토마토 과즙을 첨가한 스틱 젤리의 품질 특성 및 항산화 활성

황은선 · 문소진

한경대학교 웰니스산업융합학부 식품영양학전공

Quality Characteristics and Antioxidant Activity of Stick Jelly Made with Different Amount of Tomato Juice

Eun-Sun Hwang and So Jin Moon

School of Wellness Industry Convergence, Major in Food and Nutrition, Hankyong National University

ABSTRACT The study examined the quality properties and antioxidant activities of stick jelly replaced with 0, 25, 50, and 100% tomato juice instead of water. The moisture content of the stick jelly was 88.58~93.83%, which showed the highest moisture content in the jelly without the addition of tomato juice. The addition of tomato juice showed a tendency to decrease the moisture content compared to the control group. The crude fat and ash contents increased with increasing amount of tomato juice. The soluble solid content and hardness of jelly increased with increasing content of tomato juice added to the jelly, and the pH tended to decrease. Regarding the chromaticity, the L^* value decreased with increasing level of tomato juice, and the a^* value increased. The total polyphenol and total flavonoid contents increased with increasing levels of tomato juice. The antioxidant activity measured by the DPPH and ABTS radical scavenging activities and reducing powder were significantly higher than the control and increased with increasing amount of tomato juice. These results suggest that tomato juice can be applied to make jelly.

Key words: tomato, stick jelly, quality characteristics, polyphenol, antioxidant activity

서 론

젤리는 과즙에 설탕과 펙틴, 젤라틴 등 다양한 겔화제(gelling agent)를 넣어 혼합한 후 응고시킨 반 고체상의 기호식품으로 부드럽고 씹거나 삼키기 쉬워 널리 애용되고 있다. 젤리를 제조하기 위해서는 겔화제인 펙틴, 산, 당분이 필요하며 세 가지 성분의 농도와 비율에 따라 다양한 형태의 젤리를 제조할 수 있다. 국내 젤리 시장은 2014년 680억 원에서 2019년에는 2배 이상 성장한 2,200억 원 규모로 크게 증가하였고 앞으로도 더 성장할 것으로 예측되고 있다(Kim, 2020). 특히, 건강과 뷰티에 대한 소비자들의 관심이 증가함에 따라 기존 젤리에 버찌, 크랜베리, 청포도, 대봉감 등과 같이 항산화 성분이 풍부한 부재료를 첨가한 다양한 젤리에 대한 연구가 진행되었고, 석류, 아로니아, 콜라겐 등을 첨가하여 후대가 간편한 기능성 스틱형 젤리가 출시되고 있다(Cho와 Choi, 2009; Kim 등, 2010; Lee와 Ji, 2015; Min과 Eun, 2016; Jeon과 Lee, 2019).

토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill.)는 가지과의 한해살이 식물로 라틴아메리카가 원산지이며 생식 및 가공용으로 우리나라를 포함하여 전 세계적으로 널리 소비되고 있는 과실 중 하나이다(Friedman, 2002; Frusciante 등, 2007). 토마토에는 각종 비타민, 폴리페놀 화합물, 카로티노이드, 라이코펜 등이 함유되어 있으며(Giovannucci 등, 2002; Hwang, 2005), 품종, 수확 시기, 가공 정도 등에 따라 기능성 물질의 함량에 차이가 있는 것으로 알려져 있다(Chaudhary 등, 2018). 토마토의 붉은색을 나타내는 라이코펜은 이중결합이 많은 불포화 카로티노이드 구조로 되어 있으며, 신선한 상태에서는 체내 흡수성이 낮은 트랜스(trans) 이성질체의 형태로 존재한다. 토마토를 조리·가공하는 과정에서 트랜스 이성질체는 열에 의해 체내 이용률이 높은 시스(cis) 이성질체로 전환되는 것으로 알려져 있다(Hwang, 2005). 따라서 토마토는 생으로 섭취하는 것보다 익혀서 기름과 함께 섭취하는 것이 카로티노이드와 라이코펜을 포함한 지용성 항산화 물질의 체내 이용도를 증진할 수 있다(Gartner 등, 1997). 토마토 추출물은 간암, 전립선암, 유방암, 대장암 세포증식과 암세포의 침윤, 전이를 억제하고(Giovannucci 등, 2002; Hwang, 2005; Cenariu 등, 2015), 강력한 항산화 활성을 지니고 있어 세포를 지방 및 DNA 산화로부터 보호한다(Visioli 등, 2003; Park 등, 2005). 또한 심혈관계 질환을 예방하고 면역력을 증진시키며 루틴 성분

을 함유하고 있어 혈관 건강과 혈압을 낮추는데도 효과가 있다(Watzl 등, 2003; Riso 등, 2006; Thies 등, 2012; Wolak 등, 2019).

