

시판 토마토케첩의 이화학적 특성 및 항산화활성

정해정*

대진대학교 식품영양학과

Physicochemical Properties and Antioxidant Activity of Commercial Tomato Ketchup

Hai-Jung Chung*

Department of Food Science and Nutrition, Daejin University

Abstract

The objective of this study was to investigate the physicochemical properties and antioxidant activities of seven (A, B, C, D, E, F, G) commercial ketchups marketed in Korea. The 70% ethanol extracts were prepared and evaluated for total phenolic content, DPPH and ABTS radical scavenging activities, and metal chelating effect. pH ranged from 3.64 to 3.94, and soluble solid and reducing sugar contents of samples were 2.21~3.51°Brix and 4.78~13.45%, respectively. Salinity of samples was in the range of 1.79 to 3.21%, and sample G showed the lowest salinity. The lightness, redness, and yellowness of the Hunter color system of samples were 15.42~19.94, 18.55~23.98, and 20.87~24.34, respectively. The phenolic contents ranged from 1.37 to 2.60 mg GAE (gallic acid equivalents)/g, with samples F and G exhibiting the highest contents. Antioxidant activity determined based on DPPH and ABTS radical scavenging activities, and metal chelating effects were 45.10~90.87, 55.35~92.53, and 71.10~92.20%, respectively, at a concentration of 200 mg/mL. Samples A and G showed higher antioxidant activity than other samples. There were positive correlations between phenolic contents and antioxidant activity, suggesting that phenolic compounds are the major contributors to antioxidant activity.

Key Words: Physicochemical, antioxidant activity, commercial, tomato ketchup

1. 서론

토마토케첩(tomato ketchup)은 토마토를 으갠 뒤 설탕, 소금, 식초, 마늘, 향신료 등을 첨가하여 농축시킨 것으로(Lee et al. 1997), 새콤하고 달콤한 맛이 어린이를 포함한 모든 연령층의 기호에 잘 맞아 가장 많이 사용되는 소스 중의 하나이다. 케첩은 원래 토마토뿐만 아니라 다른 채소나 과일을 가공하여 설탕, 소금, 향신료 등을 넣어 만든 소스를 일컫는데, 전 세계적으로 토마토를 이용한 케첩이 가장 많기 때문에 케첩하면 토마토케첩으로 통용되고 있다(Kim 2011). 오늘날과 같은 형태의 토마토케첩은 1876년 미국 하인즈(Heinz)사에 의해 판매되기 시작하였고(Heinz 2015) 국내에서는 1971년 오투기 식품에서 최초로 생산되었다(Ottogi 2015). 케첩은 감자튀김, 햄버거, 핫도그, 피자 등 주류 따뜻한 요리와 함께 제공되며, 다른 소스나 드레싱의 기초 성분으로도 사용되고 있다(Wikipedia 2015). 케첩의 주재료는 토마토이므로 케첩의 영양효과는 토마토에 다량 함유되어 있는 카로티노이드계인 베타카로틴(β -carotene)과 라이코펜

(lycopene)과 관련이 있다(Rajch et al. 2010). 베타카로틴은 비타민 A의 전구체로서 항산화 효과가 우수한 것으로 알려져 있고, 라이코펜은 항산화 효과 외에 대장암, 전립선암, 직장암, 위암 등의 암 발생 억제 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(Shi et al. 2004; Rajch et al. 2010). 토마토는 케첩을 만드는 과정에서 가열, 농축되기 때문에 카로틴 및 라이코펜의 함량이 생 토마토에 비해 증가하게 되고 특히 라이코펜은 trans형에서 cis형으로의 전환이 증가하는데 cis형은 생체 이용률이 매우 높은 것으로 보고된 바 있다(Shi et al. 2004). 케첩은 토마토 가공품 중 생산량이 가장 많은 품목으로 국내에서도 식생활의 서구화에 따라 매년 소비량이 증가하고 있으며 케첩과 마요네즈의 국내 시장 규모는 약 2,000억 원에 이른다고 한다(Hwang 2014). 최근 건강 식단에 대한 소비자들의 관심이 증가하고 있고, 외식을 통하여 다양한 식문화를 경험하게 됨에 따라 각양각색의 소스 제품들이 판매되고 있는 가운데 오랜 역사를 이어온 케첩도 건강지향성과 기능성을 강화시킨 제품들이 개발되고 있다. 그 예로 토마토 이외의 다양한 채소와 과일을 첨가하거나, 당과 소듐

*Corresponding author: Hai-Jung Chung, Department of Food Science and Nutrition, Daejin University, 1007 Hoguk-ro, Pocheon-si, Gyeonggi, Korea
Tel: 82-31-539-1861 Fax: 82-31-539-1860 E-mail: haijung@daejin.ac.kr

