

염, 당, 산 침지조건에서 심황색소의 추출특성 및 화학적 특성 변화

강스미¹ · 성연경¹ · 홍정일^{1,*}

¹서울여자대학교 자연과학대학 식품응용시스템학부

Extraction properties and chemical stability of turmeric pigments in salt, sucrose, and acetic acid preservation

Smee Kang¹, Yunkyung Sung¹, and Jungil Hong^{1,*}

¹Division of Applied Food System, College of Natural Science, Seoul Women's University

Abstract Turmeric pigments have been used as coloring agents and functional ingredients. In this study, the extraction property and chemical stability of the pigments were evaluated in several preservative solutions containing NaCl, sucrose, and acetic acid. After 72 h of infusion, the protein and polyphenol levels and antioxidant activity of the turmeric extracts in the solutions were less pronounced than those in water. Acetic acid (12%) was more efficient at extracting curcuminoids from turmeric than water, NaCl (20%), or sucrose (25%). Curcumin was highly abundant in all solutions. The relative yield of bisdemethoxycurcumin (BMC) was the highest in acetic acid, whereas that of curcumin was highest in NaCl and sucrose solutions. Curcuminoids were relatively stable in sucrose and acetic acid; among them, BMC had the highest stability. The stability of the curcuminoid solution decreased based on the increase in NaCl content, whereas it was significantly enhanced in sucrose and acetic acid. The observations from this study can be applied to the processing and storage of turmeric-derived products in these preservative agents.

Keywords: turmeric, curcuminoid, extraction, stability, preservative solution

서 론

강황(*Curcumin longa* Linn)은 동인도산의 생강과에 속하는 식물로 황색 색소 성분인 쿠쿠미노이드(curcuminoids)를 함유하며, 쿠쿠민(curcumin), 디메톡시쿠쿠민(demethoxycurcumin, DMC)와 비스디메톡시쿠쿠민(bisdemethoxycurcumin, BMC) 등 대표적인 3가지 색소성분이 이에 포함된다(Anand 등, 2007; Govindarajan과 Stahl, 1980). 쿠쿠미노이드는 산화방지 활성(Masuda 등, 1999), 산소고리화효소(cyclooxygenase-2)와 lipoxygenase의 활성 및 발현을 억제하는 항염증(Hong 등, 2004) 및 항암 활성(Aggarwal 등, 2003; Goel, 2001)을 나타낸다고 보고되었다. 한편 Alzheimer병의 원인이 되는 amyloid- β 단백질질을 파괴함으로써 치매예방 효과(Lim 등, 2001)가 보고되었으며, 최근에는 화장품 등의 색소제로 식품, 화장품, 의약품 다양한 분야에 이용되고 있다.

쿠쿠미노이드는 가공 공정에서 노출될 수 있는 산소, 열, 산도, 빛, 효소 등의 다양한 환경요인들에 의해 화학적 변형을 나타낸다(Govindarajan과 Stahl, 1980; Metzler 등, 2013). Lee 등(2010)은 pH를 달리한 화학 안정성 실험에서 알칼리 조건에서 불안정한 활성을 나타낸다고 보고하였고, 쿠쿠미노이드 diketone 부분의

가수분해가 탈색과 화학적 불안정화의 중요한 이유로 설명되고 있다(Nardo 등 2008; Tønnesen 등, 1986). 쿠쿠미노이드는 소수성 성질을 띤 물질로 수용액 상에서 생체이용율이 저하되는 특성을 나타내며(Metzler 등, 2013), 이를 해결하기 위한 방법으로 나노 기술을 이용한 강황의 황색 색소 성분의 안정성 향상을 위한 연구가 진행되었다(Mohanty와 Sahoo, 2010). 또한 조리용 마이크로 파 조사 하에서 쿠쿠미노이드 성분의 안정성 저하 및 이에 따른 산화방지 활성의 감소가 보고되었으며(Jung 등, 2016), 가열처리에 의해서 심황색소의 화학안정성은 감소하나 ABTS 라디칼 소거활성이 증가되는 현상도 보고되었다(Song 등, 2018).

우리나라의 전통적인 식품의 저장, 조리공정으로서 10% 이상 농도의 식염(NaCl)으로 처리하는 염장법, 고농도의 설탕(sucrose) 용액에 저장하는 당절임 등이 있으며, 이러한 방법들은 미생물이 이용할 수 있는 자유수의 농도를 저하시킴으로써 미생물의 생육을 억제하고 식품의 장기 보존을 가능하게 한다(Sperber, 1983). 한편 높은 농도의 초산(acetic acid)을 적용한 초절임에 의한 가공 조리 방법도 각종 채소와 야채류에 널리 적용되고 있으며, 이러한 저장 가공방법은 처리된 식품의 색, 향 및 조직감은 물론 식품성분의 화학적 변화에 큰 영향을 미치는 요인이 될 수 있다. 실제로 염장 처리한 멸치에서 유리아미노산이 증가하며, 단백질 함유 식품에서 단백질 분해 효소에 의한 영양소의 변화와 외관상 형태의 변형이 나타난다고 보고된 바 있다(Shim 등, 2001).

따라서 본 연구에서는 전통적으로 전해지는 염, 당, 초산에 의한 가공, 저장, 조리 방법을 적용하여 NaCl, sucrose 및 acetic acid 등 3가지 용액에 강황을 침지시켜 쿠쿠미노이드의 추출 정도와 추출물의 화학적 특성을 분석하였다. 또한 각 저장 용매에 심황색소를 분산시켜 용액의 분산안정성, 색도 및 3종 쿠쿠미노

*Corresponding author: Jungil Hong, Division of Applied Food System, College of Natural Science, Seoul Women's University, Seoul 01797, Korea
Tel: +82-2-970-5639
Fax: +82-2-970-5977
E-mail: hjil@swu.ac.kr
Received November 1, 2019; revised November 23, 2019;
accepted December 26, 2019

이드의 화학안정성 등 화학적 특성변화를 또한 분석하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 시약

본 연구에 사용된 강황은 진도 강황영농조합법인(Jindo, Korea)에서 구입하였고, 열풍건조된 제품을 분쇄하여 100 mesh (0.15 mm)로 거른 분말을 추출에 이용하였다. 강황으로 부터 추출한 심황색소(oleoresin turmeric, 색가 6500 CU)는 ES기술연구소(Gunpo, Korea)로부터 구입하였다. NaCl과 acetic acid는 삼전화학(Seoul, Korea)에서, sucrose는 덕산(Yongin, Korea)에서 제조된 시약을 사용하였다. 표준물질로 사용된 쿠쿠민(a mixture of curcumin, DMC, and BMC; 79.4, 16.8, and 3.8% (w/w), average molecular weight 361.05)은 Acros Organics (Morris Plains, NJ, USA)에서, DMC (>98%), BMC (>98%)를 포함하는 다른 시약은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다.

