresponding author: Nami Joo, Sookmyung Women's University,
52-12 Chungpa-dong 2-ga Yongsan-gu, Seoul 140-742
Tel: +82-2-710-9471
Fax: +82-2-710-9479
E-mail: yurilove12@nate.com

대체 가능한 천연물질이 없는 상황으로, 사용을 허용하되 잔존량을 철저히 규제하고 있는 실정이다(Choi CH 등 2003).

기능성 물질을 첨가한 육제품에 대한 연구가 계속해서 진행되고 있음에도 불구하고 소비자의 요구에 부합하는 기호도 및 기능성을 가지는 제품 개발을 위한 품질적인 면에서의 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 천연 항산화 물질 및 붉은색의 천연 색소물질이 풍부한 토마토분말을 소시지에 첨가 제조하여 천연 색소로서의 가능성을 확인하고, 반응표면분석법(Response Surface Methodology, RSM)을 이용해 관능적 최적점을 도출하여 토마토분말 첨가 소시지의 제품 개발 가능성을 확인하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료

토마토분말 첨가 소시지를 제조하기 위하여 사용된 토마토분말은 (주)백장생에서 구입하여 사용하였으며 토마토(plum tomato)는 100% 스페인산으로 열풍 건조하여 제조한 분말이다. 원료육은 돼지고기 뒷다리살과 돼지고기 등지방으로 농협에서 구입하였으며, 전분은 감자전분(뚜레반, 국내산)을 사용하였다. 그 외에 꽃소금(백설, 국내산), 마늘(국내산), 후추(오뚜기, 국내산), 넛맥(I.S.F.I Spices, 벨기에)을 사용하여 소시지를 제조하였다.

2. 실험 디자인

토마토분말 첨가 소시지의 최적 비율을 산출하기 위한 실험 디자인은 Design Expert 8(Stat-Ease Co., Minneapolis, MN, USA) 프로그램을 사용하였으며, 반응표면분석법(Response Surface Methodology)의 중심합성계획법(Central Composite Design)에 따라 실험을 설계하였다. 토마토분말(A)과 전분(B)의 함량을 2개의 독립변수로 설정하였고, 각 요인의 최소 및

최대 범위를 토마토분말 1~8 g, 전분 2~12 g으로 결정하였다. 이에 따라 각 요인의 설정된 범위를 입력하여 10개의 실험점이 형성되었고 반복설정을 통해 2개의 반복점이 선택되었다. 완성된 실험 디자인의 재료 혼합비율은 Table 1과 같다.

3. 일반성분

토마토분말의 일반성분은 AOAC(1996) 표준방법으로 분석을 실시하였다. 수분은 105℃ 상압가열건조법, 조단백질은 microkjeldahl법, 조지방은 Soxhlet's 추출법, 회분은 550℃ 직접회화법으로 분석하였다. 탄수화물함량은 100에서 수분, 조회분, 조단백질, 조지방 함량을 제외한 값으로 구하였다.

4. 라이코펜 함량

토마토분말의 라이코펜 함량은 U.S. Pharmacopeia(USP)에 기준하여 분석을 실시하였다. 시료의 전처리 방법은 다음과 같다. 토마토분말을 50℃의 항온수조에서 데운 후 100 mL 플라스크에 1~2 g을 취한다. 10 mL의 부틸히드록시톨루엔(500 mL methylene chloride + butylated hydroxytoluene 2.5 g)과 30 mL의 염화 메틸렌을 첨가한 후 1분간 sonication 한다.

표준용액 A는 표준물질인 Lycopene(Sigma, L9879, 110M5164V)을 100 mL의 플라스크에 methylene chloride를 10 mL 가한 후 정용하였다. 농도는 10 ppm으로 희석하여 사용하였다. 이 때 희석액은 Acetonitrile, Methanol, Methylene chloride, Hexane (600 : 150 : 150 : 100)을 혼합한 용액에 0.05 %의 diisopropylentylamine을 가한 후 3~4분간 sonication 하여 제조한다.

표준용액 B는 100 mL 플라스크에 10 mL의 표준용액 A를 담고, 10 mL의 알코올과 10 mL의 부틸히드록시톨루엔을 첨가한 후 헝산으로 정용하였다. 그 후 UV 472 nm에서 흡광도를 측정하여 라이코펜의 함량을 측정하였다.

Table 1. Experimental design for sausage prepared with tomato powder by response surface design

Sample No.	Factors		Meat (g)	Fat (g)	Garlic (g)	Salt (g)	Pepper (g)	Nutmeg (g)
	Tomato powder (g)	Starch (g)						
1	1	2	100	15	0.6	2.4	0.25	0.05
2	8	2	100	15	0.6	2.4	0.25	0.05
3	1	12	100	15	0.6	2.4	0.25	0.05
4	8	12	100	15	0.6	2.4	0.25	0.05
5	1	7	100	15	0.6	2.4	0.25	0.05
6	8	7	100	15	0.6	2.4	0.25	0.05
7	4.5	2	100	15	0.6	2.4	0.25	0.05
8	4.5	12	100	15	0.6	2.4	0.25	0.05
9	4.5	7	100	15	0.6	2.4	0.25	0.05
10	4.5	7	100	15	0.6	2.4	0.25	0.05

5. 토마토분말 첨가 소시지 제조

토마토분말 첨가 소시지의 제조를 위해 분쇄한 돼지고기 뒷다리살에 마늘, 소금, 후추, 닛맥을 넣고 4℃에서 1시간 휴지시킨 후 food mixer(SF-100, Samwoo, Korea)에 고기와 고기 무게의 5%의 얼음을 넣고 4분간 믹싱(용기 rpm 34, 칼날 rpm 1,750)하였다. 믹싱한 고기반죽에 토마토분말, 전분, 돈지(등지방)를 넣고 3분간 믹싱하였다. 완성된 소시지 반죽은 콜라겐 케이싱(Collagen Sausage Casing, Nippi Collagen Ind, Ltd., Shizuoka, Japan)에 sausage stuffer(sausage stuffer kit, KitchenAid, USA)를 이용해 충전하였다.

