

동결건조한 토마토 분말을 첨가하여 제조한 크림수프의 품질특성 및 항산화 활성

황은선 · 김소연

한경대학교 웰니스산업융합학부 식품영양학전공

Quality Characteristics and Antioxidant Activity of Cream Soup Supplemented with Freeze-Dried Tomato Powder

Eun-Sun Hwang and Soyeon Kim

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

ABSTRACT In this study, cream soup was prepared by adding 10 to 30% of freeze-dried tomato powder to wheat flour, and then determining its quality characteristics, bioactive compound contents, and antioxidant activity. Moisture, crude protein, and crude fat contents of soups prepared with varying amounts of tomato powder were not significantly different from cream soup made without tomato powder (the control). The ash contents of soups ranged from 0.38~0.69% and increased according to the amount of tomato powder added whereas soup pH decreased and acidity increased on adding tomato powder. Soup viscosity was highest for the control and decreased on adding tomato powder. The brightness of cream soup decreased in proportion to the amount of tomato powder added, and redness and yellowness increased. Total polyphenol, total flavonoid and carotenoid contents and antioxidant activity also increased in proportion to the amount of tomato powder added. These results show that adding tomato powder at 10~30% by weight to the wheat flour used to prepare cream soup can increase bioactive substance contents and antioxidant activity.

Key words: tomato, cream soup, carotenoids, quality characteristics, antioxidant activity

서 론

토마토(*Lycopersicon esculentum* L.)는 페루와 에콰도르의 고지대가 원산지인 가지과의 쌍자엽 한해살이 식물로 전 세계적으로 가장 널리 소비되는 과채류 중 하나이다(Dawid, 2016; Ganesan 등, 2012). 토마토에는 비타민 A, 비타민 C, 칼슘, 인, 철, 유기산 등이 풍부하고, 가장 강력한 천연 항산화제 중 하나인 라이코펜을 비롯하여 베타카로틴, 루테인 등의 카로티노이드 물질을 다량 함유하고 있다(Di Mascio 등, 1989; Li 등, 2021). 붉은색 토마토의 가장 중요한 생리활성 물질인 라이코펜은 β -ionene ring이 없는 비고리형의 구조를 형성하고 있어 체내에서 비타민 A의 활성은 없으나 베타카로틴에 비해 2배 이상의 항산화 활성이 있다(Di Mascio 등, 1989). 다양한 *in vitro* 및 *in vivo* 실험에서 토마토에 함유된 라이코펜은 전립선암 세포 성장 억제에 강력한 효능을 보였고, 역학 연구에서 생토마토와 토마토 가공

품의 섭취는 우리 몸에 해로운 자외선으로부터 피부를 보호하고, 암, 심장병 위험 감소, 심혈관 질환을 비롯한 만성 퇴행성 질환의 위험을 감소시키는 것이 보고되었다(Li 등, 2021; Xu 등, 2016). Rao와 Agarwal(1998)은 건강한 사람 19명에게 스파게티 소스(라이코펜 20.5 및 39.2 mg/serving), 토마토 주스(라이코펜 50.4 mg/serving), 토마토 올레오레진(75 및 150 mg/serving)을 각각 1주 동안 제공한 후에 혈액을 분석한 결과, 혈청 라이코펜 수치가 지속해서 증가하였고 DNA 산화 부산물(8-hydroxydeoxyguanosine)이 낮아지는 것을 관찰하였다. 또한, Patrizia 등(1999)은 건강한 사람들을 대상으로 21일 동안 토마토피레로 라이코펜 16.5 mg을 공급했을 때, 토마토를 섭취하지 않은 그룹에 비해 DNA 손상률이 33% 감소했다고 보고하였다.

토마토는 생과나 샐러드 형태로 익히지 않고 소비하기도 하지만, 토마토에 함유된 라이코펜, 베타카로틴, 루테인과 같은 지용성 생리활성 물질의 체내 이용도를 증가시키기 위

Received 19 July 2023; Revised 21 September 2023; Accepted 23 September 2023

Corresponding author: Eun-Sun Hwang, Major in Food and Nutrition, School of Wellness Industry Convergence, Hankyong National University, 327 Chungang-ro, Anseong, Gyeonggi 17579, Korea, E-mail: ehwang@hknu.ac.kr

© 2023 The Korean Society of Food Science and Nutrition.

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

해 기름과 함께 익혀 섭취하는 것을 권장하고 있다(Liang 등, 2021). 이에 따라 토마토나 토마토소스를 첨가한 다양한 레시피가 소개되고 있고, 토마토를 함유한 가공식품들이 개발되고 있다. 대표적인 사례로는 토마토 분말을 첨가한 화전(Jung과 Hwang, 2021), 스핀지케이크(Bae와 Kim, 2022), 죽(Choi와 Kim, 2015), 토마토 농축액을 첨가하여 제조한 크래커(Kim 등, 2017) 등이 개발된 바 있다.

크림수프는 밀가루와 버터를 볶아서 만든 루(Roux)를 기본으로 다양한 곡류, 서류, 채소류, 어패류, 육류 등을 갈아 넣고 만들어 부드럽고 소화가 잘되어 남녀노소가 식사 대용, 간식, 이유식 등으로 섭취하고 있다(Kim 등, 2004). 가정 간편식 시장이 성장하고 1인 가구가 증가함에 따라 즉석 조리식품의 수요가 많아졌고, 간편하게 양질의 영양소를 공급 받을 수 있는 수프의 소비가 확대되고 있다(MFDS, 2020). 최근에는 수프의 제조에 있어서 기존의 조리법을 기본으로 하여 동결건조 또는 열풍건조한 노루궁뎅이버섯(Yang 등, 2014), 초석잠 뿌리 분말(Tae 등, 2016), 자색고구마 분말(Hwang과 Kim, 2022a), 새송이 분말(Back 등, 2017)이나 들깻잎 즙(Kyung, 2022) 등의 생리활성이 입증된 기능성 재료들을 첨가하여 다양한 수프를 제조하려는 연구가 진행되고 있다. 그러나 토마토 분말을 첨가하여 개발한 수프에 관한 연구는 아직 거의 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 크림수프에서 부족한 비타민과 기능성 성분을 보충하기 위해 밀가루 대신 동결건조한 토마토 분말을 10~30%까지 첨가하여 수프를 제조한 후에 이화학적 품질특성, 항산화 물질의 함량 및 항산화 활성을 측정함으로써 크림수프 제조에 토마토 분말의 적용 가능성을 탐색하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 시약