함량을 감소시킨 케첩제품들이 판매되고 있다. 이에 본 연구에서는 시중에서 판매되는 토마토케첩의 일부를 선택하여 이화학적 특성 및 항산화성을 측정하고 비교함으로써 향후 새로운 케첩 제품 개발을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 재료 및 시약

본 실험에서는 서울 시내 중·대형마트에서 판매되고 있는 토마토케첩 7 종류를 구입하여 시료로 사용하였다. 선택된 제품들은 A, B, C, D, E, F, G로 각각 표기하여 제조사명이 노출되는 것을 피하였고 각각의 대표적인 정보는 <Table 1>에 나타내었다. 실험에 사용한 시약 중 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS), 1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl (DPPH), ferrozine, Folin-ciocalteau's phenol reagent, gallic acid, potassium persulfate 등은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였고 그 외의 시약은 특급 및 일급을 구입하여 사용하였다.

2. pH, 가용성 고형분, 환원당, 점도 측정

pH는 시료 1 g을 증류수 10 mL에 희석시킨 후 pH meter (inoLab, pH 720, Weilheim, Germany)로 측정하였다. 가용성 고형분은 시료 1 g을 증류수 10 mL에 희석시킨 후 원심 분리한 상등액 중 200 µL를 취하여 디지털 당도계(Atago PR-101a, Tokyo, Japan)로 측정하여 °Brix (%)로 나타내었다. 환원당 함량은 Miller법(1959)을 일부 변형하여 측정하였다. 즉, 시료 1 g에 증류수 50 mL를 가하여 잘 혼합하고 이 중 0.2 mL를 취한 후 DNS (dinitrosalicylic acid) 시약 3 mL를 첨가하여 vortex mixer로 혼합하였다. 이어 끓는 물에 5분간 중탕한 후 급냉하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다.

포도당을 표준물질로 사용하여 농도별로 검량선을 작성한 다음 시료 내의 환원당 함량을 구하였다. 점도(viscosity)는 상온에서 점도계(Viscostar L, JP Selecta, Barcelona, Spain) 4번 spindle을 사용하여 2.5 rpm에서 측정하였고 3회 반복 실시하였다.

3. 염도 측정

염도는 시료 1 g에 증류수 100 mL를 가하여 희석한 후 10 mL를 취하고 10% potassium chromate 1 mL를 넣어 잘 혼합한 다음 0.02 N AgNO₃로 적정하여 다음 식으로 계산하였다.

$$\text{염도(\%)} = \frac{\text{소비된 AgNO}_3 \text{ (mL)} \times 0.00117 \times \text{AgNO}_3 \text{ factor} \times \text{희석부피(mL)}}{\text{시료량 (g)}} \times 100$$

4. 색도 측정

색도는 색차계(JX 777, Juki, Tokyo, Japan)를 이용하여 L (lightness, 명도), a (redness, 적색도), b (yellowness, 황색도) 값을 4회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

5. 기능성 분석

1) 추출액 제조

추출액 제조는 각각의 시료에 20배의 70% 에탄올을 가하고 30에서 12시간 추출하는 과정을 2회 반복 실시하였다. 추출액을 여과지(Whatman filter paper No. 1)로 여과한 후 진공농축기(Buchi R-114, Flawil, Switzerland)로 감압농축하여 동결 건조시킨 다음 일부를 취하여 100, 200 mg/mL의 농도가 되도록 각각 50% dimethyl sulfoxide에 용해한 후 시료로 사용하였다.

<Table 1> Description of commercial tomato ketchup

Type	Product name	Main ingredients	Sugars and sodium contents (per 100 g)
A	Rich tomato ketchup	Tomato paste, corn syrup, fructose, sugar, ketchup base, vinegar	Sugars 20 g Sodium 910 mg
B	Tomato ketchup	Concentrated tomato, high fructose corn syrup, corn syrup, vinegar, salt, onion powder	Sugars 23.5 g Sodium 940 mg
C	Ketchup, basics	Tomato paste, corn syrup, sugar, vinegar, salt, onion	Sugars 25 g Sodium 1,260 mg
D	Vegetable ketchup	Tomato paste, sugar, vinegar, salt, onion puree, carrot puree, tomato puree	-
E	Fruits and vegetable ketchup	Tomato paste, high fructose corn syrup, corn syrup, onion, carrot, concentrated apple juice, concentrated grape puree, concentrated pineapple juice, vinegar, salt	Sugars 26 g Sodium 1,000 mg
F	Tomato ketchup for kids	Tomato paste, isomaltooligosaccharide, fructose, corn syrup, vinegar, salt	Sugars 19 g Sodium 1,030 mg
G	1/2 Half ketchup	Tomato paste, corn syrup, sugar, vinegar, salt, concentrated grapefruit juice	Sugars 17 g Sodium 600 mg