6. 이화학적 특성 측정

1) pH

토마토분말 첨가 소시지의 pH는 저밀도 폴리에틸렌 백에 소시지 5 g과 증류수 45 mL를 넣고 bag mixer로 1분 30초간 균질화한 후 Whatman No. 2 filter paper로 여과하였다. 여과한 용액은 pH meter(F-51, HORIBA, Japan)로 3회 반복 측정하였다.

2) 당도

토마토분말 첨가 소시지의 당도는 pH와 같은 시료 용액을 사용하였으며 당도계(PAL-1, ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하여 3회 반복 측정하였다.

3) 염도

토마토분말 첨가 소시지의 염도는 pH와 같은 시료 용액을 사용하였으며 염도계(ES-421, ATAGO, Japan)를 이용하여 3회 반복 측정하였다.

4) 수분함량

수분은 105℃ 상압가열건조법에 의하여 측정하였으며, 소시지 1 g을 알루미늄 dish에 칭량하여 105℃에서 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다.

7. 기계적 특성 측정

1) 색도

토마토분말 첨가 소시지의 절단면 색은 color difference meter(Colorimeter CR-200, 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 L 값은 97.26, a값은 -0.07, b값은 +1.86

이었으며 색도 측정을 위한 시료는 익힌 후의 것을 사용하였고 고 지름 2 cm, 높이 1 cm의 크기로 잘라 사용하였다.

2) 조직감

토마토분말 첨가 소시지의 조직감은 익힌 후의 소시지를 지름 2 cm, 높이 1 cm의 동일한 크기로 잘라 texture analyzer(Texture Analyzer, TA.XT Express v2.1, London, England)를 사용하여 3회 반복하여 측정하여 평균값을 구하였다. 소시지는 부수어지는 성질이 없으므로 two bite TPA(Texture Profile Analysis) test를 실시하였다. 측정 조건은 pre-test speed 1.0 mm/sec, test speed 5.0 mm/sec, post test speed 5.0 mm/sec, distance 4.0 mm, time 5(s), trigger force 50.0 g로 실시하였고, probe는 36 mm Cyl. 타입을 사용하였다. 시료 측정 후 얻어진 force and time graph로부터 경도(hardness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness), 겹성(gumminess), 응집성(cohesiveness)을 측정하였다.

8. 항산화적 특성 측정

1) 총 폴리페놀 함량

토마토분말 첨가 소시지의 총 폴리페놀 함량은 Singleton VL 등(1999)의 Folin-Ciocalteu법을 변형한 방법으로 분석하여 측정하였다. 저밀도 폴리에틸렌 백에 토마토분말 첨가 소시지 5 g과 70% ethyl alcohol을 45 mL를 넣은 후 bag mixer로 1분 30초간 균질화한 후 Whatman No. 2 filter paper로 여과해 시료용액으로 사용하였다. 실험용액을 실험법에 준하여 반응시킨 후 분광광도계(V-530 UV/VIS Spectrophotometer, JAS Co., Japan)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 gallic acid(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 분석하여 작성된 표준 검량선에 대입하여 산출하였다.

2) DPPH 자유 라디칼 소거능

토마토분말 첨가 소시지의 자유 라디칼 소거능은 Blois MS(1958)의 방법을 응용하여 측정하였다. 시료 용액은 총 폴리페놀 함량 측정에 이용한 것과 같은 것을 사용하였으며 DPPH 용액과 반응시킨 후 분광광도계(V-530 UV/VIS Spectrophotometer, JAS Co., Japan)로 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며 다음 식에 의하여 항산화능을 나타내었다.

$$\text{DPPH 자유 라디칼 소거능 (\%)} = \left(1 - \frac{\text{실험구의 흡광도}}{\text{대조구의 흡광도}}\right) \times 100$$

9. 관능적 특성

토마토분말 첨가 소시지의 관능검사는 식품영양학을 전공

하는 미각이 훈련된 대학원생 25명을 panel로 선정하여 실험 목적과 관능적 품질 요소에 대해 사전 교육을 실시한 후 관능검사에 응하도록 하였다. 시료는 지름 2 cm, 높이 1.5 cm의 동일한 크기로 잘라 panel당 10개의 시료를 난수표가 표시된 백색의 동일한 접시에 담아 제공하였고, panel이 관능검사를 실시할 때 한 개의 시료를 평가한 후 반드시 물로 입안을 헹구고 난 후 다음 시료를 평가하게 하였다. 토마토분말 첨가 소시지는 65~70℃의 물에 40분간 익혀 제공하였다. 관능 평가 내용으로는 색(color), 풍미(flavor), 부드러움(tenderness), 씹힘성(chewiness), 전반적인 기호도(overall quality)에 대한 기호도 특성이었으며 7점 척도법으로 평가하도록 하였다.

10. 통계 분석

토마토분말 첨가 소시지의 품질 최적화 분석은 Design Expert 8(State-Ease Co., Minneapolis, MN, USA) 통계 프로그램을 이용하였다. 토마토분말 첨가 소시지의 최적화는 canonical 모형의 수치 최적화(numerical optimization)와 모형적 최적화(graphical optimization)를 통해 토마토분말과 전분의 양을 선정하였고, 지점 예측(point prediction)을 통해 최적점으로 선정하였다. 두 가지 독립변수인 토마토분말과 전분의 양에 의하여 각각의 종속변수로 작용하는 이화학적 특성, 기계적 특성 및 관능적 특성에 미치는 영향을 보도록 하였으며 변수들 간의 관계를 보기 위하여 통계 프로그램의 perturbation plot과 response surface 3D plot을 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 일반성분

본 실험에 사용된 토마토분말의 수분, 조단백질, 조지방,

조회분, 탄수화물 분석 결과, 100 g당 수분 8.11%, 조단백질 11.42%, 조지방 0.28%, 조회분 6.96%, 탄수화물 73.23%의 조성을 보였다.