본 연구에 사용한 토마토는 충청남도 당진의 농장에서 재배된 것을 온라인 쇼핑몰을 통해 구입하였다. 밀가루와 흰설탕(CJ Cheiljedang), 버터(Seoul milk), 소금(Sajo Haepyo)은 시판품을 구매하였다. 카테킨, 갈산, 폴린 시약은 Sigma-Aldrich에서 구매하였고, 그 외 일반성분 분석 및 항산화 활성을 측정하기 위해 사용한 시약들은 Sigma-Aldrich Chemical Co.와 Junsei Chemical Co., Ltd.에서 구입하여 사용하였다. 카로티노이드 추출 및 분석에 사용한 용매는 high performance liquid chromatography(HPLC)용으로 J&T Baker에서 구매하였다.

토마토 분말과 크림수프 제조

토마토는 수돗물로 깨끗이 씻어 물기를 제거하고 0.2 mm 두께로 슬라이스하여 -80°C에서 냉동시킨 후에 동결건조기(FDU-1200, EYELA)를 이용하여 건조하였다. 동결건조된 토마토를 커피 분쇄기(PGR 002M, Supreme Electric

Table 1. Formula of cream soup prepared with different amount of tomato powder

| Ingredients | Tomato powder (%) ¹⁾ | | | |
|-------------------|---------------------------------|-----|-----|-----|
| | 0 | 10 | 20 | 30 |
| Wheat flour (g) | 40 | 36 | 32 | 28 |
| Tomato powder (g) | 0 | 4 | 8 | 12 |
| Butter (g) | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Water (mL) | 500 | 500 | 500 | 500 |
| Sugar (g) | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Salt (g) | 2 | 2 | 2 | 2 |

¹⁾Tomato powder (10, 20, and 30%) was added based on the total weight of wheat flour.

Co., Ltd.)에 넣어 고속에서 1분간 3회에 걸쳐 곱게 마쇄한 후에 850 µm(표준체 No. 20) 이하의 크기가 되도록 분말화시켜 -20°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

크림수프의 배합 비율은 여러 차례의 예비 실험을 거치면서 점도와 관능적 특성 등을 고려하여 Table 1과 같이 토마토 분말을 밀가루 중량의 10, 20 및 30% 첨가하는 것으로 정하고, Oh와 Hwang(2017)의 방법을 참고하여 제조하였다. 버터를 팬에 녹인 후 각각 다른 비율의 밀가루와 토마토 분말을 넣고 루를 만들어 준 후, 물을 소량씩 첨가하여 루와 물이 늘어붙거나 분리되지 않도록 나무 주걱으로 잘 저으면서 혼합하였다. 혼합된 시료에 설탕과 소금을 첨가하여 저어 주면서 10분 동안 끓여 완성하였다. 제조된 수프는 실온에서 열기를 식힌 후 락앤락 용기에 넣어 수분이 증발하지 않도록 뚜껑을 닫아 냉장고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다.

일반성분 분석

토마토 분말 첨가량을 달리하여 제조한 크림수프의 수분, 회분, 조단백질 및 조지방 함량은 AOAC 방법(1995)에 따라 분석하였다. 수분은 상압가열건조법, 회분은 550°C 건식회화법, 조단백질은 semi-micro Kjeldal법, 조지방은 Soxhlet 추출법으로 정량하였다. 탄수화물 함량은 100에서 수분, 회분, 조단백질 및 조지방 함량을 뺀 값으로 하였다.

당도, pH, 적정 산도 및 점도 측정

제조한 크림수프의 추출물을 다음과 같이 제조하여 당도, pH 및 적정 산도를 측정하였다. 수프 5 g에 증류수 30 mL를 첨가하여 10분 동안 실온에서 초음파 추출을 하였다. 추출액은 13,500×g에서 15분 동안 원심분리(Mega 17R, Hanil Co.)한 후에 상등액을 취하여 당도계(JP/PR-201, Atago Co.)와 pH 미터(SevenCompact™ PH/Ion S220, Mettler-Toledo)로 당도와 산도를 각각 측정하였다. 적정 산도는 AOAC 방법(1995)에 따라 측정하였다. 크림수프의 점도는 점도계(Brookfield DV3T, AMETEK Brookfield Inc.)로 측정하였다. 비커에 60°C로 맞춰진 수프 150 g을 담고 spindle No. 9을 이용하여 15 rpm에서 20초 간격으로 2분간 측정하였다.

색도 측정

크림수프의 색도는 색차계(Chrom Meter CR-400, Konica Minolta Inc.)를 사용하여 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness)를 측정하였고, 색도는 백색 표준판(L=97.10, a=0.24, b=1.75)으로 보정하였다. 시료 간의 색도 차이는 Oliveira와 Balaban(2006)의 방법에 따라 ΔE (ΔE , color difference) 값을 구하여 비교하였다.

추출물의 제조 및 항산화 물질 함량 분석

토마토 분말 함량을 달리하여 제조한 크림수프에 함유된 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량을 분석하기 위해 다음과 같은 방법으로 추출물을 제조하였다. 각 시료 중량의 2배에 해당하는 70% 에탄올을 첨가하여 3분간 혼합한 후에 실온에서 30분간 초음파 추출을 하였다. 추출물은 13,500×g에서 15분 동안 원심분리(Mega 17R, Hanil Co.)하여 상등액을 취하여 적절한 농도로 희석한 후 생리활성물질 분석용 시료로 사용하였다.