현재 토마토는 신선한 상태로 섭취하기도 하지만 케첩, 페이스트, 퓨레, 주스 등의 형태로 가공하여 시판되고 있다. 또한, 국내 연구진에 의해 토마토를 분말, 착즙액, 퓨레 등의 형태로 크래커, 설기떡, 국수, 소시지, 쿠키 등에 첨가하여 제조한 제품의 품질 특성, 항산화 활성 등을 평가하는 연구가 일부 진행되었으나(Lee 등, 2008; Na와 Joo, 2012; Kim 등, 2016; Kim 등, 2017), 토마토를 젤리 제조에 활용한 연구는 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 다양한 생리활성 물질이 풍부하고 항산화 활성이 우수한 토마토 과즙을 다양한 비율로 첨가하여 최근 인기가 있는 스틱형의 젤리를 제조한 후 이화학적 품질 특성, 항산화 물질의 함량 및 항산화 활성을 측정함으로써 젤리 제조에 토마토의 적용 가능성을 탐색하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 시약

본 연구에 사용한 토마토는 경기도 평택에서 재배된 것을 구입하였고, 스틱형 젤리 제조에 사용한 펙틴(CP Kelco Inc., Atlanta, GA, USA), 젤라틴(Geltech Co., Busan, Korea), 젖산갈슘(Galactic Inc., Celles, Belgium), 구연산(Jungbunzlauer Inc., Basel, Switzerland)은 시판품을 구입해 사용하였다. Folin-Ciocalteu's phenol reagent, gallic acid, catechin, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)은 Sigma-Aldrich Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였고, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt(ABTS)는 Flunk(Heidelberg, Germany)에서 구입하였다.

토마토즙과 젤리 제조

토마토는 칼집을 내고 끓는 물에 살짝 넣어 쨌 후 손으로 껍질을 벗겨낸 다음 착즙기(H-200, Hurom, Seoul, Korea)에 넣어 착즙한 액을 젤리 제조에 사용하였다.

토마토즙을 첨가한 젤리의 제조는 선행연구(Hwang과 Thi, 2015)를 참조하고 여러 차례 예비실험을 거쳐 젤라틴, 펙틴, 구연산 등의 함량을 결정하여 Table 1과 같은 최적의 배합조건을 확립하였다. 토마토즙을 첨가하지 않고 제조한 젤리를 대조군으로 하였고 첨가하는 물에 대한 중량을 기준으로 토마토즙을 25, 50, 100% 첨가하여 제조한 젤리를 실험군으로 하였다. 지름이 20 cm인 스테인리스 냄비에 Table 1에 제시된 분량의 절반에 해당하는 물 또는 토마토즙과 젤라틴 15 g, 펙틴 0.25 g을 넣고 덩어리진 부분이 없도록 나무 주걱으로 저어주면서 80°C까지 가열하여 서서히 용해했다. 여기에 젖산갈슘 0.25 g과 구연산 0.25 g을 첨가하여 완전

Table 1. Formula for stick jelly made with different amount of tomato juice¹⁾

Ingredient	Tomato juice (%) ¹⁾			
	0	25	50	100
Tomato juice (mL)	0	62.5	125	250
Water (mL)	250	187.5	125	0
Gelatin (g)	15	15	15	15
Pectin (g)	0.25	0.25	0.25	0.25
Calcium lactate (g)	0.25	0.25	0.25	0.25
Citric acid (g)	0.25	0.25	0.25	0.25
Sugar (g)	40	40	40	40

¹⁾Tomato juice (25, 50, and 100%) was added based on the total volume of water.

히 용해한 후, 남겨둔 물 또는 토마토 과즙에 미리 용해한 설탕을 넣고 100°C가 될 때까지 끓인 다음 3분간 더 교반하면서 졸(sol) 상태가 되도록 하였다. 완성한 젤리는 직사각형 틀에 넣고 실온에서 약 1시간 정도 식힌 후 수분이 증발하지 않도록 뚜껑을 닫아 냉장고에서 12시간 동안 응고시켜 품질 및 관능평가 시료로 사용하였다.

일반성분 함량 측정

젤리의 일반성분 함량은 AOAC(1995)의 방법에 따라 분석하였다. 수분은 105°C로 맞춘 드라이오븐(EYELA, Tokyo, Japan)에서 건조하여 정량하였고, 조회분은 600°C 회화로(Jeil, Seoul, Korea)에서 회화시켜 측정하였다. 조단백질은 자동 단백질분석기(Kjeltec 2400 AUT, Foss Tecator, Eden Prairie, MN, USA)를 이용하여 semimicro-Kjeldahl 법으로 분석하였고, 조지방은 Soxhlet 추출기(Soxtex System HT 1043, Foss Tecator)를 사용하여 diethyl ether로 추출하여 정량하였다.

가용성 고형분, pH 및 경도 측정

젤리의 가용성 고형분과 pH 측정을 위해 시료를 잘게 자른 후 시료 5 g에 95% 에탄올 25 mL를 첨가하여 vortex mixer로 혼합하고, 40°C에서 10분 동안 초음파 추출한 다음 16,700 rpm에서 30분간 원심분리(Mega 17R, Hanil Co., Incheon, Korea)하여 상등액을 얻었다. 당도는 상등액을 취하여 당도계(PR-201a, Atago Co., Tokyo, Japan)로 측정하였다. pH는 상등액을 취하여 pH meter(420 Benchtop, Orion Research, Beverly, MA, USA)로 측정하였다.

젤리의 경도는 texture analyzer(CT3 10K, Brookfield, Middleboro, MA, USA)를 사용해 texture profile analysis(TPA)로 측정하였다. 제조한 시료를 plate의 중앙에 놓고 반복 압착실험(two-bite test)을 3회 반복 측정하여 평균 값을 구하였다. 측정에 따른 probe는 TA11/1000, target type: % deformation, target value: 50%, trigger load: 10 g, test speed: 0.50 mm/s, load cell: 10 kg으로 설정하였다.