2. 라이코펜 함량

본 실험에서 사용된 토마토분말의 라이코펜 함량을 분석한 결과 3 mg/g으로 나타났다. Kim IS 등(2009a)의 연구에서는 토마토분말의 라이코펜 함량이 2 mg/100 g으로 나타나 본 실험에서 사용된 토마토분말의 라이코펜 함량이 더 높은 것으로 나타났다. 하지만 Beecher GR(1998), Clinton SK(1998), Mangels AR 등(1993) 등의 결과를 살펴보면 생토마토의 라이코펜 함량이 0.9~4.2 mg/g, 자몽은 0.35~3.4 mg/g, 파파야 0.11~5.3 mg을 함유하는 것으로 나타나 본 연구에서 사용된 토마토분말의 라이코펜 함량이 비교적 적은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 아직까지 정립되지 않은 라이코펜 정량 실험법에 의한 실험적인 오차의 가능성이 있다고 말할 수 있으며, 또한 분말상태로 가공하는 과정에서 일정부분 손실이 일어났을 가능성도 있다고 보여진다. 하지만 토마토분말은 파파야, 자몽 등의 다른 과채류보다 높은 라이코펜 함량을 보여 기능성 식품 소재로서 충분히 가능성이 있을 것이라 사료된다.

3. 이화학적 특성

토마토분말 첨가 소시지의 pH, 당도, 염도, 수분함량 측정 결과는 Table 2와 같다.

1) pH

pH는 linear model이 선정되었으며 토마토분말 첨가 소시지의 p-value는 0.0002로 유의성을 보였으며 회귀식을 살펴본

Table 2 Physiochemical characteristics of sausage prepared with tomato powder by response surface design

Mean±S.D.

Sample No.	Tomato Powder (g)	Starch (g)	Responses			
			pH	Sweetness (%/Brix)	Salinity (%)	Moisture content (%)
1	1	2	5.20±0.02	1.70±0.10	0.20±0.01	63.66±0.51
2	8	2	5.85±0.01	1.37±0.06	0.17±0.01	61.69±0.50
3	1	12	5.67±0.02	1.33±0.06	0.19±0.01	60.05±0.50
4	8	12	5.27±0.01	1.57±0.06	0.18±0.01	58.81±0.50
5	1	7	5.75±0.02	1.33±0.06	0.18±0.00	61.50±0.50
6	8	7	5.20±0.01	1.57±0.06	0.20±0.01	59.82±0.50
7	4.5	2	5.37±0.02	1.57±0.06	0.21±0.01	62.02±0.50
8	4.5	12	5.46±0.01	1.43±0.06	0.20±0.01	60.22±0.50
9	4.5	7	5.40±0.01	1.47±0.06	0.20±0.00	62.01±0.50
10	4.5	7	5.40±0.02	1.40±0.00	0.20±0.00	61.56±0.50

Table 3. Analysis of predicted model equation for physiochemical characteristics of sausage prepared with tomato powder Mean±S.D.

Response	Model	Mean±S.D.	R-squared ¹⁾	F-value ²⁾	Prob>F	Polynomial equation ³⁾
pH	Linear	5.46±0.076	0.9141	37.27***	0.0002	-0.27A-3.333E-003B +5.46
Sweetness	2FI	1.47±0.079	0.7295	5.39*	0.1437	+0.025A-0.052B+0.14AB +1.47
Salinity	Quadratic	0.19±0.012	0.5576	1.01	0.5111	-3.333E-003A-1.667E -033B+5.000E-033AB -0.016A ² -7.143E-004B ²
Moisture content	Linear	61.13±0.57	0.8725	23.95***	0.0007	-0.82A-1.38B+61.13

¹⁾0≤R2≤1, close to 1 indicates the regression line fits the model.

²⁾* p < 0.05, *** p < 0.001

³⁾A : Tomato powder, B : Starch

결과, 토마토분말이 pH에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다 (Table 3). 또한 토마토분말(A)이 증가할수록 pH는 감소하고 전분(B)은 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다(Figure 1). 이는 용해성에 따른 토마토 건조 분말을 첨가한 돈육 패티의 이화학적 특성 및 항산화 활성(Kim IS와 Chin KB 2011)의 연구에서 토마토분말 첨가량이 증가할수록 패티의 pH가 감소한다는 연구결과와 같은 경향을 나타내는 것을 알 수 있었다.

전분(B)의 계수가 토마토분말(A)보다 더 큰 값을 보여 전분(B)이 토마토분말(A)보다 당도에 영향을 더 많이 미치는 것으로 나타났다. 당도는 토마토분말(A)의 첨가량이 증가할수록 높아지고, 전분(B)의 첨가량이 증가할수록 낮아지는 양상을 보여(Figure 1) 두 요인의 교호작용으로 이러한 결과를 나타낸 것으로 사료된다. 이는 윤미향 등(2010)의 연구에서 토마토분말 첨가량이 증가할수록 당도가 높아지는 결과를 나타낸 것과 유사한 경향을 보였다.

2) 당도

당도는 2FI model로 결정되었고 p-value는 0.0386으로 유의적인 결과를 보였다(Table 3). Table 3의 회귀식을 살펴보면

3) 염도

염도는 p-value가 0.5111로 유의적이지 않은 결과를 보였다 (Table 3). Kim IS 등(2009b)의 연구에서는 토마토분말을 첨가

Figure 1. Perturbation plot and response surface plot for the effect of tomato powder(A) and starch(B) on physiochemical characteristics of sausage prepared with tomato powder.