심황색소의 추출 및 저장

강황 분말을 NaCl (5, 10, 20%, w/v), sucrose (5, 10, 25%, w/v) 및 acetic acid (3, 6, 12%, v/v) 용액에 각각 10 또는 2 mg/mL의 농도로 침지시켜 25°C에서 1-3일간 추출하였다. 동일한 조건에서 90% EtOH로 침지한 시료(2 mg/mL)를 비교군으로 사용하였다. 추출액은 10,000×g로 5분간 원심분리(Force 1418, Labnet International, Inc., New York, NY, USA)하고 상층액을 취하여 실험에 사용하였다. 심황색소의 화학안정성 평가를 위하여 20 또는 50 µg/mL 농도로 각 침지용액에 용해한 후 25°C의 배양기(VS-1203P3N, Vision Scientific Co., Daejeon, Korea)에서 1-3일간 저장하였다.

색도, 단백질 및 총페놀성 성분 함량

각 용액에 침지한 강황 침지액의 전체적인 발색도는 420 nm에서의 흡광도와 350-600 nm에서 흡수 스펙트럼을 마이크로플레이트 판독기(Spectra Max M3, Molecular device, Sunnyvale, CA, USA)로 분석하였다(Song과 Hong, 2017). 단백질 함량은 소혈청 알부민을 표준물질로 하고 Coomassie brilliant blue G-250을 사용하여 측정하였고(Bradford, 1976), 총 페놀성 성분 함량은 폴린 시약을 이용하여 tannic acid (Sigma-Aldrich)를 표준물질로 하여 분석하였다(Park 등, 2015).

산화방지활성 측정

강황 침지액의 ABTS 라디칼 소거활성은 선행 방법에 따라 분석하였고(Sung 등, 2018), DPPH 라디칼 소거활성은 기존의 방법(Blois, 1958)을 일부 변형하여 각 침지액 50 µL에 600 µM DPPH 용액을 100 µL 첨가하고 30분간 암소에서 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도 변화를 측정하였다.

H₂O₂생성량 분석

각 침지용액 상에서 심황색소에 의한 H₂O₂의 생성량은 선행연구의 방법에 따라 측정하였다(Song과 Hong, 2017). 시료용액 160 µL와 100 µM xylenol orange, 200 mM D-sorbitol, 그리고 500 µM ammonium ferrous sulfate를 포함하는 반응용액 40 µL를 가해 45분간 반응시킨 후 550 nm에서 흡광도를 측정하였다.

쿠쿠미노이드 함량 및 화학안정성 분석

각 용매에서 침지한 강황 추출물의 쿠쿠미노이드 함량 및 각

침지용매 상에서 심황색소의 화학안정성은 HPLC (Agilent 1100 series, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)를 이용하여 선행방법에 따라 분석하였다(Sung 등, 2018). THF와 1% citric acid 증류수를 40:60 (v/v) 비율로 제조한 후, 포화 수산화포타슘(KOH) 용액을 사용해 pH 3으로 조정하여 이동상으로 사용하였다. 고정상으로 HPLC packed column C18 (4.6 mm ID×150 mm ×5 µm, Shiseido, Tokyo, Japan)을 사용하였고, 20 또는 50 µL의 시료를 주입하여 30°C에서 분당 1 mL의 유속으로 분석하였다.

침지용매에서 심황색소의 분산 안정성 측정

증류수, DMSO 또는 농도를 달리한 NaCl, sucrose, acetic acid 용액에 심황 색소를 50 µg/mL 농도로 분산시킨 후 2,500, 5,000, 10,000와 15,000×g의 속도로 상온에서 5분간 원심분리(Force 1418, Labnet International, Inc.)하였다. 각 조건에서 원심분리한 후 상등액을 100 µL씩 취하여 350-750 nm 범위의 흡광 스펙트럼과 420 nm에서 흡광도를 마이크로플레이트 판독기(Spectra Max M2, Molecular device)를 이용하여 측정하였다.

통계처리

실험결과는 3회 이상 분석하여 평균±표준편차로 나타내고, 각 실험 군 별 유의차는 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)과 Tukey's HSD test를 실시하여 95%의 유의수준에서 검정하였다(SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

결과 및 고찰

강황 추출물의 색도 및 성분, 산화방지활성 분석

본 연구에서는 전통적으로 식품의 조리, 저장 및 가공에 사용해진 물질인 염(NaCl), 당(sucrose), 초산(acetic acid)의 용액에 강황을 침지시킨 후, 침출액의 화학적 특징 및 쿠쿠미노이드의 양을 평가하였다. 각 용액에 3일간 침지한 후 침출액의 흡수 스펙트럼을 분석한 결과, 심황색소의 전형적인 스펙트럼 패턴을 보이는 EtOH 추출물과는 달리 NaCl과 sucrose 용액 추출물에서는 400-450 nm에서의 피크가 관찰되지 않았으며 acetic acid 침출액에서 일부 해당영역에서 증가된 흡광도를 나타내었다(Fig. 1A). 쿠쿠미노이드 색소의 최대흡광도를 나타내는 420 nm에서 농도를 달리한 침지액에서의 흡광도를 측정된 결과, acetic acid농도 증가에 따라 흡광도가 유의적으로 증가하였으나, 침지액의 NaCl 농도증가는 침출 색소의 흡광도 감소를 초래하였다(Fig. 1B). 한편 침지액 성분의 농도증가가 단백질과 페놀성 성분의 침출량을 증가시키지 않았으며, 특히 NaCl 농도의 증가는 강황으로부터 이들 물질의 침출을 오히려 억제하는 것으로 나타났다(Fig. 1C and D). 이는 용매 중 NaCl에 의한 삼투압 증가가 강황 내부 물질의 용출을 억제하기 때문으로 사료된다.