2) 총 페놀 함량 측정

총 페놀 함량은 Dewanto et al.(2002)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 즉, 각 시료용액 0.1 mL에 증류수 1.9 mL를 가하고 Folin-ciocalteau's phenol reagent 0.2 mL를 첨가하여 실온에서 3분간 반응시켰다. 포화 Na₂CO₃ 용액 0.4 mL와 증류수 1.9 mL를 가하여 혼합하고 실온에서 1시간 방치한 후 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도는 gallic acid를 이용하여 작성한 검량곡선으로부터 gallic acid equivalents (GAE) mg/g으로 나타내었다.

3) DPPH법에 의한 free radical 소거능 측정

시료용액의 DPPH free radical 소거능은 Blois(1958)의 방법에 따라 0.1 mM DPPH 용액 2 mL에 시료용액 0.4 mL를 가하여 잘 혼합하고 실온에서 30분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하여 시료용액 첨가군과 무첨가군 간의 흡광도 비(%)로 나타내었다.

4) ABTS radical 소거능 측정

시료 용액의 ABTS radical 소거능은 Re et al.(1999)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 즉, ABTS 용액과 2.45 mM potassium persulfate를 14:1로 혼합(v/v)하여 실온의 암소에서 20시간 방치한 후 증류수를 가하여 734 nm에서의 흡광도 값이 0.70 내외가 되도록 희석하였다. 이 중 1.6 mL를 취하여 시료용액 0.1 mL를 가하고 실온에서 5분간 방치한 다음 734 nm에서 흡광도를 측정하여 시료용액 첨가군과 무첨가군 간의 흡광도 비(%)로 나타내었다.

5) Metal chelating effect 측정

시료용액의 metal chelating effect는 Gulcin(2006)의 방법을 약간 변형하여 측정하였다. 각 시료용액 0.5 mL에 2 mM FeCl₂ 0.1 mL를 가하고 5 mM ferrozine 0.1 mL와 ethanol 2.8 mL를 가한 후 실온에서 10분간 방치한 다음 562 nm에서 흡광도를 측정하여 시료용액 첨가군과 무첨가군 간의 흡광도 비(%)로 나타내었다.

6. 통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복 측정하였고 SPSS (Version 21 IBM SPSS Statistics)를 이용하여 평균±표준편차로 표시하였다. 각 실험군 간의 차이는 유의수준 p<0.05에서 분산분석(ANOVA)으로 분석한 다음 Duncan's multiple range test로 평균치간의 유의적 차이를 검증하였다. 총 페놀 함량과 항산화활성 간의 연관성을 알아보기 위하여 Pearson 상관분석을 실시하여 상관계수(r, correlation coefficient)로 비교하였다.

III. 결과 및 고찰

1. pH, 가용성 고형분, 환원당, 점도

시판 토마토케첩 종류에 따른 pH, 가용성 고형분, 환원당, 점도를 측정된 결과는 <Table 2>와 같다. pH는 B시료가 3.64로 가장 낮았고 G시료가 3.73으로 그 다음 순으로 낮았으며 그 외의 시료는 3.84~3.94의 범위를 나타내었다. 가용성 고형분 함량은 2.21~3.51°Brix의 범위로 G시료가 가장 낮았고 C시료와 F시료가 가장 높게 나타났다. 환원당 함량은 4.78~13.45%로 D시료와 G시료가 가장 낮았고 B시료와 E시료가 가장 높았다(p<0.05). 특히 G시료는 환원당 함량이 다른 제품의 약 1/2 정도로 나타났는데 이는 G시료가 당분의 함량을 일반 케첩의 1/2로 줄인 것으로 표기한 것<Table 1>과 일치하는 결과이다. 점도는 A, B, E, G시료가 유의적인 차이없이 23,276~25,786 cP로 낮게 나타났고 D시료가 42,373 cP로 가장 높게 나타났다. Ha & Kwak(2009)은 신선한 토마토와 통조림 토마토의 배합배율을 달리하여 제조한 모델 토마토소스의 경우, pH는 4.07~4.12, 환원당 함량은 3.31~5.70%로 보고하였다. Kim et al.(2009)은 5 종류의 토마토 품종으로 소스를 개발하고 이화학적 특성을 측정된 결과 pH는 4.07~4.13, 당도는 7.93~9.80°Brix, 환원당은 52.37~54.54 mg/g, 점도는 19,820.70~21,375.00 rpm의 범위로 나타났다고 보고하였다. Lee et al.(2012)은 국내산 고추를 이용하여 제조한 고추케첩의 경우, pH 3.7, 당도 36.3°Brix, 환원당 35.19%, 염도 3.04%임을 보고하였다.