Table 4. Mechanical characteristics of sausage prepared with tomato powder at various conditions by response surface design Mean $\pm$ S.D.

Sample No.	Tomato Powder (g)	Starch (g)	Responses ¹⁾						
			Color L	Color a	Color b	Hardness	Springiness	Chewiness	Cohesiveness
1	1	2	64.83 $\pm$ 1.09	8.20 $\pm$ 0.73	24.28 $\pm$ 1.64	3,645.00 $\pm$ 264.06	1.10 $\pm$ 0.17	3,276.67 $\pm$ 483.03	0.82 $\pm$ 0.01
2	8	2	57.70 $\pm$ 0.21	18.62 $\pm$ 0.32	43.23 $\pm$ 1.20	3,304.97 $\pm$ 447.21	2.70 $\pm$ 3.42	6,292.16 $\pm$ 797.73	0.71 $\pm$ 0.11
3	1	12	60.86 $\pm$ 0.41	8.86 $\pm$ 0.53	27.68 $\pm$ 2.19	4,724.00 $\pm$ 735.90	3.03 $\pm$ 3.25	14,070.00 $\pm$ 469.00	0.88 $\pm$ 0.01
4	8	12	54.36 $\pm$ 1.54	19.36 $\pm$ 0.47	44.42 $\pm$ 1.49	4,273.97 $\pm$ 166.61	1.02 $\pm$ 0.03	3,522.87 $\pm$ 133.68	0.81 $\pm$ 0.02
5	1	7	63.45 $\pm$ 0.21	8.46 $\pm$ 0.27	25.37 $\pm$ 0.58	4,543.40 $\pm$ 610.41	3.53 $\pm$ 3.43	12,851.20 $\pm$ 518.84	0.86 $\pm$ 0.01
6	8	7	56.64 $\pm$ 0.25	18.84 $\pm$ 0.66	43.87 $\pm$ 1.99	3,768.70 $\pm$ 181.35	1.00 $\pm$ 0.01	2,747.21 $\pm$ 28.66	0.73 $\pm$ 0.03
7	4.5	2	60.74 $\pm$ 0.45	15.06 $\pm$ 0.44	39.30 $\pm$ 0.62	4,172.80 $\pm$ 303.32	1.68 $\pm$ 1.18	5,685.68 $\pm$ 686.97	0.83 $\pm$ 0.01
8	4.5	12	56.00 $\pm$ 0.53	16.36 $\pm$ 0.42	41.43 $\pm$ 0.64	6,092.27 $\pm$ 161.04	2.44 $\pm$ 2.42	13,357.90 $\pm$ 913.80	0.81 $\pm$ 0.04
9	4.5	7	58.04 $\pm$ 1.05	15.23 $\pm$ 0.82	28.82 $\pm$ 1.04	4,994.33 $\pm$ 88002.08	1.01 $\pm$ 0.01	4,188.55 $\pm$ 660.20	0.81 $\pm$ 0.03
10	4.5	7	59.43 $\pm$ 0.46	15.90 $\pm$ 0.19	40.95 $\pm$ 0.16	5,201.37 $\pm$ 723.36	1.02 $\pm$ 0.03	4,369.88 $\pm$ 440.15	0.81 $\pm$ 0.01

¹⁾L (white +100 $\leftrightarrow$ 0 black), a (red +60 $\leftrightarrow$ -60 green), b (yellow +60 $\leftrightarrow$ -60 blue)

하지 않은 군과 첨가한 군의 염도가 같은 것으로 나타나 본 연구와 유사한 결과를 보였으며, 이를 통해 토마토분말의 첨가는 소시지의 염도에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

4) 수분함량

수분함량은 linear model이 선정되었다. p-value는 0.0007로 유의적으로 나타났다(Table 3). 회귀식을 살펴본 결과 전분(B)이 소시지의 수분함량에 더 큰 영향을 주는 인자로 나타났다. 선정된 모델에 대한 perturbation plot과 반응표면곡선은 Figure 1에 제시하였으며 토마토분말(A)과 전분(B) 첨가량 모두 증가할수록 수분함량이 감소하는 것으로 나타났다.

4. 기계적 특성

1) 색도(Color value)

토마토분말 첨가 소시지의 색도(L, a, b) 측정 결과는 Table 4와 같다. 토마토분말과 전분이 색도에 미치는 영향을 살펴본 회귀식은 Table 5에 제시하였다. 명도와 황색도는 linear 모델이, 적색도는 quadratic model이 선정되었다.

명도는 유의적인 결과(p<0.0001)를 나타내었으며, 회귀식을 살펴본 결과 토마토분말(A)이 전분(B)보다 더 많은 영향을 끼

치는 것으로 나타났다(Table 5). 명도에 대한 perturbation plot과 반응표면곡선을 살펴본 결과 토마토분말(A)과 전분(B)의 첨가량이 증가할수록 명도가 낮아지는 결과가 나타났다(Figure 2). 이는 Eyilera E와 Oztan A(2011)의 토마토 분말을 첨가한 프랑크 푸르트 소시지의 연구 결과와 비슷한 경향을 보였다. 적색도는 유의적인 결과(p<0.0001)를 나타내었으며, 회귀식을 살펴본 결과 토마토분말이 가장 큰 영향을 주는 인자로 나타났다(Table 5). Figure 2의 perturbation plot과 반응표면곡선에 의하면 토마토분말(A)의 첨가량이 증가할수록 적색도는 크게 증가하고 전분(B)의 첨가량이 증가할수록 적색도는 완만히 증가하는 것으로 나타났다. 이는 Garcia ML 등(2009)의 건조 토마토 과피를 첨가한 햄버거 패티의 연구결과와 같은 견해를 보이며 이러한 결과는 토마토분말의 붉은 색을 나타내는 라이코펜의 영향이라고 여겨진다. 황색도는 유의적인 결과(p<0.01)를 나타내었으며, 회귀식을 살펴본 결과 토마토분말이 전분보다 황색도에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다. Figure 2의 perturbation plot과 반응표면곡선에 의하면 토마토분말(A)의 첨가량이 증가할수록 황색도가 급격히 증가하고 전분(B)의 첨가량이 증가할수록 완만히 증가하는 것으로 나타났다. 황색도는 적색도와 마찬가지로 Garcia ML 등(2009)의 연구결과와 비슷한 경향을 보였다.