총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 시약을 이용하여 Singleton과 Rossi의 방법(1965)으로 측정하였고, 시료에 함유된 총 폴리페놀 함량은 gallic acid의 표준곡선으로 시료 1 g에 함유된 총 폴리페놀 함량을 μg gallic acid equivalent(GAE)로 표시하였다.

총 플라보노이드 함량은 Zhishen 등의 방법(1999)으로 측정하였고, 시료 1 g에 함유된 총 플라보노이드 함량을 μg quercetin equivalent(QE)로 표시하였다.

카로티노이드는 Hwang과 Kim의 방법(2022b)에 따라 추출하여 HPLC(Shimadzu Co.)로 정량하였다. 분석을 위한 이동상은 methanol : acetonitrile : tetrahydrofuran(50:45:5, v/v/v)을 사용하였고, C₁₈ Novapak 컬럼(3.9×150 mm, 5 μm)을 사용하였다.

항산화 활성 측정

크림수프의 DPPH 라디칼 소거 활성은 Cheung 등(2003)의 방법으로 측정하였다. 시료 추출액 100 μL 와 0.2 mM DPPH 용액 100 μL 를 혼합하여 37°C에서 30분간 반응시킨 후 515 nm에서 microplate reader로 흡광도를 측정하였

다. 시료의 DPPH 라디칼 소거 활성은 시료 추출물을 첨가하지 않은 대조군과 비교하여 백분율로 나타내었다. Ascorbic acid 10 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 를 양성대조군으로 하여 시료의 항산화 활성과 비교하였다.

ABTS 라디칼 소거 활성은 Re 등(1999)의 방법으로 측정하였다. 실험 24시간 전에 7.0 mM ABTS와 2.45 mM potassium persulfate를 암소에서 반응시켜 ABTS 양이온을 형성시킨 후 735 nm에서 흡광도 값이 0.73 ± 0.03 이 되도록 에탄올로 희석하여 사용하였다. 시료 추출액 100 μL 와 흡광도를 맞춘 ABTS 용액 100 μL 를 혼합하여 37°C에서 30분간 반응시킨 후에 732 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 ABTS 라디칼 소거 활성은 시료 추출물을 첨가하지 않은 대조군과 비교하여 백분율로 나타내었다.

환원력은 Oyaizu(1986)의 방법으로 측정하였다. 시료 추출액 1 mL에 200 mM 인산 완충액(pH 6.6)과 1%의 potassium ferricyanide 1 mL를 순서대로 첨가하여 50°C의 항온수조에서 20분간 반응시켰다. 반응이 종료된 후에 10% TCA 용액을 1 mL 넣어 13,500×g에서 15분간 원심분리하여 상등액을 취한 후에 상등액 1 mL에 증류수 및 ferric chloride를 각각 1 mL씩 차례로 첨가하고 혼합한 후 720 nm에서 흡광도를 측정하여 얻은 값을 환원력으로 나타냈다.

통계분석

모든 결과는 3회 반복 실험에 대한 평균±표준편차로 나타내었다. 통계분석은 R-Studio(Version 3.5.1)를 이용하여 분산분석을 실시하였고, Duncan의 다중범위검정법(Duncan's multiple range test)으로 유의성($P < 0.05$)을 검정하였다.

결과 및 고찰

일반성분

토마토 분말 첨가량을 달리하여 제조한 크림수프의 일반성분 분석 결과는 Table 2와 같다. 크림수프의 수분함량은 대조군에서는 82.58%였고, 토마토 분말을 10, 20 및 30% 첨가한 수프의 수분함량은 81.27~82.10%로 대조군과 실험군 사이에서 통계적인 차이는 나타나지 않았다. 이는 수프

Table 2. Proximate composition of cream soup prepared with different amount of tomato powder

| Measurement (%) | Cream soup with tomato powder (%) ¹⁾ | | | |
|-----------------|---|------------------------|------------------------|------------------------|
| | 0 | 10 | 20 | 30 |
| Moisture | 82.58±0.72 ^{NS} | 82.10±0.91 | 81.27±1.74 | 81.91±0.84 |
| Ash | 0.47±0.04 ^c | 0.50±0.02 ^c | 0.57±0.02 ^b | 0.62±0.01 ^a |
| Crude protein | 0.16±0.02 ^{NS} | 0.15±0.01 | 0.16±0.03 | 0.15±0.02 |
| Crude fat | 6.61±0.45 ^{NS} | 6.54±0.32 | 6.68±0.43 | 6.64±0.37 |
| Carbohydrate | 10.28±0.46 ^{NS} | 10.71±0.45 | 11.32±0.51 | 10.68±0.37 |

¹⁾Tomato powder (10, 20, and 30%) was added based on the total weight of wheat flour.

Data were the mean±SD of triplicate experiment.

Means with the same superscript (a-c) within the same row are not significantly different at $P < 0.05$.

NS: not significant.

제조 시 밀가루를 토마토 분말로 대체하였는데, 본 실험에 사용한 밀가루와 토마토 분말의 수분함량은 각각 12.27% 및 12.80%로 통계적인 차이가 없었기 때문으로 사료된다.

크림수프에 함유된 회분은 토마토 분말을 첨가하지 않은 대조군에서는 0.47%로 가장 낮았고, 토마토 분말 첨가량이 10, 20 및 30%까지 증가함에 따라 0.50~0.62%로 회분 함량이 높아졌다. 본 실험에 사용한 밀가루와 토마토 분말의 회분 함량은 각각 0.50% 및 10.28%로 밀가루에 비해 토마토 분말에 더 많은 회분이 함유되어 있어 토마토 분말 첨가량에 비례하여 수프의 회분도 증가한 것으로 사료된다. 토마토는 영양학적 관점에서 회분의 우수한 공급원이다. Ali 등(2021)은 토마토 23종을 분석한 결과, 5.90~10.60%의 회분이 함유되어 있으며, 칼슘, 칼륨, 나트륨, 인, 마그네슘, 황, 염소 철, 요오드 등의 개별적인 무기질을 확인하였다. Ramesh 등(2021)은 9종의 토마토에서 인, 칼륨, 마그네슘, 칼슘, 철, 아연, 구리, 망간 등의 무기질 성분을 확인하였고, 초록색에서 빨간색으로 토마토가 익어감에 따라 칼륨, 인, 철 등이 증가하고, 마그네슘, 칼슘, 망간이 감소하여 토마토 숙성 단계에 따라 무기질의 종류가 달라진다고 보고하였다.