<Table 2> pH, soluble solid, reducing sugar content and viscosity of commercial tomato ketchup

Type	pH	Soluble solid (°Brix)	Reducing sugar (%)	Viscosity (centi poise, cP)
A	3.91±0.01 ^{1)cd2)}	3.11±0.01 ^d	10.34±0.24 ^c	23,276±1,850 ^a
B	3.64±0.05 ^a	3.01±0.01 ^c	12.97±0.17 ^{de}	24,116±1,584 ^a
C	3.94±0.01 ^d	3.51±0.01 ^f	9.35±0.30 ^b	37,333±1,398 ^b
D	3.87±0.01 ^{cd}	2.40±0.00 ^b	4.78±0.31 ^a	42,373±611 ^c
E	3.84±0.03 ^c	3.31±0.01 ^e	13.45±0.31 ^e	24,436±1,808 ^a
F	3.88±0.04 ^{cd}	3.51±0.01 ^f	12.38±0.66 ^d	38,106±1,468 ^b
G	3.73±0.04 ^b	2.21±0.00 ^a	5.20±0.31 ^a	25,786±3,510 ^a

¹⁾Each value is mean±standard deviation (SD).

²⁾Means with different letters within a column are significantly different from each other at p<0.05 as determined by Duncan's multiple range test.

<Table 3> Salinity of commercial tomato ketchup

	Type						
	A	B	C	D	E	F	G
(%)	2.75±0.01 ^{1) b2)}	2.81±0.08 ^b	2.92±0.08 ^c	2.92±0.07 ^c	3.21±0.01 ^c	2.92±0.01 ^c	1.79±0.26 ^a

¹⁾Each value is mean±SD.

²⁾Means with different letters within a row are significantly different from each other at p<0.05 as determined by Duncan's multiple range test.

2. 염도

시판 토마토케첩의 염도측정 결과는 <Table 3>과 같다. G 시료가 1.79%로 가장 낮았고 A 시료와 B 시료가 각각 2.75%와 2.81%로 그 다음 순으로 낮았으며 C, D, E, F 시료는 2.92~3.21%로 높게 나타났다(p<0.05). <Table 1>의 제품 설명에 표시된 소듐 함량을 소금 함량으로 환산하면 약 1.5~3.2 g의 범위로 나타나서 본 실험의 결과와 유사함을 알 수 있다. 특히 G 시료는 소금 함량을 1/2로 감소시킨 제품인데 본 실험결과에서도 다른 케첩의 0.5~0.6배에 해당하는 염도를 나타내어 같은 경향을 나타내었다. Yoo(2014)은 미국산 고추케첩과 한국산 고추케첩의 염도를 분석한 결과 3.10~4.57%로 국내산 고추케첩의 염도가 낮았다고 보고하였다. Kim et al.(2009)은 토마토 품종에 따른 토마토소스의 염도를 1.83~1.95%로 보고하였고 Kim(2013)은 로즈마리 첨가 토마토소스의 염도를 0.9~1.37%로 보고하여 본 실험에 사용한 시판 케첩의 염도보다 낮게 나타남을 알 수 있었다.

3. 색도

시판 토마토케첩의 색도 측정 결과는 <Table 4>와 같다.

<Table 4> Hunter's color value of commercial tomato ketchup

Type	L	a	b
A	19.38±0.03 ^{1) f2)}	23.98±0.04 ^g	24.34±0.07 ^f
B	18.66±0.03 ^c	18.55±0.03 ^a	21.10±0.07 ^b
C	17.86±0.03 ^c	23.29±0.03 ^f	23.36±0.06 ^e
D	19.94±0.05 ^g	20.42±0.08 ^d	22.92±0.01 ^d
E	17.48±0.01 ^b	19.27±0.03 ^b	21.53±0.08 ^c
F	15.42±0.04 ^a	21.14±0.06 ^c	20.87±0.12 ^a
G	18.04±0.02 ^d	19.77±0.01 ^c	23.23±0.15 ^e

¹⁾Each value is mean±SD.

²⁾Means with different letters within a column are significantly different from each other at p<0.05 as determined by Duncan's multiple range test.