Table 5. Analysis of predicted model equation for mechanical characteristics of sausage prepared with tomato powder

Response ¹⁾	Model	Mean±S.D.	R-squared ²⁾	F-value ³⁾	Prob>F	Polynomial equation ⁴⁾
Color L	Linear	59.20±0.84	0.9502	66.73 ^{***}	<0.0001	-3.41A-2.01B+59.21
Color a	Quadratic	14.49±0.29	0.9980	399.28 ^{***}	<0.0001	+5.22A+0.45B+0.020AB -1.94A ² +0.12B ² +15.57
Color b	Linear	35.94±4.21	0.0036	14.01 ^{**}	0.0036	+9.03A+1.12B+35.94
Hardness	Quadratic	4,472.08±300.21	0.9416	12.89 [*]	0.0141	-260.79A+661.25B -27.50AB-1058.23A ² -81.74B ² +5156.06
Springiness	2FI	1.85±0.80	0.5607	2.55	0.1515	-0.49A+0.17B-0.90AB +1.85
Chewiness	2FI	7,036.21±2,793.96	0.7478	5.93 [*]	0.0316	-2939.27A+2616.04B -3390.65AB+7036.21
Gumminess	Quadratic	2,709.85±1,046.59	0.5803	1.11	0.4743	-414.74A+31.68B-4.09AB +1325.34A ² +1325.34B ² +1675.48
Cohesiveness	Linear	0.81±0.027	0.7965	13.70 ^{**}	0.0038	-0.052A+0.023B+0.81

¹⁾L (white +100 ↔ 0 black), a (red +60 ↔ -60 green), b (yellow +60 ↔ -60 blue)

²⁾0≤R²≤1, close to 1 indicates the regression line fits the model.

³⁾*** p < 0.001, ** p < 0.01, * p < 0.05

⁴⁾A : Tomato powder, B : Starch

Figure 2. Perturbation plot and response surface plot for the effect of tomato powder(A) and starch(B) on mechanical characteristics of sausage prepared with tomato powder.

2) 조직감(Texture)

토마토분말 첨가 소시지의 조직감 측정 결과는 Table 4와 같다. 경도는 quadratic model이 선정되었으며(Table 4), 유의적인 결과($p < 0.05$)를 나타냈다(Table 5). Table 5의 회귀식을 통해 전분의 양이 소시지의 경도에 가장 큰 영향을 주는 것으로 나타났으며, 전분(B)의 첨가량이 증가할수록 경도가 증가하였고, 토마토분말(A)의 첨가량이 증가할수록 경도가 증가하다가 급격히 감소하는 경향을 보였다(Figure 2). 이는 전분 첨가량이 많아질수록 소시지가 상대적으로 수분함량이 낮아져 경도를 증가시키는 것으로 판단되며, Picha DH(1987)의 연구에서 토마토가 유기산, 무기산 및 많은 당분을 함유하고 있어 고기 및 지방의 소화를 돕는 일을 하고 있다고 보고하여 토마토분말 첨가량이 많아질수록 경도가 감소하는 경향을 보였다고 판단할 수 있다. 또한 소시지 제조 시 전분이 결합제로 작용하므로 토마토 분말 첨가량이 증가하면 결합력이 감소하며 경도가 감소한 것으로 사료된다. 씹힘성은 2FI model이 선정되었으며(Table 5) 유의적인 결과를 나타냈다($p < 0.05$). 전분(B) 첨가량이 증가할수록 씹힘성은 급격하게 증가하였으며 반대로 토마토분말(A)의 증가는 씹힘성을 감소시키는 것을 확인할 수 있었다(Figure 2). 응집성은 linear 모델이 선택되었으며(Table 5), 유의적인 결과를 나타내었다($p < 0.05$). 토마토분말(A)의 첨가량이 증가할수록 응집성이 증가하였고 반대로 전분(B)의 첨가량이 증가할수록 응집성이 감소하는 것으로 나타났다(Figure 2).

5. 항산화적 특성

1) 총 폴리페놀 함량

각 10개의 실험점에 따른 토마토분말 첨가 소시지의 총 폴리페놀 함량 측정 결과는 Table 6과 같다. 토마토분말 첨가 소시지의 총 폴리페놀 함량은 quadratic model이 선정되었으며, p-value는 < 0.0001 로 유의적으로 나타났다(Table 7). Table 7의 회귀식을 살펴보면 토마토분말(A)의 첨가량이 총 폴리페놀 함량에 더 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. Figure 3의 perturbation plot과 반응표면곡선을 살펴본 결과 토마토분말(A)이 증가할수록 총 폴리페놀 함량은 급격하게 증가하는 경향을 보였고, 전분(B)은 그 함량이 증가할수록 총 폴리페놀

함량이 완만히 감소하는 것을 볼 수 있었다. Kim MJ(2011)의 연구에서는 항산화 기능이 높은 식품으로 알려진 자두, 포도, 귤 각각 1,587 mg/g, 1,406 mg/g, 1,023 mg/g의 페놀 함량을 보여 토마토분말의 항산화 기능성이 우수함을 확인할 수 있었다. 이렇듯 토마토분말은 높은 페놀 함량을 보이기 때문에 Table 6과 같은 결과를 보였다고 사료된다.