크림수프의 조단백질 함량은 대조군에서 0.16%였고, 토마토 분말 첨가군에서는 0.15~0.16%로 토마토 분말 첨가량에 따른 통계적으로 유의성 있는 변화는 관찰되지 않았다. 조지방의 경우 대조군 수프에서는 6.61%였고, 토마토 분말을 10, 20 및 30% 첨가하여 제조한 수프에서는 6.54~6.68%로 나타나 토마토 분말 함량에 따른 통계적인 차이는 나타나지 않았다. 대부분의 조지방은 크림수프 제조 시 첨가한 버터에서 유래한 것으로 사료되며, 동일한 양의 버터를 첨가하여 수프를 제조하였기 때문에 대조군과 실험군의 조지방 함량이 유사하게 나타났다.

당도, pH, 총 산도 및 점도

토마토 분말 함량을 달리하여 제조한 크림수프의 당도, pH 및 점도를 측정된 결과는 Table 3과 같다. 토마토 분말을 첨가하지 않고 제조한 크림수프의 당도는 19.35°Brix였고, 토마토 분말을 10, 20 및 30% 첨가하여 제조한 경우에도 토마토 분말 첨가량에 영향을 받지 않고 19.30°Brix의 일정한 당도를 보여, 대조군과 비교할 때 통계적으로 유의성

있는 차이를 나타내지 않았다. 선행연구를 통해 토마토에는 유리당을 HPLC로 분석한 결과 glucose와 fructose를 확인하였고(Hwang과 Kim, 2022b, 토마토가 숙성되어 붉은색이 짙어질수록 glucose는 감소하고 fructose가 증가하는 것으로 보고하였다(Agius 등, 2018).

크림수프의 pH는 토마토 분말을 첨가하지 않은 대조군이 6.94로 가장 높았고, 토마토 분말을 10, 20 및 30% 첨가한 크림수프의 pH는 5.72에서 5.52로, 토마토 분말 첨가량이 많아질수록 pH는 유의적으로 감소하였다. 총 산도의 경우 토마토 분말을 첨가하지 않은 대조군에서는 0.01이었고, 토마토 분말 함량이 증가함에 따라 산도도 0.02~0.04까지 증가하여 pH와는 상반된 결과를 나타냈다. 본 실험에 사용한 토마토 분말 추출액의 pH와 산도는 각각 5.32 및 1.18로 나타났고, HPLC 분석을 통해 토마토에는 citric acid, malic acid, oxalic acid, acetic acid 등의 유기산이 함유되어 있음을 확인하였다(Hwang과 Kim, 2022b). 토마토 분말을 0.5~2.0%까지 첨가한 국수(Kim 등, 2015)와 토마토 분말을 0~12%까지 첨가하여 제조한 화전(Jung과 Hwang, 2021)에서도 토마토 분말 첨가량에 비례하여 pH가 감소하였다. 또한 토마토 분말을 첨가한 죽(Choi와 Kim, 2015)에서도 토마토 분말 첨가량이 0~8%까지 증가함에 따라 pH가 6.75에서 4.19로 감소하였고, 산도는 0.25에서 0.69까지 증가하여 본 결과와 유사한 경향성을 나타냈다.

수프의 중요한 품질인자인 점도를 측정된 결과, 토마토 분말을 첨가하지 않은 수프의 점도는 71.23 centipoise(cP)였고, 토마토 분말을 10% 첨가한 수프의 점도는 70.92 cP로 대조군과 통계적인 차이가 나타나지 않았다. 수프 제조에 첨가한 토마토 분말을 20%와 30%로 증가시켰을 때, 제조한 수프의 점도는 각각 66.30 및 62.95 cP로 토마토 분말 함량에 비례하여 점도가 감소하였고, 이는 대조군과 토마토 분말 10% 첨가 수프에 비해서도 낮은 점도값을 나타냈다. 밀가루에 비해 토마토 분말은 수프의 점성을 높일 수 있는 전분이 거의 없어 밀가루를 토마토 분말로 대체하여 상대적으로 밀가루 함량이 적은 수프의 점도가 낮아진 것으로 사료된다. 밀가루를 대체하여 자색고구마(Hwang과 Kim, 2022a), 초석잠(Tae 등, 2016), 석류 외피(Park, 2010) 등을 첨가하여 제조한 수프에서도 이들 부재료의 첨가량이 증가함에 따라

Table 3. Sugar contents, pH, total acidity, and viscosity of cream soup prepared with different amount of tomato powder

| Measurement | Cream soup with tomato powder (%) ¹⁾ | | | |
|------------------------|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 0 | 10 | 20 | 30 |
| Sugar contents (°Brix) | 19.35±0.07 ^{NS} | 19.30±0.14 | 19.30±0.00 | 19.30±0.00 |
| pH | 6.94±0.04 ^a | 5.72±0.01 ^b | 5.55±0.01 ^c | 5.52±0.01 ^d |
| Total acidity | 0.01±0.00 ^d | 0.02±0.00 ^c | 0.03±0.00 ^b | 0.04±0.00 ^a |
| Viscosity (cP) | 71.23±2.12 ^a | 70.92±2.83 ^a | 66.30±1.54 ^b | 62.95±1.84 ^c |

¹⁾Tomato powder (10, 20, and 30%) was added based on the total weight of wheat flour.

Data were the mean±SD of triplicate experiment.

Means with the same superscript (a-d) within the same row are not significantly different at $P<0.05$.

NS: not significant.