명도를 나타내는 L값은 15.42~19.94, 적색도를 나타내는 a값은 18.55~23.98, 황색도를 나타내는 b값은 20.87~24.34의 범위로 나타났다. Patras et al.(2009)은 토마토 퓨레의 L값을 23.73, a값을 8.26으로 보고하였고, Kim et al.(2009)은 토마토소스의 L값을 38.24~44.76, a값 20.58~23.16, b값 23.91~24.98이라고 하여 본 실험의 결과보다 높은 L값을 보고하였다. Ha & Kwak(2009)은 토마토소스의 L값을 35.39~40.36, a값 14.78~15.27, b값 14.01~18.89의 범위로 보고하여 본 실험의 결과보다 L값은 높았고 a와 b값은 낮게 나타났다.

4. 항산화성

1) 총 페놀 함량

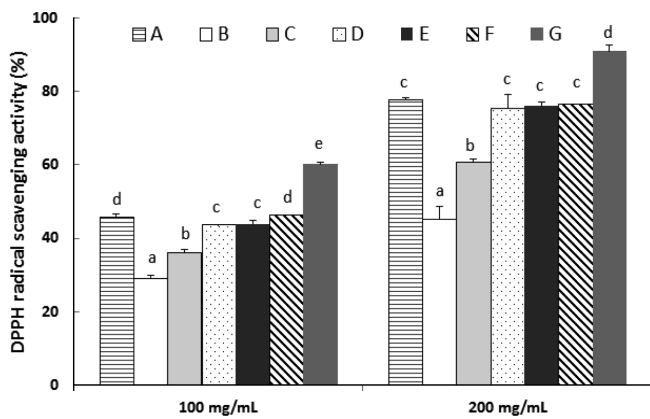
시판 토마토케첩의 총 페놀 함량을 측정된 결과는 <Table 5>와 같다. B 시료와 C 시료가 각각 1.37 mg GAE/g과 1.62 mg GAE/g으로 낮게 나타났고 F 시료와 G 시료가 각각 2.60 mg GAE/g과 2.77 mg GAE/g으로 높게 나타났다(p<0.05). 페놀성 화합물은 분자 내에 다수의 phenolic hydroxyl기를 가지고 있는 물질로 단백질 및 거대분자들과 결합하는 특성이 있어 항산화, 항암, 항염, 시력증진 등의 효과가 우수한 것으로 보고되고 있다(Lu & Foo 2000; Kalt et al. 2010). 천연에 존재하는 페놀성 화합물에는 flavone, isoflavone, flavanone, anthocyanin, catechin 등이 있으며 이들은 radical 소거능과 생리활성이 탁월한 것으로 알려져 있다(Guo & Wang 2007; Kim & Park 2011). Yoo(2014)는 미국산과 한국산 고추 케첩 5 종의 폴리페놀 함량을 측정된 결과 30.22~61.17 mg GAE/100 g의 범위라고 보고하였다. Kim & Yoo(2010)는 허브의 종류와 첨가량을 달리한 토마토소스의 페놀성 화합물의 함량이 1208.67~2529.67 mg/L gallic acid라고 보고하였다. Patras et al.(2009)은 토마토 퓨레의 총 페놀 함량을 360.56 mg GAE/100 g으로 보고하였다. 여러 연구 결과에 의하면 각 시료의 페놀성 화합물 함량이 높으면 항산화활성도 높다고 하였으므로 본 실험 결과에서는 페놀

<Table 5> Total phenolic content of commercial tomato ketchup

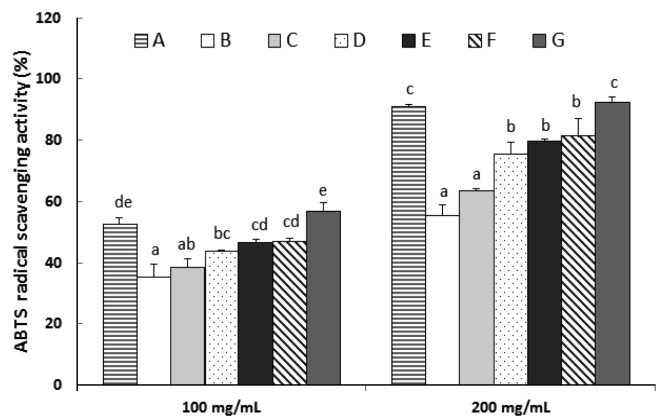
	Type						
	A	B	C	D	E	F	G
mg GAE/g	2.31±0.27 ^{1) c2)}	1.37±0.09 ^a	1.62±0.06 ^a	1.94±0.06 ^b	2.28±0.11 ^c	2.60±0.15 ^d	2.77±0.16 ^d

¹⁾Each value is mean±SD.

²⁾Means with different letters within a row are significantly different from each other at p<0.05 as determined by Duncan's multiple range test.