또한 각 침지용액에서 강황추출물의 산화방지활성을 ABTS 라디칼과 DPPH 라디칼에 대한 소거활성으로 평가한 결과, 90% EtOH 추출물의 라디칼 소거활성이 현저하게 높았으며, 이는 쿠쿠미노이드를 비롯한 산화방지활성 유효성분이 유기용매에 효과적으로 용출되었기 때문으로 판단된다. 수용성 침지액에서는 acetic acid 침지 시 가장 높은 ABTS 소거활성을 나타내었으나, 물 추출 시보다 낮은 활성을 보였으며, DPPH 소거활성 간에는 차이를 나타내지 않았다(Fig. 2). 강황은 다양한 수용성 탄닌류 등의 폴리페놀성 화합물과 아스코빈 산을 함유하고 있으며(Tanvir 등, 2017), 이들의 활성으로 인해 각 침지액 추출물의 산화방지 활성은 추출된 쿠쿠미노이드의 양과는 정확하게 일치하지 않는 것으로 판단된다.

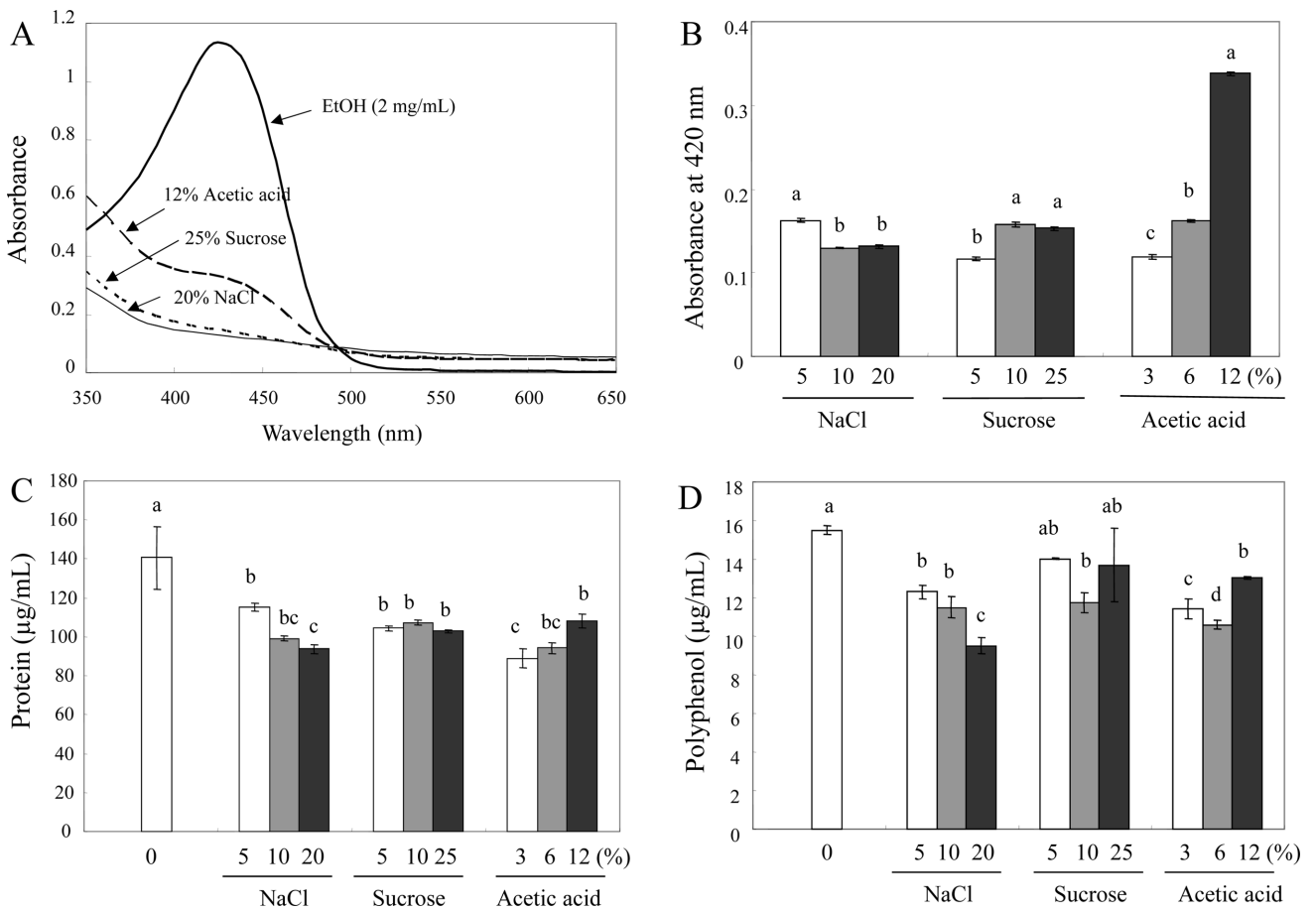


Fig. 1. Characteristics of turmeric infusion using NaCl, sucrose, or acetic acid solution. After 3 day extraction (10 mg/mL, or 2 mg/mL for EtOH), absorbance spectrum (A), absorbance at 420 nm (B), protein (C), and polyphenol contents (D) of each infusion were analyzed. Each value represents the mean±SD (n=3-4). Different letters in a same solution indicate a significant difference ($p<0.05$).