색도 측정

젤리의 색도는 색차계(Chrome Meter CR-300, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 명도(L^* , lightness), 적색도(a^* , redness), 황색도(b^* , yellowness)를 측정하였다. 표준색 보정은 L^* , a^* , b^* 값이 각각 97.10, +0.24, +1.75인 백색표준판을 사용하였다.

총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량 분석

젤리 5 g을 95% 에탄올 25 mL에 넣어 40°C에서 10분 동안 초음파 추출하여 적절한 농도로 희석한 후 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 분석을 위한 시료로 사용하였다. 시료 0.5 mL에 2 N Folin 시약 0.5 mL를 혼합한 뒤 3분간 실온에서 반응시킨 다음, 2% sodium carbonate 1.5 mL를 첨가하여 2시간 동안 암소에서 반응시켰다. 반응물은 microplate reader(Infinite M200 Pro, Tecan Group Ltd., San Jose, CA, USA)를 이용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료에 함유된 총 폴리페놀 함량은 gallic acid의 표준곡선(6.25~200 µg/mL)으로 시료 100 g당 함유된 gallic acid equivalent(GAE)로 표시하였다.

총 플라보노이드 함량은 시료 추출액 1 mL와 2% aluminium chloride methanolic solution 1 mL를 혼합하여 실온에서 15분 동안 반응시킨 후 430 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료에 함유된 총 플라보노이드 함량은 quercetin의 표준곡선(6.25~200 µg/mL)을 이용하여 시료 100 g당 함유된 quercetin equivalent(QE)로 표시하였다.

항산화 활성 측정

젤리 5 g을 95% 에탄올 25 mL에 넣고 40°C에서 10분 동안 초음파 추출하여 적절한 농도로 희석한 후 항산화 활성을 측정하였다. 젤리의 항산화 활성은 DPPH 라디칼 소거 활성(Cheung 등, 2003), ABTS 라디칼 소거 활성(Re 등, 1999) 및 환원력(Oyaizu, 1986)으로 측정하였다. DPPH 라디칼 소거 활성을 측정하기 위해 젤리 추출액 100 µL를 96-well plate에 넣고 0.2 mM DPPH 용액 100 µL를 첨가한 후 37°C에서 30분간 반응시켰다. 515 nm에서 microplate reader로 흡광도를 측정하고 아래 식에 의해 계산하였다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거 활성(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{시료 무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

ABTS 라디칼 소거 활성은 7.0 mM ABTS와 2.45 mM potassium persulfate를 실험 24시간 전에 암소에서 반응시켜 ABTS 양이온을 형성시킨 후 735 nm에서 흡광도 값이 0.17 ± 0.03 이 되도록 에탄올로 희석하여 사용하였다. 젤리 추출액 100 µL를 96-well plate에 넣고 흡광도를 맞춘 ABTS 용액 100 µL를 첨가한 후 37°C에서 30분간 반응시켰다. Microplate reader를 사용하여 732 nm에서 흡광도를 측정하고 아래 식에 의해 계산하였다.

$$\text{ABTS 라디칼 소거 활성(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{시료 무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

환원력은 젤리 추출액 1 mL에 인산 완충액(200 mM, pH 6.6) 및 1%의 potassium ferricyanide 1 mL를 차례로 가한 다음 50°C에서 20분간 반응시킨 후 10% TCA 용액을 1 mL 첨가하여 13,500×g에서 15분간 원심분리하여 상등액을 얻었다. 상등액 1 mL에 증류수 및 ferric chloride를 각각 1 mL씩 가하여 혼합한 후 720 nm에서 흡광도를 측정하여 환원력으로 나타냈다.

통계분석

모든 측정 결과는 3회 반복한 후에 평균(mean)±표준편차(standard deviation)로 나타내었다. 결과값에 대한 통계 처리는 R-Studio(Version 3.5.1, RStudio, Inc., Boston, MA, USA)를 이용하여 평균과 표준편차로 나타내었고, 각 처리군 간의 유의성에 대한 검증은 ANOVA를 이용하여 유의성을 확인한 후 $P < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

일반성분 함량

젤리의 일반성분을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 토마토즙을 첨가하지 않고 제조한 젤리의 수분은 93.83%로 가장 높았고 토마토즙 함량이 25~100%까지 증가함에 따라 수분은 93.83%에서 88.58%로 감소하였다. 이는 젤리에 첨가한 물 대신 토마토즙을 첨가하였기 때문인데, 토마토즙에는 물보다 고형분이 많고 수분이 상대적으로 적게 함유되어 있어 토마토즙 함량이 증가할수록 젤리의 수분도 감소한 것으로 사료된다. 이와 같은 결과는 아로니아 과즙(Hwang과

Table 2. Proximate analysis of stick jelly made with different amount of tomato juice

Measurement	Tomato juice (%)			
	0	25	50	100
Moisture	93.83±0.06 ^a	92.86±0.12 ^b	91.76±0.10 ^c	88.58±0.05 ^d
Crude protein	1.01±0.04 ^b	1.00±0.00 ^b	0.96±0.02 ^b	1.09±0.01 ^a
Crude lipid	0.03±0.01 ^b	0.03±0.01 ^b	0.05±0.01 ^{ab}	0.07±0.01 ^a
Ash	0.09±0.00 ^d	0.18±0.02 ^c	0.27±0.03 ^b	0.56±0.02 ^a

Data were the mean±SD of triplicate experiment.