<Figure 1> DPPH radical scavenging activity of commercial tomato ketchup. Different letters above the bars indicate significantly different at $p < 0.05$.



<Figure 2> ABTS radical scavenging activity of commercial tomato ketchup. Different letters above the bars indicate significantly different at $p < 0.05$.

성 화합물의 함량이 높은 F시료와 G시료에서 free radical 소거능을 포함한 항산화활성이 높을 것으로 기대된다.

2) DPPH법에 의한 radical 소거능

시판 토마토케첩의 DPPH radical 소거능 측정결과는 <Figure 1>과 같다. 시료 농도 100 mg/mL에서는 B시료가 28.94%로 가장 낮았고 G시료가 60.14%로 가장 높았으며 그 외의 시료는 36.02~46.21%의 범위를 나타내었다. 시료 농도가 증가함에 따라 소거능은 증가하여 200 mg/mL에서는 45.10~90.87%로 B시료가 가장 낮았고 G시료가 가장 높았다 ($p < 0.05$). Jang(2014)은 참나물 첨가 토마토소스의 연구에서 DPPH radical 소거활성은 12.28~26.06%로 참나물의 첨가량이 증가할수록 높아졌다고 보고하였다. DPPH는 안정한 free radical로서 항산화활성을 갖는 물질과 반응하면 DPPH-H로 환원되면서 짙은 보라색이 노란색으로 탈색되어 시료의 free radical 소거능 측정에 유용하게 사용되고 있다(Gulcin et al. 2005). 본 실험에서도 페놀성 화합물의 함량이 가장 낮은 B시료의 소거능이 가장 낮았고 페놀성 화합물의 함량이 높은 G시료의 소거능이 가장 높게 나타남으로써 총 폴리페놀 함량이 높을수록 전자공여능이 높아진다고 하는 보고와 같은 경향을 나타내었다.

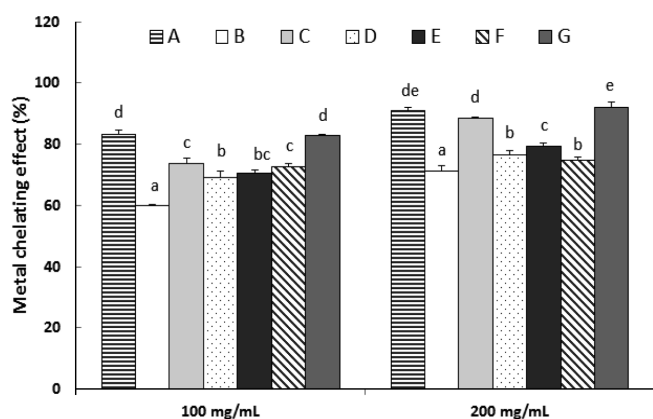
3) ABTS radical 소거능

시판 토마토케첩의 ABTS radical 소거능 측정결과는 <Figure 2>와 같다. 시료 농도 100 mg/mL에서는 35.38~56.91%로 B시료와 C시료가 가장 낮게 나타났고 A시료와 G시료가 가장 높게 나타났다. 이러한 경향은 농도 증가에 따라 지속되어 200 mg/mL에서는 B시료와 C시료가 각각 55.35%와 63.33%로 가장 낮았고 A시료와 G시료가 각각 91.03%와 92.53%로 가장 높았다($p < 0.05$). ABTS radical 소거능은 ABTS가 potassium persulfate와 반응하면 청록색의 ABTS 양이온 radical (ABTS⁺)이 생성되고, 시료 중에 존재

하는 항산화 물질로부터 전자를 받아들이면 ABTS 양이온 radical이 소거되어 흡광도가 감소하는 원리에 기초하여 측정하였다. DPPH법에서는 free radical을 소거하는 반면, ABTS 법에서는 양이온 radical을 제거하므로 기질과 반응물과의 결합 정도가 각각 달라져 radical 제거 능력에 차이를 보이게 된다(Re et al. 1999; Li et al. 2007). 본 실험결과 ABTS radical 소거능은 폴리페놀 함량이 높은 케첩시료에서 높게 나타남으로써 총 페놀함량과 관련성이 크다고 할 수 있다.