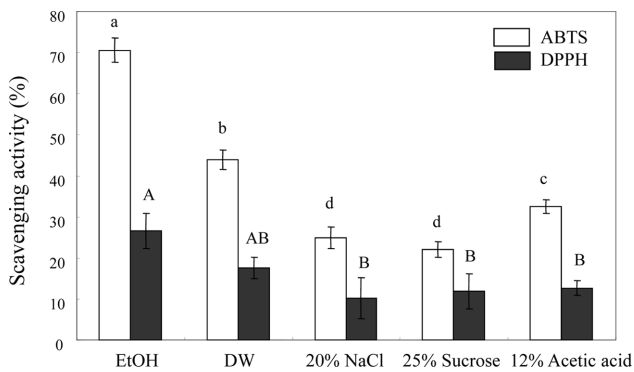


Fig. 2. Radical scavenging activities of turmeric infusion (each 2 mg/mL, 3 days) using different preservative solutions. Each value represents the mean±SD (n=3) and different letters indicate a significant difference ($p<0.05$).

각 침지용액의 쿠쿠미노이드 수준

각 침지 용매에 용출된 쿠쿠미노이드 성분의 정량을 위해 HPLC를 이용하여 분석하였다. 우선 쿠쿠민, DMC, BMC에 대해 현 분석조건 상에서 검량곡선을 작성한 결과, 모두 R²값 0.99 이상의 상관성을 나타내었다(Fig. 3A). 현 HPLC 시스템 상의 크로마토그램에서는 쿠쿠민, DMC, BMC 순으로 피크가 나타났으며, 이

는 reverse phase 분리상에서 각 성분의 분자량 차이보다는 methoxy그룹의 유무에 따른 소수성질이 피크의 지연을 결정하기 때문으로 사료된다(Fig. 3B). 강황(2 mg/mL)을 3일간 EtOH에 용출시킨 후 용출액의 쿠쿠미노이드의 농도는 17.9 µg/mL로 나타났으며, 이중 쿠쿠민이 77.3%, DMC와 BMC는 각각 16.6과 6.1%의 조성을 나타내었다. 각 침지용액 상에서도 쿠쿠민이 가장 높은 농도로 용출되었으며, 12% acetic acid에서 가장 높은 2.12 µg/mL 농도로 쿠쿠미노이드 성분이 용출되어 EtOH에서 용출된 양의 11.9%에 해당되었다. NaCl (20%)과 sucrose (25%) 용액에서는 서로 유사한 용출 정도를 보이며, EtOH 추출량 대비 각각 6.7 및 6.2% 쿠쿠미노이드 농도수준을 나타내었다(Fig. 3C). 각 침지용액에 용출된 쿠쿠미노이드 성분의 상대적 추출정도를 EtOH 추출물을 기준으로 하여 비교한 결과, NaCl과 sucrose 침지액에서는 쿠쿠민, DMC, BMC의 순으로 나타나 상대적으로 친수성인 색소성분이 더 잘 용출된 것으로 나타났다(Fig. 3D). 그러나 acetic acid 침지용매 상에서는 보다 소수성 성질을 가진 물질부터 상대적 추출효율이 증가하여 BMC>DMC>쿠쿠민 순으로 나타났다(Fig. 3D). 이에 대한 가능한 이유로서 산성 조건에서의 소수성 심황색소 성분의 안정화와 diketone 구조의 protonation을 통한 추출효율의 증가를 생각할 수 있으며(Jagannathan 등, 2012; Nardo 등, 2008), 정확한 사유의 구명을 위해서는 후후 연구가 필요할 것으로 보인다.

