Journal of Oil & Applied Science
Vol. 34, No. 3. September, 2017. 504~514
ISSN 1225-9098 (Print)
ISSN 2288-1069 (Online)
http://dx.doi.org/10.12925/jkocs.2017.34.3.504

홍삼농축액 함유 유화액의 유화특성에 관한연구

류관모* · 장현호 · 이의석 · 이기택 · 홍순택†

충남대학교 농업생명과학대학 식품공학과
(2017년 8월 1일 접수: 2017년 8월 20일 수정: 2017년 9월 2일 채택)

Emulsifying Properties of Concentrated Red Ginseng Extract: Influence of Concentration, pH, NaCl

Kawn-Mo You* · Hyeon-Ho Jang · Eui-Seok Lee · Ki-Teak Lee · Soon-Taek Hong†

Dept. of Food Science and Technology, College of Agriculture and Life Science Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea
(Received August 1, 2017; Revised August 20, 2017; Accepted September 2, 2017)

요 약 : 본 연구에서는 홍삼농축액의 유화특성을 조사하였다. 먼저, 홍삼농축액의 표면활성능을 조사하였으며, 이어서 홍삼농축액 유화액을 제조하고 이의 이화학적 성질을 조사하였다. 홍삼농축액의 물/기름 계면에서 계면장력은 홍삼농축액 농도의 증가와 더불어 감소하였다. 홍삼농축액을 이용하여 유화액을 제조한 결과, 첨가 농도의 증가와 더불어 유화 지방구 크기는 감소하였으며, 홍삼농축액 농도가 3.5 wt% 이상일 경우 일정한 지방구 크기(d_{43} ≒ 0.39 μm)의 안정한 유화액을 형성하였고, separation analyzer(LUMiFuge®)를 이용한 유화안정도 평가 결과에서도 이와 유사한 안정도 변화 경향을 확인할 수 있었다. 또한 홍삼농축액 유화액 중 지방구 크기는 pH 및 NaCl 농도변화에 의존하였는데, pH가 감소함에 따라 지방구 크기는 증가하고 음의 제타전위 값[-67.0 mV (pH 9.0) → + 2.1 mV (pH 2.0)]은 낮아지는 경향을 보였으며, NaCl 농도(0.1 M → 0.5 M)가 높을수록 지방구 크기는 증가하였다. 본 실험을 통해 홍삼농축액의 유화능을 확인할 수 있었다.

키워드 : 유화제, 홍삼, 계면장력, 제타전위, 진세노사이드

Abstract : This study was carried out to investigate the emulsifying properties of concentrated red ginseng extract (CRGE). First, we determined the interfacial tension of CRGE at the oil-water interface. Second, oil-in-water emulsions were prepared with CRGE and then their physicochemical properties such as fat globule size, zeta-potential, dispersion stability, and microscopic characteristics were determined. It was found that interfacial tension gradually decreased with increasing CRGE concentration, indicative of some surface activity. In emulsions, fat globule size was decreased as CRGE concentration increased, showing a critical value (d_{43} ≒ 0.39 μm) at ≥ 3.5 wt% of CRGE. In addition, pH and NaCl also influenced on fat globule sizes; they were

†Corresponding author
(E-mail: hongst@cnu.ac.kr)

increased in acidic conditions (pH ≤ 3) or in higher NaCl concentration (≥ 0.4 M) and these results were interpreted in view of the change in zeta potentials. The dispersion stability by separation analyzer (LUMiFuge®) showed that it was more stable in emulsions with higher CRGE concentration (i.e., ≥ 3.5 wt%). In conclusion, CRGE was surface-active and it could be used as an emulsifier in preparation of food emulsions.

Keywords : red-ginseng, interfacial tension, emulsifying property, zeta-potential, ginsenoside

1. 서 론

수중유적형(oil-in-water) 유화액 제조공정은 각종 가공식품, 영양보충식, 의약품 및 화장품 등의 제조에 널리 이용되는 공정 중 하나이다[1]. 이러한 유화 제품에서 지방구의 특성은 제품의 외형, 조직감(texture), 입속느낌(mouthfeel) 및 맛과 같은 물리화학적, 관능적 성질을 부여한다[2]. 일반적으로 유화액은 열역학적으로 불안정한 시스템으로 지방구 표면에 흡착된 유화제는 물/기름 사이의 계면막을 형성하고 계면(표면)장력을 낮추어 일정기간 동안 유화 안정성을 부여한다[3]. 그러나 시간의 경과와 더불어 지방구의 응집, 합일 등과 같은 유화 불안정 현상이 나타날 수 있으며 이를 감소시키기 위해 유화액 제조 시 적절한 유화제를 첨가하는 것이 중요하다[4]. 식품 유화에 사용되는 유화제는 대부분 저분자량의 합성유화제(소르비탄지방산에스테르, 글리세린지방산에스테르, 자당지방산에스테르 등)가 사용되고 있다[5].

최근 식품 산업에서는 소비자들의 생활수준 향상과 삶의 질에 대한 의식이 높아지면서 건강 지향적 트랜드가 형성되고 있다. 이에 따라 화학적 합성 첨가물을 천연물질 유래 성분으로 대체하려는 시도가 이뤄지고 있다[6].