Table 6. Antioxidant activity of sausage prepared with tomato powder by response surface design Mean $\pm$ S.D.

Sample No.	Tomato Powder (g)	Starch (g)	Responses	
			Total phenolic content (mg/g)	DPPH free radical scavenging activity (%)
1	1	2	0.42 $\pm$ 0.01	22.97 $\pm$ 0.55
2	8	2	0.94 $\pm$ 0.12	57.76 $\pm$ 1.22
3	1	12	0.43 $\pm$ 0.00	17.84 $\pm$ 1.20
4	8	12	0.81 $\pm$ 0.05	45.01 $\pm$ 2.56
5	1	7	0.44 $\pm$ 0.02	23.49 $\pm$ 1.27
6	8	7	0.87 $\pm$ 0.02	46.28 $\pm$ 3.29
7	4.5	2	0.69 $\pm$ 0.03	34.66 $\pm$ 1.07
8	4.5	12	0.67 $\pm$ 0.07	37.82 $\pm$ 7.88
9	4.5	7	0.69 $\pm$ 0.04	40.22 $\pm$ 0.60
10	4.5	7	0.69 $\pm$ 0.05	33.12 $\pm$ 1.41

2) DPPH 자유 라디칼 소거능

각 10개의 실험점에 따른 토마토분말 첨가 소시지의 DPPH 자유 라디칼 소거능 측정 결과는 Table 6과 같다. 토마토분말 첨가 소시지의 DPPH 자유 라디칼 소거능은 linear model이 선정되었으며 p-value는 0.0002로 유의적으로 나타났고 R2값은 0.9151로 모델의 적합성이 인정되었다(Table 7). Table 7의 회귀식을 살펴보면 토마토분말(A)이 전분(B)보다 DPPH 자유 라디칼 소거능에 더 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 선정된 모델에 대한 perturbation plot과 반응표면 곡선은 Figure 3과 같으며 토마토분말(A)의 첨가량이 증가할수록

Table 7. Analysis of predicted model equation for antioxidant activity of sausage prepared with tomato powder

Response	Model	Mean $\pm$ S.D.	R-squared ¹⁾	F-value ²⁾	Prob>F	Polynomial equation ³⁾
Total phenolic content	Quadratic	0.66 $\pm$ 0.01	0.9978	359.23 ^{***}	<0.0001	+0.22A-0.023B-0.035AB -0.032A ² -7.143E-003B ² +0.69
DPPH free radical scavenging activity	Linear	35.92 $\pm$ 4.04	0.9151	37.74 ^{***}	0.0002	+14.12A-2.45B+35.92

¹⁾ $0 \leq R^2 \leq 1$, close to 1 indicates the regression line fits the model.

²⁾ ^{***} $p < 0.001$

Figure 3. Perturbation plot and response surface plot for the effect of tomato powder(A) and starch(B) on antioxidant activity characteristics of sausage prepared with tomato powder.

DPPH 자유 라디칼 소거능의 수치는 급격히 증가하였다. 이와 달리 전분(B)의 첨가량이 증가할수록 DPPH 자유 라디칼 소거능은 감소하는 모습을 나타내었다. Basuny AM 등(2009)의 연구에서는 토마토 라이코펜의 농도별 DPPH 자유 라디칼 소거능을 측정한 결과, 라이코펜의 농도가 높을수록 활성능이 유의적으로 증가한 결과를 보여 본 연구결과와 유사한 경향을 보였다. 이와 같은 결과로 토마토펀말의 첨가량이 증가할수록 항산화능이 급격히 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

6. 관능적 특성

토마토펀말과 전분을 독립변수로 제조한 각 10개의 소시지는 색, 풍미, 부드러움, 씹힘성, 전반적인 기호도에 대한 항목에 해당하는 점수는 Table 8과 같다. 결과값의 회귀식은 Table 9에 제시하였고, 관능적 특성에 대한 perturbation plot과 반응표면곡선은 Figure 4에 제시하였다.

색(Color)에 대한 기호도는 3.04~5.62의 범위를 나타냈으며 (Table 8), quadratic 모델이 선정되었다. p-value는 0.0148로 유의적인 결과를 보였다(Table 9). Figure 4의 perturbation

plot과 반응표면곡선을 살펴보면 토마토펀말(A)과 전분(B)의 양이 증가할수록 기호도는 증가하다가 다시 감소하는 것을 알 수 있었다.

풍미(Flavor)에 대한 기호도는 3.24~5.92의 범위를 나타냈으며(Table 8), quadratic 모델이 선정되었다. p-value는 0.0144로 유의적인 결과를 보였다(Table 9). 또한 회귀식에서 나타난 계수들을 살펴보면 토마토펀말이 풍미에 더 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. Figure 4에서 향의 기호도에 대한 perturbation plot과 반응표면곡선을 살펴본 결과 토마토펀말(A)의 첨가량이 증가함에 따라 기호도가 증가하다가 급격히 감소하는 것을 볼 수 있었으며 전분(B)의 첨가량이 증가할수록 기호도는 완만히 증가하다가 감소하는 결과가 나타났다.

씹힘성 (Chewiness)에 대한 기호도는 2.40~5.92점의 범위를 나타냈으며(Table 8), quadratic 모델이 선정되었다. p-value는 0.0409로 유의적인 결과를 보였다(Table 9). 회귀식에서 나타난 계수들을 살펴본 결과, 토마토펀말이 씹힘성에 더 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. Figure 4에 나타나있는 perturbation plot과 반응표면곡선을 살펴본 결과, 토마토펀말(A)은 첨가량이 증가할수록 기호도가 증가하다가 급격하게 감

Table 8. Sensory characteristics of sausage prepared with tomato powder at various conditions by response surface design

Mean±S.D.