Means with the different letters (a-d) within in the same row are significantly different at $P < 0.05$.

Thi, 2015)과 자색고구마 농축액(Choi와 Lee, 2013)을 첨가하여 제조한 젤리에서도 과즙이나 농축액 첨가량이 증가할수록 젤리의 수분함량도 감소하는 것으로 나타나 본 실험의 결과와 유사한 경향성을 보였다.

조단백질은 대조군과 토마토즙 25% 및 50% 첨가군에서 0.96~1.01%로 통계적으로 유의성 있는 변화가 나타나지 않았으나 토마토즙 함량이 100%로 증가함에 따라 조단백질도 1.09%로 증가하였다. 조지방 함량은 대조군과 토마토즙 25% 첨가군에서 0.03%로 통계적으로 유의성 있는 변화는 없었으나 토마토즙 함량이 50~100%로 증가함에 따라 0.05~0.07%로 증가하였다. 회분은 대조군에서 0.09%로 가장 낮았고 토마토 분말 첨가량에 비례하여 0.18~0.56%로 증가하였다. 이는 물에 비해 토마토즙에 함유된 회분이 높아서 나타난 결과로 사료된다.

가용성 고형분, pH 및 경도 측정

토마토즙 함량을 달리하여 제조한 젤리의 가용성 고형분 함량, pH와 경도를 측정한 결과는 Table 3과 같다. 토마토즙을 첨가하지 않은 대조군의 가용성 고형분은 3.0°Brix로 가장 낮았고 토마토즙 함량이 25~100%로 증가함에 따라 가용성 고형분도 3.1~4.1°Brix로 높아지는 경향을 보였다. 선행연구(Oh 등, 2013; Hwang과 Thi, 2015; Jeon과 Lee, 2019)에서 청포도, 참다래, 아로니아 과즙 등을 첨가하여 제조한 젤리에서도 과즙 함량이 증가함에 따라 젤리의 가용성 고형분 함량이 증가하여 본 결과와 유사한 경향을 나타냈다. 토마토에 함유된 가용성 고형분 함량은 토마토의 색깔, 품종, 성숙도 등에 따라 차이가 있으며, 미숙한 토마토에 비해 잘 익어 붉은색을 나타내는 라이코펜의 함량이 많을수록 당도를 비롯한 가용성 고형분 함량이 증가하는 것으로 알려져 있다(Betancourt 등, 1977; Sorrequieta 등, 2013). Agius 등(2018)이 분석한 결과에 따르면 토마토 과즙에는 glucose가 12.81~13.0 g/L, fructose는 8.50~9.36 g/L이 함유된 것으로 보고되고 있다.

젤리의 pH를 측정한 결과 토마토즙을 첨가하지 않고 제조한 대조군의 pH는 4.48로 나타났고, 이는 젤리의 경화를 위해 citric acid와 calcium lactate를 첨가하여 산성 조건을 만들었기 때문으로 사료된다. 토마토즙을 첨가하여 제조한 젤리의 pH는 대조군에 비해 낮았고, 토마토즙 첨가량이 25~100%까지 증가함에 따라 pH는 4.44~4.39까지 감소하는 경향을 보였다.

젤리의 경도는 토마토즙을 첨가하지 않은 대조군에서 312.54로 가장 낮았고, 토마토즙 함량이 25~100%로 증가함에 따라 336.93에서 413.56까지 단계적으로 증가하는 경향을 보였다. 아로니아(Hwang과 Thi, 2015), 복분자(Jin 등, 2010), 버찌(Kim 등, 2010) 등을 첨가하여 제조한 젤리에서도 대조군보다 부재료의 첨가 비율이 높을수록 젤리의 경도가 증가하여 본 연구와 유사한 결과를 나타냈다.

토마토에는 ascorbic acid, citric acid, malic acid 등의 유기산이 함유되어 있으며(Weingerl과 Unuk, 2015; Agius 등, 2018), 미숙한 토마토에 비해 성숙한 토마토에서는 유기산 함량이 감소하여 신맛이 약해지는 것으로 알려져 있다(Agius 등, 2018). 젤리 제조에 있어서 펙틴, 당, 유기산은 중요한 요소이며 이들 각각의 비율을 적절히 맞추어야 품질이 좋은 젤리를 제조할 수 있다. 펙틴은 젤리의 구조를 결정하고 펙틴의 농도가 너무 낮으면 젤리 형성이 되지 않는다. 젤리의 구조는 겔화제로 첨가하는 산과 당의 양에 영향을 받기 때문에(Chanchal 등, 2014), 젤리 제조 시 적절한 산성 농도를 만들기 위해 구연산, 말산, 주석산 등의 유기산이나 레몬즙을 첨가하여 적절한 pH를 조절해야 한다(Siringoringo 등, 2018). 유기산 함량이 많으면 펙틴이 분해되어 젤리의 구조를 약화시키는 원인이 되는 것으로 알려져 있으므로 적절한 pH의 유지가 필요하다(Islam 등, 2012). 본 연구에서는 여러 차례 예비실험과 관능검사를 통해 첨가하는 구연산과 젖산칼슘의 함량을 최적화하여 스틱형 젤리에 적합하도록 하였다.