수프의 점도가 감소하는 것으로 나타나 본 연구 결과와 유사한 경향성을 나타냈다. Tae 등(2016)의 연구에 따르면 수프의 점도가 대조군 대비 34% 이하로 감소하면 소비자들의 기호도가 낮아지는 것을 확인하였다. 본 연구에서는 수프 제조에 토마토 분말을 10% 첨가하면 대조군에 비해 점도가 0.44% 감소하였고, 토마토 분말을 30% 첨가한 경우는 대조군에 비해 11.62%의 점도가 감소하였다. 따라서 토마토 분말을 밀가루 대비 30% 이하의 수준에서 첨가할 때는 소비자들의 기호도에 부정적인 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다.

색도

토마토 분말을 첨가하여 제조한 크림수프의 색도를 측정한 결과는 Table 4와 같다. 크림수프의 명도는 토마토 분말을 첨가하지 않은 대조군이 75.60으로 가장 높았고, 토마토 분말 첨가량이 증가함에 따라 56.43에서 49.16까지 점진적으로 낮아졌다. 적색도는 토마토 분말 첨가량에 비례하여 증가하였다. 즉, 토마토 분말을 첨가하지 않은 대조군의 적색도는 -4.11을 나타냈고, 토마토 분말이 10, 20 및 30%까지 증가함에 따라 적색도는 5.29~9.86까지 높아졌다. 황색도는 토마토 분말 첨가량에 비례하여 증가하였다. 토마토 분말을 첨가하지 않은 대조군의 황색도는 12.90을 나타냈고, 토마토 분말이 10~30%까지 증가함에 따라 황색도는 21.85~24.35까지 증가하였다. 토마토 분말을 첨가하여 제조한 죽(Choi와 Kim, 2015), 설기떡(Kim과 Chun, 2008),

화전(Jung과 Hwang, 2021) 등에서도 토마토 분말 첨가량에 비례하여 명도는 감소하고, 적색도와 황색도가 증가하여 본 결과와 유사한 경향성을 나타냈다. 대조군과 토마토 분말 첨가군의 색도 차이를 비교한 결과 수프 제조에 첨가한 토마토 분말 함량에 비례하여 ΔE 값이 증가하였다. 대조군과 10% 토마토 분말 첨가 수프 간의 ΔE 는 25.75로 가장 낮았고, 30% 토마토 분말 첨가군의 ΔE 값은 34.35로 대조군과의 색도 차이가 가장 큰 것으로 나타났다. 이는 토마토에는 주황색~붉은색을 나타내는 라이코펜, 베타카로틴, 루테인 등이 함유되어 있어 토마토 분말 첨가량이 많아짐에 적색도와 황색도가 증가하였고, 명도는 감소하여 토마토 분말을 첨가하지 않은 대조군과는 확연한 색도 차이를 나타내기 때문으로 사료된다.

항산화 물질 함량

수프 제조에 사용한 동결건조한 토마토 분말과 토마토 분말을 첨가하여 제조한 수프의 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 및 카로티노이드 함량을 측정한 결과는 Table 5와 같다. 토마토 분말에 함유된 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량은 각각 291.09 $\mu\text{g GAE/g}$ 및 70.37 $\mu\text{g QE/g}$ 으로 나타났다. 토마토 분말을 첨가하지 않고 제조한 크림수프의 총 폴리페놀 함량은 3.39 $\mu\text{g GAE/g}$ 이었고, 토마토 분말 첨가량이 증가할수록 크림수프의 총 폴리페놀 함량도 증가하는 경향을 보여 10% 실험군에서는 4.72 $\mu\text{g GAE/g}$ 을 나타냈고, 20% 및 30% 실험군에서는 각각 9.55 및 21.52 $\mu\text{g GAE/g}$ 으로

Table 4. Color of cream soup prepared with different amount of tomato powder

| Measurement | Cream soup with tomato powder (%) ¹⁾ | | | |
|-------------|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 0 | 10 | 20 | 30 |
| L | 75.60±4.41 ^a | 56.43±4.82 ^b | 53.48±4.04 ^c | 49.16±5.41 ^d |
| a | -4.11±0.22 ^d | 5.29±0.15 ^c | 7.86±0.37 ^b | 9.86±0.85 ^a |
| b | 12.90±2.73 ^d | 21.85±1.49 ^c | 24.03±1.44 ^b | 24.35±3.33 ^a |
| ΔE | 0 | 25.75±3.44 ^c | 30.33±2.89 ^b | 34.35±3.01 ^a |

¹⁾Tomato powder (10, 20, and 30%) was added based on the total weight of wheat flour.

Data were the mean±SD of triplicate experiment.

Means with the same superscript (a-d) within the same row are not significantly different at $P<0.05$.

Table 5. Total polyphenol, total flavonoid, and carotenoid contents of cream soup prepared with different amount of tomato powder

| Measurement | Tomato powder | Cream soup with tomato powder (%) ¹⁾ | | | |
|--|---------------------------|---|------------------------|------------------------|-------------------------|
| | | 0 | 10 | 20 | 30 |
| Total polyphenol ($\mu\text{g GAE}^{2)/\text{g}}$) | 291.09±13.08 ^a | 3.39±0.74 ^c | 4.72±1.31 ^d | 9.55±0.45 ^c | 21.52±1.10 ^b |
| Total flavonoid ($\mu\text{g QE}^{3)/\text{g}}$) | 70.37±1.08 ^a | 1.07±0.47 ^c | 3.40±0.63 ^d | 5.79±0.97 ^c | 7.33±1.05 ^b |
| Carotenoids ($\mu\text{g/g}$) | | | | | |
| Lutein | 5.79±0.80 ^a | ND | ND | ND | 0.05±0.01 ^b |
| Lycopene | 194.71±0.12 ^a | ND | ND | 1.66±0.45 ^c | 6.72±1.46 ^b |
| β -carotene | 0.23±0.03 ^a | ND | 0.01±0.00 ^c | 0.01±0.00 ^c | 0.02±0.00 ^b |

¹⁾Tomato powder (10, 20, and 30%) was added based on the total weight of wheat flour.

Data were the mean±SD of triplicate experiment.

Values with the same superscript (a-e) within the same row are not significantly different at $P<0.05$.