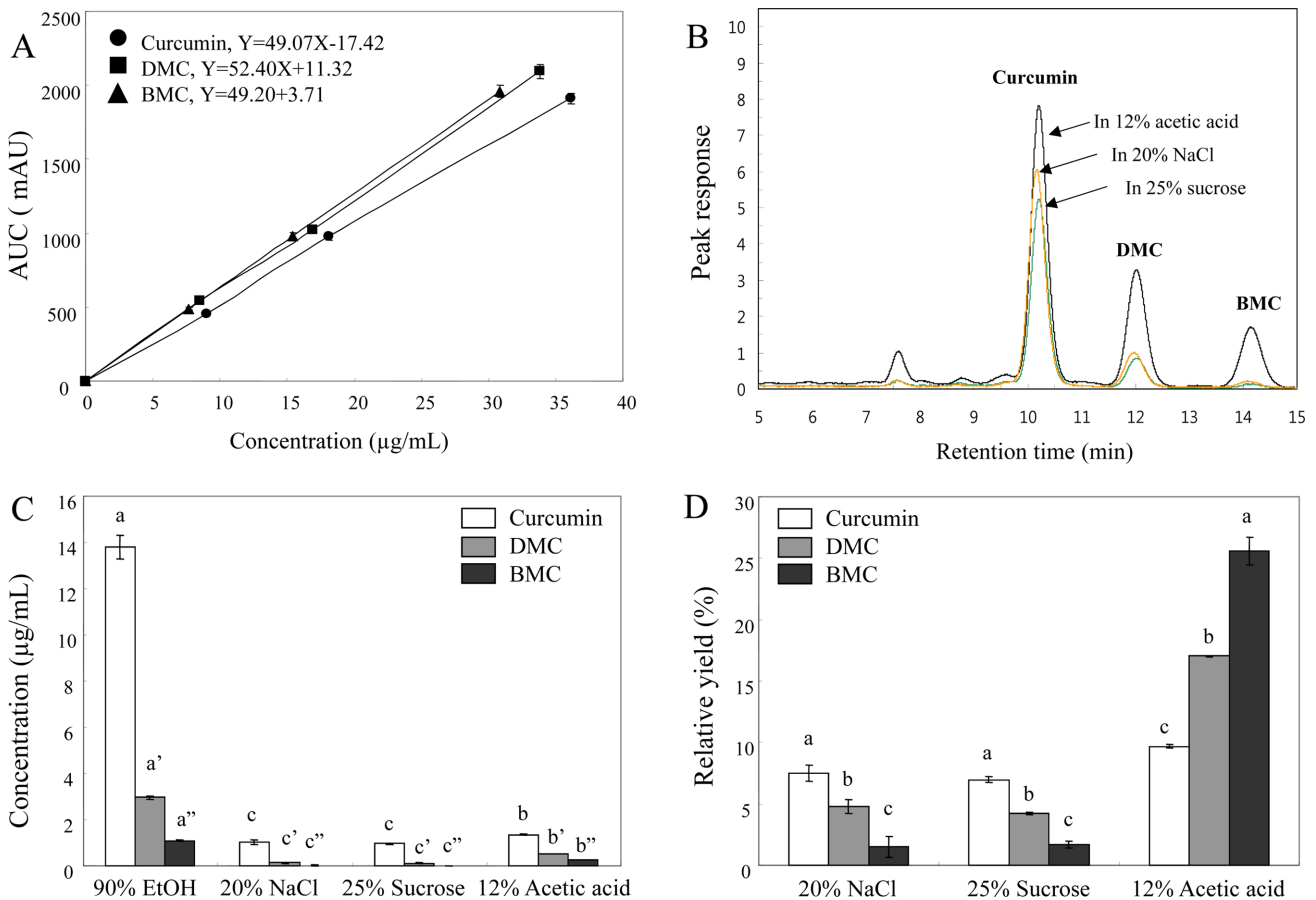


Fig. 3. Individual curcuminoid levels of turmeric infusions (each 2 mg/mL, 3 days) using different preservative solutions. A standard curve (A), chromatograms (B) of each curcuminoid in the current HPLC, individual curcuminoid level (C), and relative yields (D) based on 90% EtOH extract were shown. Each value represents the mean±SD (n=3-6). Different letters in a same curcuminoid (C) or a same solution (D) indicate a significant difference ($p < 0.05$).

침지용액상에서의 심황색소의 안정성

각 침지용액 상에서 쿠쿠미노이드의 화학안정성 평가를 위해 심황색소(oleoresin turmeric)를 각 용액에 직접 첨가하여 25°C에서 3일간 저장 후 흡수스펙트럼 특성 및 각 쿠쿠미노이드 성분에 대한 HPLC분석을 실시하였다. Oleoresin turmeric은 강황에서 유기용매로 추출한 황색 색소로써 쿠쿠미노이드가 주성분을 이룬다(Tønnesen 등, 1986). 본 실험에 사용된 oleoresin turmeric 시료를 분석한 결과 47.3%의 쿠쿠미노이드를 함유하고 있으며, 쿠쿠민, DMC와 BMC의 함량은 각각 64.8, 19.4 및 15.8%의 조성을 나타내었다. 심황색소를 각 침지용액에 3일간 저장한 후 발색 특성을 조사한 결과, NaCl 침지액 상에 저장한 심황색소에서는 명확한 황색영역에서의 피크가 나타나지 않았으며, acetic acid와 sucrose에서는 다소 저하된 피크가 관찰되었다(Fig. 4A). 심황색소 최대 피크영역인 420 nm에서의 흡광도를 조사한 결과, 초기 흡광도에 비해 침지액의 NaCl농도 증가(5-20%)에 따라 발색도가 감소하는 것으로 나타났고 acetic acid 농도의 증가(3-12%)에 따라서는 발색도가 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 sucrose 농도 변화(5-25%)에 따라서는 차이없이 90%이상의 발색도를 유지하였다(Fig. 4B).

각 침지용액에서 3일간 저장 후 쿠쿠미노이드 성분의 잔류량을 HPLC로 분석한 결과, 20% NaCl 용액에서는 80%가량 소실되는 것으로 나타났고, 25% sucrose와 12% acetic acid 용액에서는 각각 88.6, 91.6%가 잔류하였다(Fig. 4C). 각 쿠쿠미노이드 성

분 별 잔류량을 비교하였을 때 쿠쿠민과 DMC의 양은 유의적으로 감소하였으나, BMC의 양은 NaCl 침지액에서 저장 경우를 제외하고 유의적인 변화를 보이지 않았다(Fig. 4C). 저장 후 쿠쿠미노이드 성분들의 상대적 잔류량을 초기 상태와 비교한 결과, 모든 침지용액에서 BMC의 상대적인 비율이 가장 높았으며 쿠쿠민이 가장 낮게 나타났다(Fig. 4D). 한편 쿠쿠민은 다양한 환경에서 산화되며 ROS를 생성하는 것으로 보고되어(Fujisawa 등 2004), 심황색소를 저장한 각 침지용액 상에서 생성된 ROS를 H_2O_2 의 양으로 분석하였다. 그 결과 acetic acid 침지액 상에서는 유의적인 변화가 나타나지 않았고, NaCl 침지액 상에서는 3일 저장 시 일부 증가를 관찰할 수 있었으나, sucrose 침지액 상에서는 저장시간과 농도에 따라 H_2O_2 양이 전반적으로 증가하는 것으로 나타났다(Table 1). 폴리페놀성 물질들은 다양한 산화적 조건 하에서 pro-oxidant로 작용하여 ROS를 생성하며, 이를 통해 생리활성이 발현되기도 하는데(Roos와 Duthie, 2015), sucrose용액 상에서 심황색소의 ROS생성과 관련된 화학적 기전 및 생리활성 변화에 관한 추후 연구가 필요할 것으로 보인다.

침지용액에서 심황색소의 분산안정성

심황색소의 잔류량이 현저하게 감소된 NaCl 침지용액에서 쿠쿠민의 산화와 병행하는 ROS이 생성이 매우 미미한 것을 고려할 때, 침지액 상에서 심황색소의 감소 원인이 쿠쿠미노이드 성분의 화학적 산화에 의한 소실이 아닌 용해도 감소 등의 다른 요