색도 측정

토마토즙을 첨가하여 제조한 젤리의 색도는 Table 4와 같다. 밝기를 나타내는 명도(L*)는 토마토즙을 첨가하지 않고 제조한 대조군에서 32.73으로 가장 높게 나타났고, 토마토즙 함량이 증가함에 따라 감소하여 물 대신 토마토즙 100%로 대체한 젤리에서는 명도가 29.89로 가장 낮게 나타났다. 적색도를 나타내는 a*값은 대조군 젤리에서 0.30으로 가장 낮은 값을 보였고 토마토즙 함량에 비례하여 a*값이 증가하였다. 즉, 토마토즙 함량이 25~100%까지 증가함에 따라 적색도가 6.94~10.94까지 높아졌다. 이는 대조군이 투명한 젤리를 형성하는 반면, 토마토즙 함량 비율에 비례하여 젤리의 색이 점차 붉은색으로 짙어짐에 따라 나타난 현상으로 사료된다. 황색도를 나타내는 b*값은 대조군 젤리에서는 8.65로 토마토즙 함량이 25 및 50% 첨가군의 황색도

Table 3. Soluble solid contents, pH, and hardness of stick jelly made with different amount of tomato juice

Measurement	Tomato juice (%)			
	0	25	50	100
Soluble solid contents (°Brix)	3.0±0.0 ^d	3.1±0.0 ^c	3.3±0.0 ^b	4.1±0.0 ^a
pH	4.48±0.01 ^a	4.44±0.01 ^b	4.42±0.01 ^c	4.39±0.00 ^d
Hardness (g)	312.54±24.05 ^d	336.93±28.42 ^c	395.82±25.85 ^b	413.56±31.16 ^a

Data were the mean±SD of triplicate experiment.

Means with the different letters (a-d) within in the same row are significantly different at $P<0.05$.

Table 4. Changes in hunter's color value of stick jelly made with different amount of tomato juice

Measurement	Tomato juice (%)			
	0	25	50	100
L	32.73±0.11 ^a	25.72±0.16 ^d	27.53±0.19 ^c	29.89±0.10 ^b
a	0.30±0.01 ^d	6.94±0.02 ^c	7.09±0.03 ^b	10.94±0.05 ^a
b	8.65±0.08 ^b	5.00±0.11 ^d	5.96±0.04 ^c	11.45±0.15 ^a

Data were the mean±SD of triplicate experiment.

Means with the different letters (a-d) within in the same row are significantly different at $P<0.05$.

값인 5.00와 5.96보다는 높은 값을 나타냈고, 토마토즙을 100% 첨가하여 제조한 젤리의 황색도 값인 11.45보다는 낮은 값을 보였다.

토마토에 함유된 주요 색소 물질로는 라이코펜, β -카로틴, γ -카로틴, 클로로필 등이 있고(Carrillo-Lopez와 Yahia, 2014), 토마토가 숙성됨에 따라 나타나는 붉은색은 라이코펜에 의한 것으로 알려져 있다(Ashebir 등, 2009; Carrillo-Lopez와 Yahia, 2014). 토마토를 분말 및 농축액의 형태로 첨가하여 제조한 죽(Choi와 Kim, 2015), 머랭 쿠키(Kim 등, 2016), 크래커(Kim 등, 2017) 등의 선행연구에서도 토마토의 첨가량이 많아짐에 따라 명도는 감소하고 적색도와 황색도가 증가하여 본 연구와 유사한 경향을 보였다.

총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량

토마토즙 첨가 젤리의 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량 분석 결과는 Table 5와 같다. 토마토즙을 첨가하지 않은 젤리의 총 폴리페놀 함량은 1 g당 gallic acid를 기준으로 11.51 μg 으로 가장 낮았고 토마토즙 첨가량에 비례해 총 폴리페놀 함량도 증가하였다. 즉, 토마토즙을 25, 50, 100% 첨가한 젤리에서 총 폴리페놀 함량은 21.27 μg , 30.82 μg , 43.11 μg 으로 대조군보다 각각 1.85배, 2.68배, 3.75배 증가하였다.

토마토즙을 첨가하지 않고 제조한 젤리의 총 플라보노이드 함량은 1 g당 quercetin을 기준으로 0.20 μg 이었고, 토마토즙 첨가량이 증가할수록 젤리에 포함된 총 플라보노이드 함량도 증가하였다. 즉, 토마토즙을 25, 50, 100% 첨가함에 따라 총 플라보노이드 함량은 1.08 μg , 1.60 μg , 2.81 μg 으로 증가하는 것으로 나타났다. 이는 대조군에 비해 각각 5.40배, 8.00배, 14.05배 증가한 수치였다.