²⁾GAE: gallic acid equivalent.

³⁾QE: quercetin equivalent.

ND: not detected.

증가하였다. 이는 토마토 분말을 첨가하지 않은 대조군과 비교하여 총 폴리페놀 함량이 1.39~6.35배까지 증가한 수치였다. 토마토 분말을 첨가하지 않은 크림수프 1 g당 총 플라보노이드 함량은 quercetin을 기준으로 1.07 µg QE/g으로 가장 낮았고, 토마토 분말 첨가량에 비례해 총 플라보노이드 함량도 증가하였다. 즉, 토마토 분말을 10, 20 및 30% 첨가한 크림수프에서 총 플라보노이드 함량은 3.40, 5.79 및 7.33 µg QE/g으로 대조군에 비해 각각 3.12~6.85배까지 증가하였다. 본 연구에 사용한 동결건조한 토마토 분말의 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량은 각각 291.09 µg/g 및 70.37 µg/g으로 밀가루에 비해 약 5.68배나 더 많은 폴리페놀과 3.04배 높은 플라보노이드를 함유하고 있었다. 따라서 밀가루보다 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량이 높은 토마토 분말을 첨가한 경우, 그 첨가량에 비례하여 제조한 수프의 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량도 증가하였다.

토마토 분말을 첨가하여 제조한 수프의 카로티노이드 함량을 측정한 결과, 토마토 분말을 함유하지 않은 대조군에서는 카로티노이드가 검출되지 않았다. 루테인은 30% 토마토 분말을 첨가한 수프에서 0.05 µg/g을 확인하였고, 라이코펜은 토마토 분말을 10% 첨가한 수프에서는 검출되지 않았으나, 20%와 30% 첨가한 수프에서는 각각 1.66 및 6.72 µg/g이 검출되었다. 베타카로틴은 대조군 시료에서는 검출되지 않았으나, 토마토 분말을 10 및 20% 첨가한 수프에서 0.01 µg/g, 토마토 분말을 30% 첨가한 수프에서는 0.02 µg/g이 검출되었다. 잘 익은 토마토 및 토마토 제품의 특징적인 붉은색을 나타내는 라이코펜과 베타카로틴은 강력한 항산화제 역할을 하는 것으로 보고되고 있다. 본 실험에 사용한 동결건조한 토마토 분말의 라이코펜 함량은 194.71 µg/g이었고, 루테인과 베타카로틴 함량은 각각 5.79 및 0.23 µg/g이었다(Table 5). 밀가루를 대신하여 첨가한 토마토 분말 함량에 비례하여 제조한 수프의 카로티노이드 함량도 증가함을 확인하였다.

토마토에 함유된 라이코펜, 폴리페놀, 플라보노이드 등의 생리활성 물질들은 토마토의 품종, 토양, 부위 등에 따라 그 함량에 차이가 있으며, 토마토 껍질 부위에 그 함량이 가장 높고, 과육이나 씨 부위에는 함량이 낮은 것으로 알려져 있다(Ali 등, 2021). 따라서 토마토를 이용할 때 껍질을 제거하고 과육만 이용하거나 즙을 짜서 이용하고 껍질을 버리는

것은 경제적인 이용 방법이 아닌 것으로 사료된다. 토마토로부터 총 114개의 폴리페놀 및 플라보노이드 성분을 확인하였고, 그중에서 chlorogenic acid가 총 폴리페놀의 35% 이상을 차지하는 주요 물질이다(Asensio 등, 2019; Tan 등, 2021). 토마토를 통한 건강증진 효능을 기대하기 위해서는 토마토에 함유된 생리활성 물질들의 함량과 더불어 섭취 기간, 섭취 형태, 체내 이용도 등을 고려해야 하며, 장기간 섭취를 통해 체내 항산화 작용, 항돌연변이성, 항박테리아 작용, 항바이러스 활성, 항염증 특성, 암세포사멸 작용 등을 증대시킬 것으로 사료된다(Khalil 등, 2022; Li 등, 2021).

항산화 활성

토마토 분말 첨가 크림수프의 항산화 활성을 측정하여 Table 6에 나타냈다. 토마토 분말을 첨가한 크림수프의 DPPH 라디칼 소거 활성은 대조군에서 8.14%였고, 토마토 분말을 10, 20 및 30% 첨가한 크림수프에서는 각각 26.68, 40.67 및 54.21%로 증가했다. 토마토 분말을 첨가하여 제조한 크림수프의 DPPH 라디칼 소거 활성은 토마토 분말을 첨가하지 않는 시료에 비해 3.28~6.66배 증가함을 확인하였다. 양성대조군으로 사용한 아스코르브산(10 µg/mL)의 DPPH 라디칼 소거 활성은 53.64%로 토마토 분말 30% 첨가 수프의 DPPH 라디칼 소거 활성과 유사하게 나타났다. ABTS 라디칼 소거 활성의 경우 대조군은 16.17%로 가장 낮았고, 토마토 분말 첨가량이 10, 20 및 30%까지 증가함에 따라 25.07~50.11%로 증가하였고, 이는 대조군에 비해 1.55~3.10배 증가한 수치였다. 양성대조군으로 사용한 아스코르브산(10 µg/mL)의 ABTS 라디칼 소거 활성은 38.78%로 토마토 분말을 20% 첨가한 수프보다는 높았고, 30% 첨가한 수프의 ABTS 라디칼 소거 활성에 비해서는 낮은 수치를 보였다. 환원력도 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성과 유사한 경향을 보였다. 토마토 분말을 첨가하지 않은 대조군의 환원력은 0.08로 가장 낮았고, 토마토 분말 첨가량이 10~30%로 증가함에 따라 환원력을 나타내는 흡광도 값은 0.12에서 0.47로 높아졌다. 양성대조군으로 사용한 아스코르브산(10 µg/mL)의 환원력은 0.17로 토마토 분말 10% 첨가 수프의 환원력보다는 높았고, 20% 첨가 수프의 환원력보다는 낮게 나타났다.