4) Metal chelating effect

시판 토마토케첩의 metal chelating effect 측정결과는 <Figure 3>과 같다. 시료 농도 100 mg/mL에서는 B시료가 59.80%로 가장 낮게 나타났고 A시료와 G시료가 각각 83.11%와 82.83%로 가장 높게 나타났다($p < 0.05$). 시료 농도 증가에 따라 킬레이트 효과는 소폭 증가하여 200 mg/mL에서 71.10~92.20%의 범위를 나타내며 B시료가 71.10%로 가장 낮았고 A시료와 G시료가 각각 90.91%와 92.20%로 가장 높게 나타났다. 항산화능을 나타내는 물질로는 페놀성 화합물 외에 ascorbic acid, vitamin E, carotenoid, sodium sulfite 등이 있다고 알려져 있는데(Terpinc et al. 2012) 본 실험 결과 A시료의 metal chelating effect가 높게 나타난 것은 페놀성 화합물 뿐 만 아니라 다른 물질도 영향을 준 것으로 추측되며 이를 확인하기 위해서는 추후 심도있는 연구가 뒷받침되어야 할 것으로 생각된다. Metal chelating effect는 ferrozine이 Fe²⁺와 반응하여 붉은색을 띠게 되고, 이 때 시료 중에 킬레이트 효과를 가진 성분이 존재하면 Fe²⁺-ferrozine 복합체 형성을 방해하여 발색이 저해되는 원리를 이용하여 측정하였다(Gulcin I 2005). 본 실험결과 metal chelating effect는 케첩에 함유되어 있는 총 페놀 함량이 높은 시료에서 높게 나타남으로써 폴리페놀 함량과도 연관성을 지니는 것으로 보인다.



<Figure 3> Metal chelating effect of commercial tomato ketchup. Different letters above the bars indicate significantly different at $p < 0.05$.

<Table 6> Correlation coefficient (r) between total phenolic content, and antioxidant activity of commercial tomato ketchup

	TPC ¹⁾	DPPH	ABTS	MCE
TPC	1	0.948** ²⁾	0.964**	0.631**
DPPH		1	0.953**	0.736**
ABTS			1	0.689**
MCE				1

¹⁾TPC: Total phenolic content

DPPH: DPPH radical scavenging activity

ABTS: ABTS radical scavenging activity

MCE: Metal chelating effect

²⁾**Means significantly different from each other at $p < 0.01$.

5) 상관관계

시판 토마토케첩 추출물의 총 페놀 함량과 항산화활성 간의 상관관계를 조사한 결과는 <Table 6>과 같다. 총 페놀 함량은 항산화활성과 모두 양(+)의 상관관계를 나타내었다. 특히 페놀성 화합물과 ABTS radical 소거능 간에는 가장 높은 양의 상관관계($r=0.964$)를 나타내었고 그 다음 DPPH radical 소거능($r=0.948$)>metal chelating effect ($r=0.631$)>순으로 나타났다($p < 0.05$). 본 실험 결과 ABTS radical 소거능과 DPPH radical 소거능은 총 페놀 함량과 매우 높은 상관성을 나타냄으로써 이들이 케첩의 항산화능에 주된 물질로 작용했음을 보여주고 있다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 시판되는 7 종류(A, B, C, D, E, F, G) 토마토케첩의 이화학적 특성 및 항산화활성을 비교하였다. pH는 3.64~3.94로 B시료가 가장 낮았고 C시료가 가장 높았다. 가용성 고형분 함량은 2.21~3.51°Brix로 G시료가 가장 낮았고 C시료와 F시료가 가장 높게 나타났다. 환원당 함량은 4.78~13.45%로 D시료와 G시료가 가장 낮았고 B시료와 E시료가 가장 높았다. 염도는 1.79~3.21%로 G시료가 가장 낮게

나타났다. 토마토케첩의 색도는 L값 15.42~19.94, a값 18.55~23.98, b값 20.87~24.34의 범위로 나타났다. 토마토케첩의 총 페놀 함량은 B시료와 C시료가 각각 1.37 mg GAE/g과 1.62 mg GAE/g으로 가장 낮았고 F시료와 G시료가 2.60 mg GAE/g과 2.77 mg GAE/g으로 높게 나타났다. DPPH radical 소거능, ABTS radical 소거능, metal chelating effect 측정 결과 200 mg/mL의 농도에서 각각 45.10~90.87% 55.35~92.53%, 71.10~92.20%의 범위를 나타내며 총 페놀 함량이 높은 G시료가 전반적으로 가장 높은 활성을 나타내었다. 총 페놀 함량과 항산화활성과의 상관관계를 분석한 결과 페놀성 화합물과 ABTS radical 소거능 간에 가장 높은 양의 상관관계($r=0.964$)를 보였고 그 다음 DPPH radical 소거능($r=0.948$)>metal chelating effect ($r=0.631$)>순으로 나타났다($p < 0.05$).