토마토에는 quercetin, naringenin, naringin, myricetin, rutin, kaempferol 등과 같은 플라보노이드 물질과 hydroxy-

cinnamic acids, flavanones, flavonols, rutin, kaempferol-3-rutinoside, quercetin-3-rutinoside, 5-caffeoylquinic acid 등의 폴리페놀 성분들을 포함하고 있다(Biesaga 등, 2009; Luthria 등, 2006; Vallverdu-Queralt 등, 2011). 따라서 토마토 분말 첨가량이 증가할수록 젤리의 총 플라보노이드 및 총 폴리페놀 함량도 증가한 것으로 사료된다. 토마토 분말을 첨가하여 제조한 머랭 쿠키(Kim 등, 2016)에서도 토마토 분말의 함량이 5~15%까지 증가함에 따라 토마토 분말을 첨가하지 않은 대조군에 비해 총 페놀 함량이 1.96~3.33배까지 증가하여 본 연구와 유사한 경향을 나타냈다. 방울토마토 퓨레를 첨가하여 제조한 죽의 연구(Kim 등, 2012)에서도 방울토마토 퓨레 첨가량이 15~45%까지 높아짐에 따라 토마토 퓨레를 첨가하지 않은 대조군에 비해 실험군의 총 플라보노이드 함량이 7.39~25.04배까지 증가함을 확인하였다.

항산화 활성 측정

토마토즙을 첨가하여 제조한 젤리의 항산화 활성을 알아보기 위해 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능과 환원력을 측정 한 결과는 Table 6과 같다. DPPH 라디칼 소거 활성은 토마토즙을 첨가하지 않은 대조군에서 7.61%로 나타났고, 토마토즙을 25, 50, 100% 첨가한 젤리에서는 각각 26.55%, 41.85%, 71.75%로 증가했다. 토마토즙을 첨가하여 제조한 젤리의 DPPH 라디칼 소거 활성은 토마토즙을 첨가하지 않은 젤리에 비해 3.49~9.43배 증가함을 확인하였다. ABTS 라디칼 소거 활성의 경우, 대조군은 5.74%로 가장 낮았고 토마토즙 함량이 25~100%까지 증가함에 따라 17.18~42.05%로 증가하였다. 이는 대조군에 비해 2.99~7.33배 증가한 수치였다. 환원력도 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성과 유사한 경향을 보였다. 토마토즙을 첨가하지 않은

Table 5. Total polyphenol and total flavonoid contents of stick jelly made with different amount of tomato juice

Measurement	Tomato juice (%)			
	0	25	50	100
Total polyphenol ($\mu\text{g GAE}^1/\text{g}$)	11.51±0.41 ^d	21.27±0.39 ^c	30.82±0.22 ^b	43.11±0.96 ^a
Total flavonoid ($\mu\text{g QE}^2/\text{g}$)	0.20±0.38 ^c	1.08±0.14 ^b	1.60±0.51 ^b	2.81±0.15 ^a

Data were the mean±SD of triplicate experiment.

Means with the different letters (a-d) within the same row are significantly different at $P<0.05$.

¹⁾GAE=gallic acid equivalent.

²⁾QE=quercetin equivalent.

Table 6. Antioxidant activities of stick jelly made with different amount of tomato juice

Measurement	Tomato juice (%)			
	0	25	50	100
DPPH radical scavenging activity (%)	7.61±0.16 ^d	26.55±1.26 ^c	41.85±2.60 ^b	71.75±3.98 ^a
ABTS radical scavenging activity (%)	5.74±3.91 ^d	17.18±2.35 ^c	27.06±2.22 ^b	42.05±1.93 ^a
Reducing power (absorbance at 720 nm)	0.09±0.00 ^d	0.20±0.00 ^c	0.31±0.01 ^b	0.47±0.01 ^a

Data were the mean±SD of triplicate experiment.

Means with the different letters (a-d) within the same row are significantly different at $P<0.05$.

대조군의 환원력은 0.09로 가장 낮았고 토마토즙 첨가량이 25~100%로 증가함에 따라 환원력을 나타내는 흡광도 값은 0.20~0.47로 높아졌다.

선행연구에서 아로니아즙을 3~9% 첨가하여 제조한 젤리(Hwang과 Thi, 2015)의 DPPH 라디칼 소거능은 32.2~2.5%, ABTS 라디칼 소거능은 26.3~68.0%였고, 동결건조시킨 버찌 분말을 1~10%까지 첨가하여 제조한 젤리(Kim 등, 2010)의 DPPH 라디칼 소거능은 7.82~91.37%, 참다래즙을 15~25% 첨가한 젤리(Oh 등, 2013)의 DPPH 라디칼 소거능은 36.46~66.32%로 본 연구 결과와 유사한 라디칼 소거능을 보였다. 반면에 크랜베리 농축액을 6~15% 첨가한 젤리(Lee와 Ji, 2015)의 ABTS 라디칼 소거능은 5.83~20.93%로 나타나 젤리 제조 시 첨가하는 부재료의 종류, 첨가량 및 첨가 형태 등에 따라 항산화 활성이 다른 것을 알 수 있었다. 토마토즙을 첨가한 젤리는 아로니아즙, 버찌 분말, 참다래즙 첨가 젤리와 유사한 항산화 활성을 보였고 크랜베리 첨가 젤리보다는 높은 항산화 활성을 나타냈다.