Sample No.	Tomato Powder (g)	Starch (g)	Responses				
			Color	Flavor	Tenderness	Chewiness	Overall quality
1	1	2	3.04±1.46	3.40±1.22	3.52±1.29	4.00±1.66	3.60±1.44
2	8	2	3.56±1.39	3.40±1.58	3.64±1.75	2.56±1.29	2.76±1.39
3	1	12	3.44±1.19	3.68±1.49	3.64±1.41	4.32±1.70	3.52±1.26
4	8	12	3.12±1.47	3.72±1.51	3.76±1.56	2.84±1.40	3.00±1.38
5	1	7	3.44±1.42	3.76±1.48	4.08±1.53	4.4±1.53	3.72±1.24
6	8	7	3.87±1.35	3.24±1.23	3.24±1.67	2.4±1.08	3.08±1.22
7	4.5	2	4.37±1.32	4.80±1.19	4.32±1.52	4.12±1.24	4.52±1.45
8	4.5	12	4.37±1.39	5.20±1.08	4.80±1.26	4.72±1.40	5.16±1.21
9	4.5	7	5.62±0.95	5.76±0.78	5.92±0.81	5.84±0.85	6.12±0.60
10	4.5	7	5.62±0.94	5.92±0.76	6.12±0.73	5.92±0.64	6.28±0.74

Minimum & Maximum score for each statement is 1-7.

Table 9. Analysis of predicted model equation for sensory test of sausage prepared with tomato powder

Response	Model	Mean±S.D.	R-squared ¹⁾	F-value ²⁾	Prob>F	Polynomial equation ³⁾
Color	Quadratic	4.05±0.35	0.9399	12.52 [*]	0.0148	+0.11A-6.667E-003B-0.21AB -1.46A ² -0.74B ² +5.37
Flavor	Quadratic	4.29±0.38	0.9409	12.73 [*]	0.0144	-0.080A+0.17B+0.010AB-1.83A ² -0.33B ² +5.59
Tenderness	Quadratic	4.30±0.62	0.8297	3.90	0.1060	-1.10A+0.12B+0.000AB-1.54A ² -0.64B ² +5.61
Chewiness	Quadratic	4.11±0.59	0.8980	7.05 [*]	0.0409	-0.82A+0.20B-1.000E-002AB -1.63A ² -0.61B ² +5.45
Overall quality	Quadratic	4.18±0.48	0.9385	12.21 [*]	0.0155	-0.33A+0.13B+0.080AB-2.13A ² -0.69B ² +5.86

¹⁾ $0 \leq R^2 \leq 1$, close to 1 indicates the regression line fits the model.

²⁾ * $p < 0.05$

³⁾ A : Tomato Powder, B : Starch

Figure 4. Perturbation plot and response surface plot for the effect of tomato powder(A) and starch(B) on sensory characteristics of sausage prepared with tomato powder.

소하였고 전분(B)는 첨가량이 증가할수록 완만히 증가하다가 완만히 감소하는 것을 볼 수 있었다.

전반적인 기호도 (Overall quality)는 2.76~6.28의 범위를 나타냈으며(Table 8), quadratic 모델이 선정되었다. p-value는

0.0155로 유의적인 결과를 보였다(Table 9). Table 9의 회귀식에서 나타난 계수들을 살펴보면 토마토분말의 첨가량이 전반적인 기호도에 더 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. Figure 4에서 전반적인 기호도에 대한 perturbation plot과 반

Figure 5. Perturbation plot, response surface plot, and overlay plot for the effect of tomato powder (A) and starch (B) on desirability of sausage prepared with tomato powder.

응표면곡선을 살펴본 결과 토마토분말(A)과 전분(B)의 첨가량이 증가함에 따라 기호도가 증가하다가 다시 감소하는 경향을 보였다.

7. 토마토분말 첨가 소시지의 관능의 최적화

토마토분말 첨가 소시지의 제조조건 최적화는 독립변수인 토마토분말과 전분의 배합 범위 내에서 유의적인 결과를 나타낸 관능검사 항목인 색(color), 풍미(flavor), 씹힘성(chewiness), 전반적인 기호도(overall quality)를 maximum으로 설정하여 canonical 모형의 수치 최적화(numerical optimization)를 예측하였으며, 지점 예측(point prediction)을 통해 최고의 desirability를 나타낸 최적점을 선택하여 도출하였다.

선택된 최적점과 최적화된 토마토분말 첨가 소시지의 표준 레시피는 토마토분말(A)은 4.26 g, 전분(B)은 7.51 g으로 예측되었다. 이때 사용된 반응 모형을 이용한 모형적 최적화(Graphical optimization)와 perturbation plot은 Figure 5에 제시하였으며 도출된 최적점에서의 종속변인들의 특성은 Figure 5의 overlay plot에 제시하였다.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 뛰어난 생리활성 기능을 가지고 천연색소를 다량 함유하는 토마토를 분말상태로 소시지에 적용하여 기능성을 가지는 소시지를 개발하고자 하였다. 토마토분말 첨가 소시지의 최적 제조조건을 토마토분말 첨가 소시지의 품질특성 및 관능적 특성의 최적화를 통하여 산출하였다. 또한 산출된 최적조건으로 제조한 최적화된 토마토분말 첨가 소시지와 첨가하지 않은 대조구 각각의 이화학적 특성, 기계적 특성, 관능적 특성의 분석을 통해 기능성 소시지로서의 가능성을 타

진해보고자 하였다.