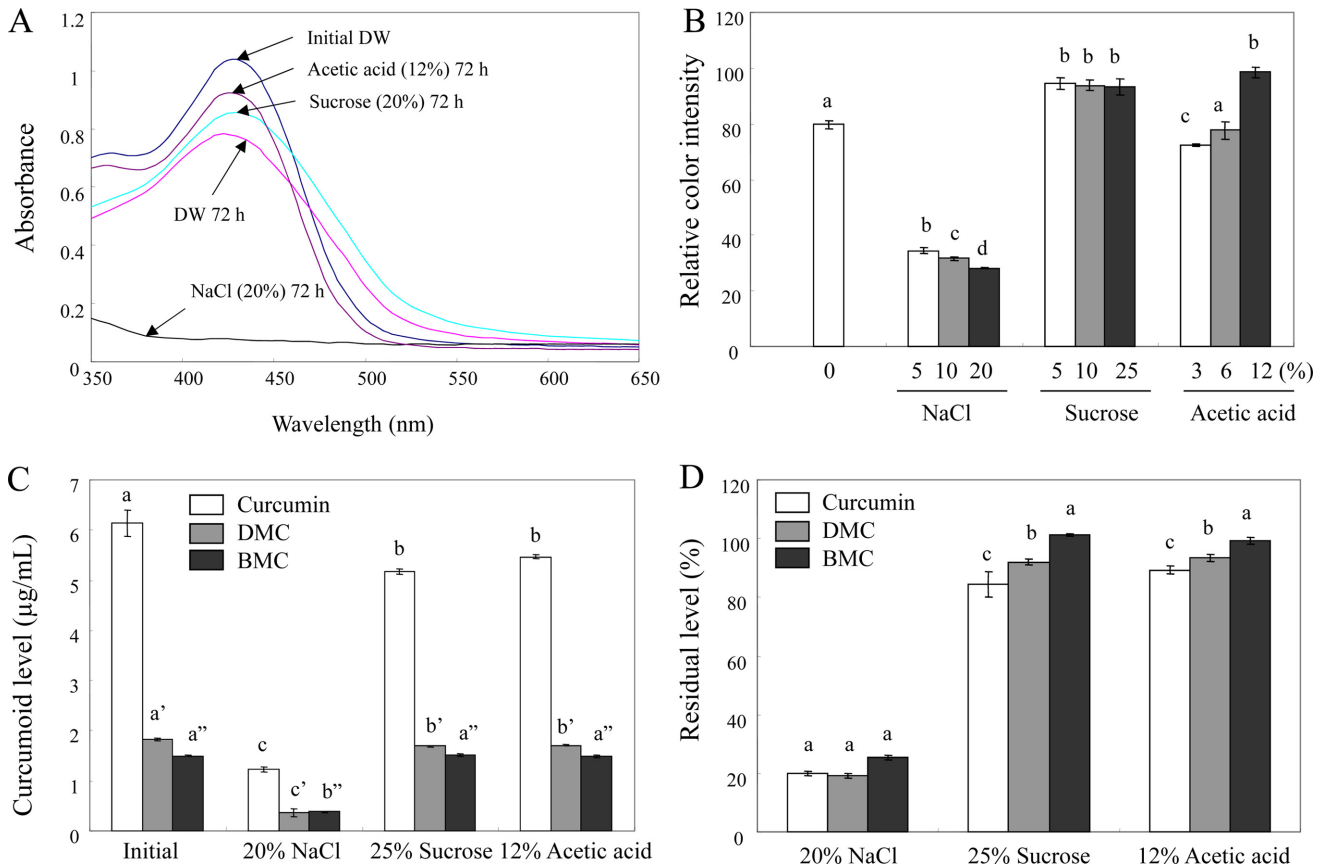


Fig. 4. Chemical stability of turmeric pigments dissolved in different preservative solutions. After 3 day storage of turmeric pigments in each preservative solution (20 µg/mL) at 25°C, absorbance spectrum (A), relative color intensity at 420 nm based on fresh solution, individual curcuminoid (C), and their relative residual levels (D) were analyzed. Each value represents the mean±SD (n=3-4). Different letters in a same solution (B and D) or a same curcuminoid (C) indicate a significant difference ($p<0.05$).

Table 1. Levels of hydrogen peroxide (µM) from turmeric (50 µg/mL) dissolved in different concentrations of NaCl, sucrose, and acetic acid for different time periods (0, 24, 48, and 72 h)

	0 h	24 h	48 h	72 h
Turmeric only	0.99±1.05 ^{ab1)}	1.57±0.92 ^{abc}	2.29±1.09 ^{abc}	1.38±0.57 ^{abc}
with 5%	0.67±1.41 ^{ab}	0.27±0.38 ^a	2.39±0.32 ^{abc}	3.29±1.24 ^c
with 10%	0.18±0.13 ^a	0.33±0.74 ^a	1.5±0.73 ^{abc}	2.76±1.01 ^{bc}
with 20% NaCl	ND ²⁾	ND	2.04±0.45 ^{abc}	2.84±0.64 ^{bc}
Turmeric only	0.99±1.05 ^a	1.57±0.92 ^b	2.29±1.09 ^{ab}	1.38±0.57 ^a
with 5%	2.18±0.84 ^{ab}	2.82±0.68 ^b	3.48±0.82 ^{ab}	1.35±0.53 ^b
with 10%	2.56±0.85 ^{ab}	2.66±0.52 ^b	6.77±0.77 ^{cd}	4.43±1.31 ^{bc}
with 25% sucrose	2.94±1.61 ^{ab}	2.58±1.42 ^b	6.54±1.93 ^{cd}	9.15±2.24 ^d
Turmeric only	0.99±1.05 ^a	1.57±0.92 ^a	2.29±1.09 ^a	1.38±0.57 ^a
with 3%	2.16±0.23 ^a	1.18±0.33 ^a	1.06±0.11 ^a	1.93±0.22 ^a
with 6%	1.93±0.13 ^a	1.11±0.33 ^a	1.72±0.34 ^a	1.79±0.22 ^a
with 12% acetic acid	1.69±0.17 ^a	1.13±0.12 ^a	1.68±0.79 ^a	1.55±0.15 ^a

¹⁾Each value represents the mean±SD (n=3). Different letters in a same section indicate a significant difference ($p<0.05$) based on one-way ANOVA and the Tukey's HSD test.
²⁾Not detected

인이 작용할 것으로 예상되었다. 따라서 각 침지용액 상의 심황 색소에 대해 0-15000×g까지 원심분리 속도를 달리하여 처리한 후, 용액 상에 잔류하는 퀴쿠미노이드의 양을 420 nm에서 흡광도를 측정하여 분산 안정성을 평가하였다. 그 결과, NaCl침지액에서는 대부분의 심황색소가 소실되었으나, sucrose와 acetic acid에서는 전반적인 황색도가 물에서 보다 높게 유지되었다(Fig. 5). 심황색