인삼(Ginseng radix)은 오가피나무과(*Araliaceae*) 파낙스속(*Panax*)에 속하는 다년생 초본 식물인 인삼(*Panax ginseng* C. A. Meyer)의 뿌리를 말린 것을 말하며 수천 년 동안 약재로 사용되어 왔다[7]. 홍삼은 수삼을 수증기 또는 기타방법으로 증숙한 다음 건조한 것을 말하며, 가공과정 중 유용 성분들인 진세노사이드, panaxytiols, anaxadiols, 산성다당체 등이 증가하여 암 예방작용, 암세포성장 억제작용[8,9], 혈압강화 작용[10], 면역기능조절작용[11], 항산화능[12] 등 유용한 생리기능성을 나타내는 것으로 보고되고 있다. 인삼 및 홍삼의 대표적인 화학성분은 사포닌(saponin)으로 진세노사이드라고 부르며, 1971년 일본의 Nagai 등[13]이 진세노사이드-Rg1의 화학구조를 최초로 구명한 이래 지금까지 백삼과 홍삼으로부터 30여 종의 진세노사이드가 보고되고 있다. 한편, 사포닌은 친수성 부분(rhamnose, xylose, arabinose, galactose, fructose, glucuronic acid)과 소수성 부분(triterpenoid, dammarane 또는 steroid backbone)을 모두 가지고 있어 천연 유화제로서 사용가능한 것으로 추정되며, 실제로 최근 quillaja 사포닌은 일부 상업적으로 사용되고 있다[14]. 지난 40여 년 동안 진세노사이드를 포함하여 인삼에 존재하는 다양한 생리활성 물질들의 기능성 및 화학구조가 구명된 것과는 달리 인삼의 유화 특성에 관한 연구는 거의 수행되지 않은 것으로 조사되었다.

이에 본 연구에서는 홍삼농축액의 표면활성 특성을 조사하고, 이를 근거로 하여 홍삼농축액으로 안정화된 수중유적형 유화액을 제조하며, pH 변화 및 NaCl 첨가 등의 외부 환경 변화에 따른 홍삼 유화액의 이화학적 특성 변화를 조사하고자 하였다. 본 실험의 결과는 인삼 및 홍삼의 생리기능적 특성 외에 천연물 유화제로서의 사용가능성 여부를 평가하기 위한 기초 자료를 확보하는데 그 목적이 있다.

2. 실 험

2.1. 실험재료

본 실험에 사용된 Table 1 의 성분함량을 나타낸 홍삼농축액은 금산소재 D사에서 공급받아 냉장(4℃) 보관하여 사용하였고, 카놀라유는 ㈜롯데푸드(Cheonan, Korea)제품을 시장마트에서 구입하여 사용하였다. Bis-tris buffer(MW: 209.24), sodium azide(purity: 98%) 및

n-tetradecane은 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)로부터 구입하여 사용하였으며, 이외에 실험에 사용된 모든 시약은 일급 이상의 등급을 사용하였다.

Table. 1. Content of concentrated red-ginseng extract

Materials	Contents (wt %)[2)]
Moisture	30.0±0.54[1)]
Crude protein	8.40±0.23
Crude fat	1.44±0.50
Crude ash	2.80±0.33
Ginsenosides	3.80±0.13

[1)]Values are Mean±S.D., n=3
[2)]Wet base

2.2. 실험방법

2.2.1 홍삼농축액 성분 분석

홍삼농축액의 일반성분은 AOAC[15]의 방법에 의거하여 분석하였으며, 수분은 105℃ 상압건조법, 조회분은 건식회화법, 조단백질은 kjeldahl법, 조지방은 soxhlet법으로 분석하였다. 진세노사이드는 Lee 등[16]의 방법에 따라 시료를 HPLC용 메탄올에 용해한 후 이를 membrane filter (0.2 μm pore size, Whatman Co., Kent, England)로 여과, HPLC (Agilent 1200, Agilent technologies,Santa Clara, CA, USA)에 10 μL씩 주입하여 분석하였으며, 검출기는 YMC Pro C18 RS (YMC Co., Ltd, Kyoto, Japan)을 장착한 HPLC system (Agilent 1200 series system withDAD detector at 203 nm)을 이용하여 분석하였다. 진세노사이드 표준물질은 순도 99% 이상의 Rg3(Chengdu Biopurify Phytochemicals, Sichuan, China)등 20종의 진세노사이드를 이용하여 검량곡선으로 하여 피크면적에 의하여 환산하여 정량하였다

2.2.2 홍삼농축액의 계면장력 측정

홍삼농축액의 표면활성능력을 평가하기 위해 Dickinson & Pawlowsky 등[17]의 방법에 따라 oil-water의 계면에서 Du Nouy Ring 방법[18]으로 계면장력을 측정하였다. 홍삼농축액을 농도별(1 × 10^{-5} ~ 0.2 wt%)로 수상(5 mM bis-tris, pH 7.0)에 용해하였으며 *n*-tetradecane을 유상으로 하여 계면 형성 30분 후에 표면장력계(Sigma 700, Biolin Scientific Inc., Stokholm, Sweden)를 이용하여 계면장력을 측정하였다.