토마토분말 첨가 소시지의 이화학적 특성 측정 결과 pH($p < 0.001$), 당도($p < 0.05$) 항목에서 모형의 적합성이 인정되었다. 토마토분말 첨가 소시지의 기계적 특성 측정 결과 color L($p < 0.001$), color a($p < 0.001$), color b($p < 0.01$), 경도($p < 0.05$), 씹힘성($p < 0.05$), 응집성($p < 0.01$) 항목에서는 모형의 적합성이 인정되었다. 토마토분말 첨가 소시지의 항산화적 특성 측정 결과 DPPH 자유 라디칼 소거능($p < 0.001$) 항목에서 모형의 적합성이 인정되었다. 관능검사 분석 결과 색($p < 0.05$), 풍미($p < 0.05$), 씹힘성($p < 0.05$), 전반적인 기호도($p < 0.05$)에서 모형의 적합성이 인정되었다.

토마토분말 첨가 소시지의 최적화는 독립변수인 토마토분말(A)과 전분(B)의 범위 내에서 관능검사 항목 중 유의적인 결과의 범위를 최대로 설정하고 유의적이지 않은 결과는 포함시키지 않은 상태로 설정하였다. 그리하여 모형화에 의해 결정된 수치적 최적점(numerical point)을 예측한 결과 토마토분말은 4.26 g, 전분은 7.51 g으로 토마토분말 첨가 소시지의 최적배합비율이 결정되었다.

이상의 결과로 우수한 생리활성기능을 가지는 토마토분말을 첨가하여 제조한 소시지는 영양학적, 기능적, 품질 및 기호도 측면에서 충분한 경쟁력이 있을 것으로 생각되며, 더 나아가 인공 식품첨가물을 대신하여 사용할 수 있는 천연 발색제 및 항산화제로서의 가능성을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- 윤미향, 송인경, 조지은, 김다미, 김영식, 김경희, 육홍선. 2010. 토마토 분말을 첨가한 떡볶이 소스의 품질 특성. 2010년 동아시아식생활학회 학술발표대회논문집. No.5. pp 103-103
- AOAC. 1996. Official method of analysis, vol. 2, 16th ed., Association of official chemists, Virginia, USA, pp 8-35

- Basuny AM, Gaagar AM, Arafat SM. 2009. Tomato lycopene is a natural antioxidant and can alleviate hypercholesterolemia, *African J Biotechnol* 8(23):6627-6633
- Beecher GR. 1998. Nutrient content of tomatoes and tomato products, *Exp Biol Med*, 218(2):98-100
- Ben-Amotz A, Fisher R. 1997. Analysis of carotenoids with emphasis on 9-cis β -carotene in vegetables and fruits commonly consumed in Israel, *Food Chem* 62(4):515-520
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical, *Nature* 26(4):1199-1200
- Choi CH, Song ES, Kim JS, Kang MH. 2003. Antioxidant activities of *Castanea crenata* flos, methanol extracts, *Korean J Food Sci, Technol*, 35(1):116-120
- Choi SK. 2007. Quality characteristics of Demi-glaze sauce with pine mushroom and mushroom powder added, *Korean J Culinary Res* 13(4):119-127
- Clinton SK. 1998. Lycopene : chemistry, biology, and implication for human health and disease, *Nutr Rev*, 56(2):35-51
- Eriksson CE. 1987. Oxidation of lipids in food system, Academic Press: London, pp 3-20
- Eyilera E, Oztan A. 2011. Production of frankfurters with tomato powder as a natural additive, *LWT - Food Sci Technol* 44(1):307-311
- Fiddler W, Piotrowski EG, Pensabene JW, Doerr RC, Wasserman, A.E. 1972. Effect of sodium nitrite concentration on N-nitrosodimethylamine formation in frankfurters, *J Food, Sci* 37(5):68-70
- Friedman M. 2002. Tomato glycoalkaloids: Role in the plant and in the diet, *J Agric Food Chem*, 50:5751-5760
- Garcia M,L, Calvo M,M, Selgas M,D. 2009. Beef hamburgers enriched in lycopene using dry tomato peel as an ingredient, *Meat Sci*, 83(1):45-49
- Kim HS, Chin KB. 2011. Physico-chemical properties and antioxidant activity of pork patties containing various tomato powders of solubility, *Korean J Food Sci Ani Resour*, 31(3):436-441
- Kim IS, Jin SK, Hur IC, Choi SY, Jung HJ, Lee JK, Kang SH, Woo GM, Kang SN. 2009a. Effect of tomato powder on meat patties as nitrite alternatives, 29(3):382-390
- Kim IS, Jin SK, Kang SN, Hur IC, Choi SY. 2009b, Effect of olive-oil prepared tomato powder (OPTP) and refining lycopene on the physicochemical and sensory characteristics of seasoned raw pork during storage, *Korean J. Food Sci, Ani, Resour*, 29(3):334-339
- Kim MJ. 2011. Antioxidant activity by total polyphenolic contents of regularly consumed 60 vegetables and fruits in Korea, Masters degree thesis, Kyungnam University, pp 23-28
- Kleef E, Thijp H, Luning P. 2005. Functional foods: health claim-food product compatibility and the impact of health claim framing on consumer evaluation, *Appetite*, 44(3):299-308
- Mangels AR, Holden JM, Beecher GR, Forman MR, Lanza E. 1993. Carotenoid content of fruits and vegetables: an evaluation of analytic data, *J Amer Dietary Asso*, 93:284-296
- Mascio P, Kaiser S, Sies, H. 1989. Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher, *Arch Biochem Soc Trans*, 274(2):532-538
- Picha DH. 1987. Sugar and organic acid content of cherry tomato fruit at different ripening stages, *J. Amer. Soc. Hort. Sci*, 22(1):94-96
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent, *Methods Enzymol*, 299:152-178
- Tonucci HL, Holden MJ, Beecher RG, Khachik F, Davis SC, Mulokozi G. 1995. Carotenoid content of thermally processed tomato-based food products, *J Agric Food Chem* 43(3):579-586
- Youn SK, Park SM, Kim YJ, Ahn DH. 2001. Studies on substitution effect of chitosan against sodium nitrite in pork sausage, *Korean J Food Sci Technol* 33:551-559