소의 손실이 가장 크게 나타난 NaCl 침지액에서 농도를 0-20% 까지 달리하여 15,000×g로 원심분리하고 잔류하는 심황색소의 색도를 분석한 결과, DMSO용기용매에서는 98%, 증류수에서는 57%가 잔류한 반면, NaCl의 농도가 증가할수록 용액 중 잔류하는 색소도 유의적으로 감소하여 20% NaCl용액에서는 24%만이 남아 있었다(Fig. 5A). 한편 5% sucrose 용액에서 심황색소의 분산안정

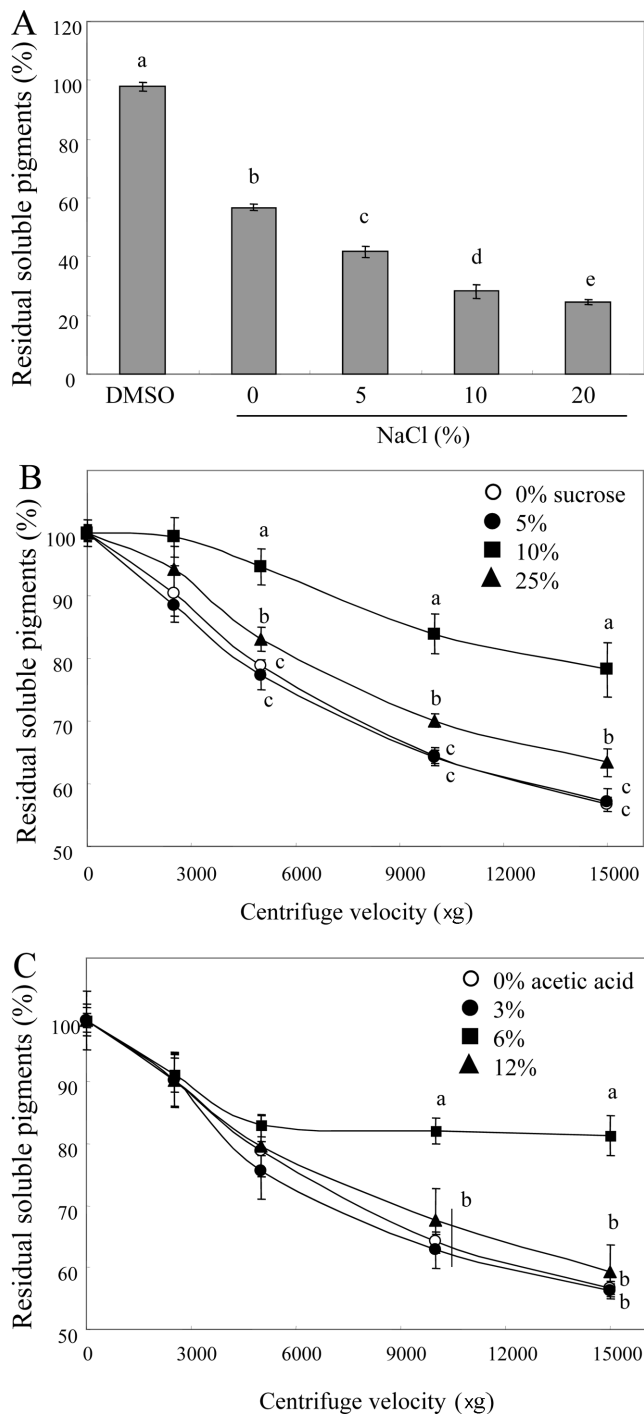


Fig. 5. Changes in solution stability of turmeric pigments in different preservative solutions. Turmeric pigments dissolved in each preservative solvent (50 $\mu\text{g}/\text{mL}$) were precipitated under different centrifugal forces (0-15,000 $\times\text{g}$) for 5 min. Residual soluble pigment levels in NaCl after 15,000 $\times\text{g}$ centrifugation (A), and those in sucrose (B) and acetic acid (C) after different speeds of centrifugation were analyzed at 420 nm. Each value represents the mean \pm SD (n=3-6) and different letters indicate a significant difference ($p<0.05$).

성은 물에서와 유사하였고 10과 25%로 sucrose농도가 증가함에 따라 유의적으로 높은 안정성을 나타내었다(Fig. 5B). Acetic acid의 경우에도 6%까지 물에 분산된 경우와 큰 차이를 보이지 않았으나, 12% 용액에서 유의적으로 높은 분산안정성을 나타냈다

(Fig. 5C). 쿠쿠미노이드는 소수성질을 가진 성분으로 diketone기가 enolate 형태로 수소결합을 형성하며, 용매의 극성에 따라 수소결합에 의한 용해성이 변화한다고 보고하였다(Jagannathan 등, 2012; Nardo 등, 2008). 따라서 물에 비해 극성이 증가된 NaCl용액에서는 그 농도에 따라 현저하게 쿠쿠미노이드의 용해도가 감소하며, acetic acid용액은 농도에 따라 극성이 감소하여 심황색소 성분의 용해성과 분산성을 증가시키는 것으로 판단된다. 한편 sucrose 용액에서의 분산안정화는 sucrose에 의한 용매의 비중 증가에 의해 쿠쿠미노이드의 침강속도가 감소하기 때문으로 보인다.