토마토에 함유된 생리활성 물질들의 함량과 항산화 활성은 밀접한 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 토마토에는

Table 6. Antioxidant activities of cream soup prepared with different amount of tomato powder

| Measurement | Cream soup with tomato powder (%) ¹⁾ | | | | Ascorbic acid (10 µg/mL) |
|-----------------------------|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | 0 | 10 | 20 | 30 | |
| DPPH radical scavenging (%) | 8.14±2.82 ^d | 26.68±1.67 ^c | 40.67±2.63 ^b | 54.21±2.45 ^a | 53.64±0.34 ^a |
| ABTS radical scavenging (%) | 16.17±1.22 ^e | 25.07±1.58 ^d | 31.47±1.38 ^c | 50.11±0.25 ^a | 38.78±2.21 ^b |
| Reducing power | 0.08±0.00 ^e | 0.12±0.00 ^d | 0.21±0.00 ^b | 0.47±0.01 ^a | 0.17±0.00 ^c |

¹⁾Tomato powder (10, 20, and 30%) was added based on the total weight of wheat flour.

Data were the mean±SD of triplicate experiment.

Means with the same superscript (a-e) within the same row are not significantly different at $P<0.05$.

강력한 항산화제인 카로티노이드를 비롯하여 페놀화합물을 함유하고 있으며, 이들은 활성산소 제거, 전자 또는 수소 기증자 역할을 하여 자유라디칼 연쇄 반응에서 전자의 이동을 억제한다(Bianchi 등, 2023). 선행연구에서 대추야자 열매(date palm fruits)에 함유된 총 페놀 함량과 항산화 활성은 유의성 있는 상관관계가 있음을 확인하였다(Gnanamangai 등, 2019). 또한, 제품 제조 시 첨가하는 토마토 분말 함량에 비례하여 화전, 죽, 떡 등의 항산화 활성이 증가하였고, 이를 통해 토마토 분말을 가공식품에 첨가하는 것은 항산화 활성을 높이는 긍정적인 효과가 있는 것으로 판단된다.

토마토에는 비타민 A의 전구체인 베타카로틴과 같은 카로티노이드와 과일의 붉은 색을 주로 담당하는 라이코펜, 아스코르브산, 토코페롤과 같은 비타민, 플라보노이드, 하이드록시산 유도체 등의 항산화 물질이 함유되어 있다(Asensio 등, 2019; Marti 등, 2016). 이들 항산화 화합물은 자유라디칼 소거, 금속 킬레이트화, 세포 증식 억제, 효소 활성 및 신호 전달 경로의 조절을 통해 많은 중요한 질병의 원인인 반응성 산소 종을 억제하는 중요한 역할을 한다(Asensio 등, 2019; Espinosa-Vellarino 등, 2020). 특히 토마토에 함유된 라이코펜을 비롯한 카로티노이드 물질들은 지용성 성분으로 열에 의해 체내에 이용하기 쉬운 형태로 바뀌므로 기름과 열을 가하는 가공 공정에도 안정적이고 체내 이용률을 향상시킬 수 있으므로 가공식품에 널리 이용이 가능한 소재로 사료된다. 특히 크림수프의 경우 제조 공정에서 첨가한 버터와 문근한 불에서 끓이는 열처리 공정에 의해 항산화 물질이 많이 유출되어 궁극적으로 항산화 활성을 높인 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 밀가루 중량 대비 토마토 분말을 10, 20 및 30%까지 첨가하여 크림수프를 제조한 후에 일반성분, 당도, pH, 산도, 점도, 색도, 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 및 카로티노이드 함량, 항산화 활성을 측정하여 토마토 분말 첨가 크림수프의 최적 배합비를 선정하고자 하였다. 토마토 분말을 10, 20 및 30%까지 달리하여 제조한 수프의 수분, 조단백질 및 조지방은 토마토 분말 무첨가군과 통계적으로 유의성 있는 차이는 나타나지 않았다. 회분은 0.38~0.69%로 토마토 분말 첨가량에 비례하여 증가하였다. 토마토 분말 첨가량에 비례하여 pH는 감소하였고 산도는 증가하였다. 수프의 점도는 대조군에서 가장 높았고, 토마토 분말 첨가량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타냈다. 토마토 분말 첨가량에 비례하여 크림수프의 명도는 감소하였고, 적색도와 황색도는 높아졌다. 토마토 분말 첨가량에 비례하여 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 및 카로티노이드 함량이 증가하였고, 항산화 활성도 높아졌다. 이상의 결과로 볼 때 크림수프 제조에 사용하는 밀가루를 대신하여 토마토 분말을 첨가하면 생리활성 물질의 함량 및 항산화 활성을 높일 수 있으며, 토마토 분말

을 10, 20 및 30%까지 첨가하여도 토마토 분말을 첨가하지 않은 대조군과 비교할 때 수프의 이화학적 특성과 점도 등을 유지할 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