토마토를 기능성 부재료로 첨가하여 제조한 머랭 쿠키(Kim 등, 2016), 크래커(Kim 등, 2017) 등에서도 토마토 분말이나 농축액 함량에 비례하여 DPPH 라디칼 소거 활성으로 측정된 항산화력이 큰 폭으로 증가하였다. 이상의 결과를 종합해볼 때 폴리페놀, 플라보노이드 함량과 항산화 활성은 비례하는 것을 확인하였고, 토마토즙을 첨가하여 스틱 젤리를 제조하면 토마토의 폴리페놀 및 플라보노이드 물질들로 인해 항산화 활성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

요 약

본 연구에서는 젤리 제조에서 물 대신 토마토즙을 25~100%까지 달리해 첨가하여 스틱형 젤리 제조를 위한 배합 비율을 확립하였고, 제조한 스틱형 젤리의 이화학적 품질 특성, 기능성 성분의 함량 및 항산화 활성을 측정하여 토마토즙 첨가 스틱 젤리의 가능성을 탐색하였다. 젤리의 수분함량은 93.83~88.58%로 토마토즙을 첨가하지 않은 젤리에서 가장 높았고, 토마토즙을 첨가한 경우엔 대조군보다 수분함량이 감소하는 경향을 보였다. 첨가한 토마토즙 함량에 따른 젤리의 조단백질 함량은 토마토즙 100% 첨가 젤리에서 가장 높았고 조지방과 회분은 토마토즙 첨가량에 비례하여 증가하였다. 젤리에 첨가한 토마토즙 함량에 비례하여 가용성 고형분 함량과 경도는 증가하였고 pH는 감소하는 경향을

보였다. 토마토즙 첨가량에 비례하여 젤리의 명도는 감소하였고 적색도는 증가하였다. 젤리에 함유된 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량은 대조군보다 토마토즙 첨가량에 비례하여 증가하였다. 또한, DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성과 환원력으로 측정된 항산화 활성도 토마토즙 첨가량이 증가할수록 높은 값을 보였다. 이상의 결과로 볼 때 토마토즙을 첨가하여 젤리를 제조하면 항산화 물질 및 항산화 효능을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 한국연구재단 기본연구지원사업(과제번호 2019R1F1A1058764)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 그 지원에 감사드립니다.

REFERENCES

- Agius C, von Tucher S, Poppenberger B, Rozhon W. Quantification of sugars and organic acid in tomato fruits. *MethodsX*. 2018. 5:537-550.
- AOAC. Official methods of analysis of AOAC international. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. 1995. Ch 3, p 1-26.
- Ashebir D, Jezik K, Weingartemann H, Gretzmacher R. Change in color and other fruit quality characteristics of tomato cultivars after hot-air drying at low final-moisture content. *Int J Food Sci Nutr*. 2009. 60:308-315.
- Betancourt LA, Stevens MA, Kader AA. Accumulation and loss of sugars and reduced ascorbic acid in attached and detached tomato fruits. *J Amer Soc Hort Sci*. 1977. 102:721-723.
- Biesaga M, Ochnik U, Pyrzynska K. Fast analysis of prominent flavonoids in tomato using a monolithic column and isocratic HPLC. *J Sep Sci*. 2009. 32:2835-2840.
- Carrillo-Lopez A, Yahia EM. Changes in color-related compounds in tomato fruit exocarp and mesocarp during ripening using HPLC-APCI⁺ mass spectrometry. *J Food Sci Technol*. 2014. 51:2720-2726.
- Cenariu D, Fischer-Fodor E, Virag P, Tatomir C, Cenariu M, Pall E, et al. *In vitro* antitumour activity of tomato-extracted carotenoids on human colorectal carcinoma. *Not Bot Horti Agrobi*. 2015. 43:293-301.
- Chanchal A, Vohra R, Elesela S, Bhushan L, Kumar S, Kumar S, et al. Gelatin biopolymer: a journey from micro to nano. *J Pharm Res*. 2014. 8:1387-1397.
- Chaudhary P, Sharma A, Singh B, Nagpal AK. Bioactivities of phytochemicals present in tomato. *J Food Sci Technol*. 2018. 55:2833-2849.
- Cheung LM, Cheung PCK, Ooi VEC. Antioxidant activity and