요약

본 연구에서는 염, 당, 초산에 의한 가공, 저장, 조리 방법을 적용하여 NaCl, sucrose 및 acetic acid 등 3가지 용액에 강황을 침지시켜 추출물의 화학적 특성 및 쿠쿠미노이드 성분의 추출 정도를 분석하였다. NaCl (0-20%), sucrose (0-25%) 및 acetic acid (0-12%) 용액에서 강황분말을 3일간 침지한 결과, 단백질과 폴리페놀의 용출량, 용출액의 산화방지 효과는 물 추출에 비해 감소하였으나 acetic acid (12%) 용액에서 황색도와 쿠쿠미노이드 색소의 추출량은 현저히 증가하였다. 또한 각 침지용매에 심황색소를 분산시켜 쿠쿠미노이드 성분의 화학안정성과 분산안정성을 분석하였다. 심황색소의 잔류량은 NaCl (20%)에서 20%정도로 현저히 감소하였으나 sucrose (25%)와 acetic acid (12%) 침지액에서는 각각 88.6, 91.6%가 유지되었다. 심황색소의 sucrose 침지액 상에서는 저장시간과 sucrose 농도에 따라 H_2O_2 의 양이 유의적으로 증가하였다. 한편 각 침지용매 상에서 분산안정성을 평가한 결과 NaCl 농도의 증가에 따라 심황색소의 용해도가 감소하였으나, sucrose와 acetic acid 상에서는 이들의 농도 증가에 따라 심황색소 용액의 분산 안정성이 유의적으로 증가하였다. 본 연구는 NaCl, sucrose 및 acetic acid 용매에서 심황색소의 화학안정성과 분산안정성의 화학적 행태에 대한 결과를 제공하며, 이러한 성질이 해당 용매를 이용한 강황의 가공, 저장, 조리 등의 처리에서 고려되어야 함을 시사한다.

감사의 글

본 연구는 2019년 서울여자대학교 교내학술연구비 지원에 의해 수행되었음.

References

- Aggarwal BB, Kumar A, Bharti AC. Anticancer potential of curcumin: Preclinical and clinical studies. *Anticancer Res.* 23: 363-398 (2003)
- Anand P, Kunnumakkara AB, Newman RA, Aggarwal BB. Bioavailability of curcumin: problems and promises. *Mol. Pharmaceut.* 4: 807-818 (2007)
- Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200 (1958)
- Bradford MM. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72: 248-254 (1976)
- Fujisawa S, Atsumi T, Ishihara M, Kadoma Y. Cytotoxicity, ROS-generation activity and radical-scavenging activity of curcumin and related compounds. *Anticancer Res.* 24: 563-570 (2004)
- Goel A. Specific inhibition of cyclooxygenase-2 (COX-2) expression by dietary curcumin in HT-29 human colon cancer cells. *Cancer Lett.* 172: 111-118 (2001)
- Govindarajan VS, Stahl WH. Turmeric-chemistry, technology, and

- quality. Crit. Rev. Food. Sci. 12: 199-301 (1980)
- Hong J, Bose M, Ju J, Ryu JH, Chen X, Sang S, Lee MJ, Yang CS. Modulation of arachidonic acid metabolism by curcumin and related beta-diketone derivatives: effects on cytosolic phospholipase A₂, cyclooxygenases and 5-lipoxygenase. Carcinogenesis 25:1671-1679 (2004)
- Jagannathan R, Abraham PM, Poddar P. Temperature-dependent spectroscopic evidences of curcumin in aqueous medium: a mechanistic study of its solubility and stability. J. Phys. Chem. B 116: 14533-14540 (2012)
- Jung YN, Kang S, Lee BH, Kim JH, Hong J. Changes in the chemical properties and anti-oxidant activities of curcumin by microwave radiation. Food Sci. Biotechnol. 5: 1449-1455 (2016)
- Lee BH, Kim DR, Kang S, Kim MR, Hong J. Changes in the chemical stability and antioxidant activities of curcuminoids under various processing conditions. Korean J. Food Sci. Technol. 42: 97-102 (2010)
- Lim GP, Chu T, Yang F, Beech W, Frautschy SA, Cole GM. The curry spice curcumin reduces oxidative damage and amyloid pathology in an Alzheimer transgenic mouse. J. Neurosci. 21: 8370-8377 (2001)
- Masuda T, Hidaka K, Shinohara A, Maekawa T, Takeda Y, Yamaguchi H. Chemical studies on antioxidant mechanism of curcuminoid: analysis of radical reaction products from curcumin. J. Agr. Food Chem. 47: 71-77 (1999)
- Metzler M, Pfeiffer E, Schulz SI, Dempe JS. Curcumin Uptake and Metabolism. Biofactors 39: 14-20 (2013)
- Mohanty C, Sahoo SK. The in vitro stability and in vivo pharmacokinetics of curcumin prepared as an aqueous nanoparticulate formulation. Biomaterials 31: 6597-6611 (2010)
- Nardo L, Paderno R, Andreoni A, Måsson M, Haukvik T, Tønnesen HH. Role of H-bond formation in the photoreactivity of curcumin. J. Spectrosc. 22: 187-198 (2008)
- Park KA, Choi Y, Kang S, Kim M, Hong J. Effects of proteins on the reactivity of various phenolic compounds with the Folin-Ciocalteu reagent. Korean J. Food Sci. Technol. 47: 299-305 (2015)
- Roos B, Duthie GG. Role of dietary pro-oxidants in the maintenance of health and resilience to oxidative stress. Mol. Nutr. Food Res. 59: 1229-1248 (2015)
- Shim KB, Kim TJ, Ju JM, Cho YJ. Establishment of processing conditions of salted anchovy. J. Korean Fish. Soc. 34: 98-102 (2001)
- Song E, Hong J. Changes in chemical properties and cytotoxicity of turmeric pigments by microwave treatment. Korean J. Food Sci. Technol. 49: 693-698 (2017)
- Song E, Kang S, Hong J. Changes in chemical properties, antioxidant activities, and cytotoxicity of turmeric pigments by thermal process. Korean J. Food Sci. Technol. 50: 21-27 (2018)
- Sperber WH. Influence of water activity on foodborne bacteria-a review. J. Food Prot. 46: 142-150 (1983)
- Sung Y, Son H, Hong J. Effects of an extrusion process on the chemical properties and pigment stability of turmeric. Korean J. Food Sci. Technol. 50: 457-463 (2018)
- Tanvir EM, Hossen S, Hossain F, Afroz R, Gan SH, Khalil I, Karim N. Antioxidant properties of popular turmeric (*Curcuma longa*) varieties from Bangladesh. J. Food Quality Article ID 8471785 (2017)
- Tønnesen HH, Karlsen J, Henegouwen GB. Studies on curcumin and curcuminoids VIII. photochemical stability of curcumin. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 183: 116-122 (1986)