- Agius C, von Tucher S, Poppenberger B, et al. Quantification of sugars and organic acids in tomato fruits. *MethodsX*. 2018. 5:537-550.
- Ali Y, Sina AAI, Khandker SS, et al. Nutritional composition and bioactive compounds in tomatoes and their impact on human health and disease: A review. *Foods*. 2021. 10:45. <https://doi.org/10.3390/foods10010045>
- AOAC. Official methods of analysis of AOAC international. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. 1995. p 1-26.
- Asensio E, Sanvicente I, Mallor C, et al. Spanish traditional tomato. Effects of genotype, location and agronomic conditions on the nutritional quality and evaluation of consumer preferences. *Food Chem*. 2019. 270:452-458.
- Back SY, Kim SS, Lim SD, et al. Quality characteristics of soup with whole milk powder and *Pleurotus eryngii* powder. *J Milk Sci Biotechnol*. 2017. 35:113-119.
- Bae JH, Kim SY. Quality characteristics of sponge cake added with tomato powder. *Culi Sci Hos Res*. 2022. 28(3):189-198.
- Bianchi AR, Vitale E, Guerretti V, et al. Antioxidant characterization of six tomato cultivars and derived products destined for human consumption. *Antioxidants*. 2023. 12:761. <https://doi.org/10.3390/antiox12030761>
- Cheung LM, Cheung PCK, Ooi VEC. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chem*. 2003. 81:249-255.
- Choi EJ, Kim MH. The health benefits of porridge with tomato powder. *Korean J Food Cook Sci*. 2015. 31:233-240.
- Dawid J. The role of tomato products for human health (*Solanum lycopersicum*)—A review. *Journal of Health, Medicine and Nursing*. 2016. 33:66-74.
- Di Mascio P, Kaiser S, Sies H. Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher. *Arch Biochem Biophys*. 1989. 274:532-538.
- Espinosa-Vellarino FL, Garrido I, Ortega A, et al. Effects of antimony on reactive oxygen and nitrogen species (ROS and RNS) and antioxidant mechanisms in tomato plants. *Front Plant Sci*. 2020. 11:674. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00674>
- Ganesan M, Rajesh M, Solairaj P, et al. Tomato as a pioneer in health management. *Int J Pharm Chem Biol Sci*. 2012. 2:210-217.
- Gnanamangai BM, Saranya S, Ponmurugan P, et al. Analysis of antioxidants and nutritional assessment of date palm fruits. In: Naushad M, Lichtfouse E. editors. *Sustainable Agric Rev*. Springer. 2019. vol 34. p 19-40.
- Hwang ES, Kim S. Quality characteristics and antioxidant activity of cream soup supplemented with purple sweet potato powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2022a. 51:1304-1311.
- Hwang ES, Kim S. Quality characteristics, bioactive substances, and antioxidant activity of differently colored cherry tomatoes. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2022b. 51:924-932.
- Jung YJ, Hwang ES. Quality characteristics and antioxidant activity of 'Hwajeon' prepared using tomato powder. *Korean J Food Preserv*. 2021. 28:270-278.
- Khalil N, Alfaris NA, Altamimi JZ. Potential health effects of tomato (*lycopersicon esculentum*) juice and hypoglycemic amel-

- ioration in the atherogenic indices between diabetic animal models. Food Sci Technol. 2022. 42:e88222. <https://doi.org/10.1590/fst.88222>
- Kim DS, Ahn JB, Choi WK, et al. Quality characteristics of noodles added with tomato powder. Korean J Culinary Res. 2015. 21(1):129-142.
- Kim JM, Rho YH, Yoo YJ. Quality properties of cream soup added with Chungdong pumpkin and sweet pumpkin. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2004. 33:1028-1033.
- Kim KP, Kim KH, Kim YS, et al. Quality characteristics of crackers with tomato concentrate. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2017. 46:77-82.
- Kim MY, Chun SS. Quality characteristics of sulgidduk with tomato powder. Korean J Food Cook Sci. 2008. 24:412-418.
- Kyung JH. Quality characteristics of cream soup with different perilla leaf juice. Culi Sci Hos Res. 2022. 28(11):1-8.
- Li N, Wu X, Zhuang W, et al. Tomato and lycopene and multiple health outcomes: Umbrella review. Food Chem. 2021. 343: 128396. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128396>
- Liang X, Yan J, Guo S, et al. Enhancing lycopene stability and bioaccessibility in homogenized tomato pulp using emulsion design principles. Innovative Food Sci Emerging Technol. 2021. 67:102525. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102525>
- Marti R, Rosello S, Cebolla-Cornejo J. Tomato as a source of carotenoids and polyphenols targeted to cancer prevention. Cancers. 2016. 8:58. <https://doi.org/10.3390/cancers8060058>
- MFDS. The story of HMR through food statistics. 2020 [cited 2023 Jun 16]. Ministry of Food and Drug Safety. Available from: https://www.mfds.go.kr/brd/m_629/view.do?seq=20
- Oh YJ, Hwang ES. Quality properties and antioxidant activity of cream soup with wheat flour replaced by nipa palm (*Nypa fruticans*) powder. Korean J Food Cook Sci. 2017. 33:435-442.
- Oliveira ACM, Balaban MO. Comparison of a colorimeter with a machine vision system in measuring color of gulf of Mexico sturgeon fillets. Applied Engineering in Agriculture. 2006. 22:583-587.
- Oyaizu M. Studies on products of browning reaction: Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. Jap J Nutr Diet. 1986. 44:307-315.
- Park KT. Quality characteristics of cream soup added with pomegranate cortex powder. Korean J Culinary Res. 2010. 16(4): 230-237.
- Patrizia R, Andrew P, Alessandra S, et al. Does tomato consumption effectively increase the resistance of lymphocyte DNA to oxidative damage?. Am J Clin Nutr. 1999. 69:712-718.
- Ramesh KV, Paul V, Pandey R. Dynamics of mineral nutrients in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruits during ripening: part I – on the plant. Plant Physiol Rep. 2021. 26:23-37.
- Rao AV, Agarwal S. Bioavailability and *in vivo* antioxidant properties of lycopene from tomato products and their possible role in the prevention of cancer. Nutr Cancer. 1998. 31: 199-203.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic Biol Med. 1999. 26:1231-1237.
- Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am J Enol Vitic. 1965. 16:144-158.
- Tae MH, Kim KH, Yook HS. Physicochemical and sensory properties of soup added with *Stachys sieboldii* Miq root powder. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2016. 45:557-561.
- Tan S, Ke Z, Chai D, et al. Lycopene, polyphenols and antioxidant activities of three characteristic tomato cultivars subjected to two drying methods. Food Chem. 2021. 338:128062. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128062>
- Xu X, Li J, Wang X, et al. Tomato consumption and prostate cancer risk: a systematic review and meta-analysis. Sci Rep. 2016. 6:37091. <https://doi.org/10.1038/srep37091>
- Yang SW, Kim BR, Lee JW, et al. Quality characteristics of cream soup with *Hericium erinaceus* powder. J East Asian Soc Diet Life. 2014. 24:631-640.
- Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chem. 1999. 64:555-559.