- total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chem.* 2003. 81:249-255.
- Cho Y, Choi MY. Quality characteristics of jelly containing added pomegranate powder and *Opuntia humifusa* powder. *Korean Food Cook Sci.* 2009. 25:134-142.
- Choi EJ, Kim MH. The health benefits of porridge with tomato powder. *Korean J Food Cook Sci.* 2015. 31:233-240.
- Choi EJ, Lee JH. Quality and antioxidant properties of jelly incorporated with purple sweet potato concentrate. *Korean J Food Sci Technol.* 2013. 45:47-52.
- Friedman M. Tomato glycoalkaloids: role in the plant and in the diet. *J Agric Food Chem.* 2002. 50:5751-5780.
- Frusciante L, Carli P, Ercolano MR, Perni R, Matteo AD, Fogliano V, et al. Antioxidant nutritional quality of tomato. *Mol Nutr Food Res.* 2007. 51:609-617.
- Gartner C, Stahl W, Sies H. Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes. *Am J Clin Nutr.* 1997. 66:116-122.
- Giovannucci E, Rimm EB, Liu Y, Stampfer MJ, Willett WC. A prospective study of tomato products, lycopene, and prostate cancer risk. *J Natl Cancer Inst.* 2002. 94:391-398.
- Hwang ES, Thi ND. Quality characteristics of jelly containing aronia (*Aronia melanocarpa*) juice. *Korean J Food Sci Technol.* 2015. 47:738-743.
- Hwang ES. Tomato-based products and lycopene in the prevention of cancer: bioavailability and antioxidant properties. *Cancer Prev Res.* 2005. 10:81-88.
- Islam MZ, Monalisa K, Hoque MM. Effect of pectin on the processing and preservation of strawberry (*Fragaria ananassa*) jam and jelly. *Int J Natural Sci.* 2012. 2:8-14.
- Jeon JE, Lee IS. Effects of adding green grape juice on quality characteristics of Konjak jelly. *J Korean Soc Food Cult.* 2019. 34:629-636.
- Jin TY, Quan WR, Wang MH. Manufacturing characteristics and physicochemical component analysis of *Bokbunja* (*Rubus coreanus* Miquel) jelly. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2010. 39:554-559.
- Kim HH. The jelly market has grown 2.5 times in 5 years. 2020 [cited 2021 Feb 4]. Available from: <https://www.mk.co.kr/news/business/view/2020/12/1244946/>
- Kim JS, Kim JY, Chang YE. Physiological activities of saccharified cherry tomato gruel containing different levels of cherry tomato puree. *Korean J Food Cook Sci.* 2012. 28:773-779.
- Kim KH, Kim YS, Hong MS, Yook HS. Quality characteristics of meringue cookies added with tomato powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2016. 45:366-371.
- Kim KH, Lee KH, Kim SH, Kim NY, Yook HS. Quality characteristics of jelly prepared with flowering cherry (*Prunus serotula* L. var. *spontanea* Max. wils.) fruit powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2010. 39:110-115.
- Kim KP, Kim KH, Kim YS, Yook HS. Quality characteristics of crackers with tomato concentrate. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2017. 46:77-82.
- Lee JH, Ji YJ. Quality and antioxidant properties of gelatin jelly incorporated with cranberry concentrate. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2015. 44:1100-1103.
- Lee JS, Cho MS, Hong JS. Quality characteristics of *Sulgidduk* containing added tomato powder. *Korean J Food Cook Sci.* 2008. 24:375-381.
- Luthria DL, Mukhopadhyay S, Krizek DT. Content of total phenolics and phenolic acids in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits as influenced by cultivar and solar UV radiation. *J Food Compos Anal.* 2006. 19:771-777.
- Min JH, Eun JB. Physicochemical and sensory characteristics of persimmon jelly added with different levels of *Daebong* persimmon puree. *Korean J Food Sci Technol.* 2016. 48:54-58.
- Na Y, Joo N. Processing optimization and antioxidant activity of sausage prepared with tomato powder. *Korean J Food Cook Sci.* 2012. 28:195-206.
- Oh HJ, Back JW, Lee JY, Oh YJ, Lim SB. Quality characteristics of jelly added with pressed kiwi (*Actinidia chinensis* var. 'Halla Gold') juice. *Korean J Culinary Res.* 2013. 19:110-120.
- Oyaizu M. Studies on product of browning reaction prepared from glucose amine. *Jap J Nutr.* 1986. 44:307-315.
- Park YO, Hwang ES, Moon TW. The effect of lycopene on cell growth and oxidative DNA damage of Hep3B human hepatoma cells. *Biofactor.* 2005. 23:129-139.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med.* 1999. 26:1231-1237.
- Riso P, Visioli F, Grande S, Guarnieri S, Gardana C, Simonetti P, et al. Effect of a tomato-based drink on markers of inflammation, immunomodulation, and oxidative stress. *J Agric Food Chem.* 2006. 54:2563-2566.
- Siringoringo MT, Sitohang A, Sihombing DR, Tampubon R, Pandiangan M, Sibuea P, et al. Effect of citric acid and sucrose concentration on the quality of passion fruit jelly with dutch eggplant. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci.* 2018. 205:012050. doi: 10.1088/1755-1315-205/1/012050.
- Sorrequieta A, Abriata LA, Boggio SB, Valle EM. Off-the-vine ripening of tomato fruit causes alteration in the primary metabolite composition. *Metabolites.* 2013. 3:967-978.
- Thies F, Masson LF, Rudd A, Vaughan N, Tsang C, Brittenden J, et al. Effect of a tomato-rich diet on markers of cardiovascular disease risk in moderately overweight, disease-free, middle-aged adults: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr.* 2012. 95:1013-1022.
- Vallverdu-Queralt A, Jauregui O, Di Lecce G, Andres-Lacueva C, Lamuela-Raventos RM. Screening of the polyphenol content of tomato-based products through accurate-mass spectrometry (HPLC-ESI-QTOF). *Food Chem.* 2011. 129:877-883.
- Visioli F, Riso P, Grande S, Galli C, Porrini M. Protective activity of tomato products on *in vivo* markers of lipid oxidation. *Eur J Nutr.* 2003. 42:201-206.
- Watzl B, Bub A, Briviba K, Rechkemmer G. Supplementation of a low-carotenoid diet with tomato or carrot juice modulates immune functions in healthy men. *Ann Nutr Metab.* 2003. 47: 255-261.
- Weingerl V, Unuk T. Chemical and fruit skin colour markers for simple quality control of tomato fruits. *Croat J Food Sci Technol.* 2015. 7:76-85.
- Wolak T, Sharoni Y, Levy J, Linnewiel-Hermoni K, Stepensky D, Paran E. Effect of tomato nutrient complex on blood pressure: a double blind, rand, randomized dose-response study. *Nutrients.* 2019. 11:950. <https://doi.org/10.3390/nu11050950>