References

Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181:1199-1200

Dewanto V, Wu X, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.*, 50(17): 4959-4964

Gulcin I. 2006. Antioxidant activity of caffeic acid (3,4-dihydroxycinnamic acid). *Toxicology*, 217(2):213-220

Gulcin I, Berashvili D, Gepdiremen A. 2005. Antiradical and antioxidant activity of total anthocyanins from *Perilla pankinensis* decne. *J. Ethnopharmacol.*, 101(1):287-293.

Guo J, Wang MH. 2007. Antioxidant and antidiabetic activities of *Ulmus davidiana* extracts. *Food Sci. Biotechnol.*, 16(1): 55-61

Ha DJ, Kwak EJ. 2009. Comparison of quality of model tomato sauces produced with different mixture ratios of fresh tomatoes and canned tomatoes. *J. East Asian Diet. Life*, 19(5):791-797

Jang SJ. 2014. Physicochemical quality characteristics of tomato sauce added with *Pimpinella brachycarpa*. *Korean J. Culin. Res.*, 20(40):169-182

Kalt W, Hanneken A, Milbury P, Tremblay F. 2010. Recent research on polyphenolics in vision and eye health. *J. Agric. Food Chem.*, 58(7):4001-4007

Kim JH. 2013. Quality characteristics of tomato sauce added with rosemary by different storage periods. *Korean J. Culin. Res.*, 19(3):116-129

Kim JH, Kim HC, Song BH. 2009. Quality characteristics of tomato sauces prepared using different tomato varieties. *J. Korean Soc. Food Cult.*, 24(4):433-439

Kim JH, Yoo SS. 2010. Microbiological analysis and antioxidant activity of tomato sauce prepared with various herbs. *J. Korean Soc. Food Cult.*, 25(2):207-215

- Kim MJ, Park E. 2011. Feature analysis of different in vitro antioxidant capacity assays and their application to fruit and vegetable samples. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 40(7):1053-1062
- Lee S, Yoo KM, Song SR, Park JB, Hwang IK. 2012. Development of value-added ketchup products with Korean chile peppers (*Capsicum annuum* L.) and their sensory evaluation *Korean J. Food & Nutr.*, 25(1):9-16
- Lee YI, Lee SJ, Noh WS. 1997. Effect of the modified starch on the physical properties of tomato ketchup. *Agric. Chem. Biotenchnol.*, 40(1):48-52
- Li H, Choi YM, Lee JS, Park JS, Yeon KS, Han CD. 2007. Drying and antioxidant characteristics of the shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom in a conveyer-type far-infrared dryer. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 36(2):250-254
- Lu Y, Foo LY. 2000. Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace. *Food Chem.*, 68(1): 81-85
- Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.*, 31(3):426-428
- Patras A, Brunton N, Pieve SD, Butler F, Downey G. 2009. Effect of thermal and high pressure processing on antioxidant activity and instrumental colour of tomato and carrot purées. *Innovative Food Sci. Emerging Technol.*, 10(1): 16-22
- Rajch A, Voldrich M, Cížková H, Hronová M, Ševčík R, Dobiáš J, Pivonka J. 2010. Stability of nutritionally important compounds and shelf life prediction of tomato ketchup. *J. Food Eng.*, 99(4):465-470
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.*, 26(9):1231-1237
- Terpinc P, Cehb B, Ulrih, NP, Abramovic H. 2012. Studies of the correlation between antioxidant properties and the total phenolic content of different oil cake extracts. *Ind. Crops. Prod.*, 39:210-21
- Shi J, MacNaughton L, Kakuda Y, Bettger W, Yeung D, Jiang Y. 2004. Bioavailability of lycopene from tomato products. *J. Food Sci. Nutr.*, 9(1):98-106
- Yoo KM. 2014. Comparative analysis of bioactive compounds and the sensory evaluation of Korean chilli (*Capsicum annuum* L.) ketchup and American chilli ketchup. *Korean J. Food & Nutr.*, 27(1):105-111
- Heinz. 2015. Product story: tomato ketchup. Available from <http://www.heinz.co.kr/Product/Story> [accessed 2015.10.20.]
- Hwang IS. 2014. Food today. Available from http://health.chosun.com/news/dailynews_view.jsp?mn_idx=65413 [accessed 2015.10.20.]
- Kim HS. 2011. Ketchup. Available from <http://www.cafe.daum.net/IL2KM/RLn1> [accessed 2015.10.20.]
- Ottogi. 2015. Tomato ketchup. Available from <http://www.ottogi.co.kr/otgr/upload/cookand/ketchup/ketchup.htm> [accessed 2015.10.20.]
- Wikipedia. 2015. Ketchup. Available from <https://en.wikipedia.org/wiki/Ketchup> [accessed 2015.10.20.]

Received November 10, 2015; revised December 2, 2015; accepted December 4, 2015