2.2.3 유화액의 제조 및 지방구 크기 측정

유화액은 Yun & Hong[19]의 방법을 변형하여 제조하였다. 수상(aqueous phase)으로 홍삼농축액을 농도별(2.0 ~ 4.5 wt%)로 20 mM bis-tris buffer(pH 7.0)에 용해한 후 이를 유상(oil phase)인 카놀라유(canola oil)와 혼합(유화액 중 기름함량: 5.0 wt%)하고, 실험실용 믹서기(L4RT, Silverson Machines Ltd., Chesham, UK)를 이용하여 5,000 rpm에서 5분간 예비 균질하여 pre-mix를 제조하였다. 이 pre-mix는 실험실용 고압균질기(M-110Y, Microfludics, MA, USA)를 이용하여 3,000 psi에서 2회, 500 psi에서 1회 균질하여 최종 유화액(2.0 ~ 4.5 wt% concentrated red ginseng extract, 5.0 wt% oil, 20 mM bis-tris)을 제조하였다. 유화액 중의 지방구 크기는 입도분석기(Mastersizer S, Malvern Instrument, Worcestershire, UK)를 이용하여 측정하였으며, 결과는 volume surface mean diameter(d_{32}) 및 weight mean diameter(d_{43})로 표현하였다.

$$d_{32} = \Sigma\ d_i^3 n_i\ /\ \Sigma d_i^2 n_i \quad (n_i\text{: numbers of particle on size } d_i) \cdots\cdots (1)$$

$$d_{43} = \Sigma\ d_i^4 n_i\ /\ \Sigma d_i^3 n_i \quad (n_i\text{ : numbers of particle on size } d_i) \cdots\cdots (2)$$

2.2.4 유화 성질 평가

유화 성질은 Chananmai 등[20]의 방법을 변형하여 측정하였다. 전술한 유화 공정을 이용하여 제조한 유화액(2.0 ~ 4.5 wt% concentrated red ginseng extract, 5.0 wt% oil, 20 mM bis-tris)에 대하여 pH 및 NaCl 첨가 농도 변화에 따른 유화액 중 지방구 크기 변화, 현미경 관찰, 제타전위(Nanosizer ZS, Malvern Co., Worcestershire, UK)변화를 이용해 유화성질 변화를 조사, 평가하였다.

2.2.4.1 pH 변화에 따른 영향

유화액 20 mL를 25 mL vial에 옮긴 후 0.5 M NaOH 혹은 0.5 M HCl을 이용하여 pH를

변화(pH 2.0, 3.0, 5.0, 7.0, 9.0)시키고, 이를 상온에서 하루 동안 방치한 후, pH 변화의 따른 유화액의 성질 변화를 조사하였다.

2.2.4.2 NaCl 농도의 변화에 따른 영향

NaCl 첨가에 의한 유화능 확인은 Binks 등[21]의 방법을 이용하였다. 유화액 20 mL을 25 mL vial에 옮긴 후 NaCl을 농도별(0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 M)로 첨가·용해시킨 다음 이를 상온에서 하루 동안 방치한 후, NaCl 첨가 농도 변화에 따른 유화액의 성질 변화를 조사하였다.

2.2.4.3 현미경 관찰

홍삼농축액 함유 유화액의 유화능을 평가하기 위해, 광학현미경(Olympus CX21, Olympus Optical Co. Ltd., Japan)을 이용하였다. 확대배율(× 1000)의 렌즈를 이용하여 유화액 pH 변화와 NaCl 농도 변화에 따른 지방구 크기 변화를 측정하였다. Motic images advanced 3.2 (Motic Co., Ltd. Causeway Bay, Hong Kong)를 이용해 조명 백그라운드 및 옵셋을 조절한 뒤, 2048 × 1536 픽셀 해상도로 결과를 나타내었다.

2.2.4.4 제타전위 측정

홍삼 농축액 함유 유화액의 pH 변화(pH 2.0 ~ 9.0)에 따른 지방구의 제타전위를 측정하기 위해 시료 유화액을 1000배 희석한 후, 측정용기 folded capillary cell(Malvern Instruments Ltd., Worcestershire, UK)에 충진하여, Nanosizer ZS(Malvern Instruments Ltd., Worcestershire, UK)를 이용하여 측정하였다.

2.2.5 분산 안정도 측정

홍삼농축액의 농도 변화에 따른 유화액(1.0 ~ 4.5 wt% 홍삼농축액, 5 wt% oil: 20 mM bis-tris, pH 7.0)의 분산 안정도는 separation analyser(LUMiFuge 116®, L.U.M. GmbH, Germany)을 이용하여 측정하였다. Separation analyser는 유화액 시료를 회전하여 불안정화를 가속화 시키면서 near-infrared (NIR) light optics를 이용해 분산 안정도를 측정하는 방법이다[22,23]. 즉, 시료 유화액을 cell에 2 ml 용량으로 충진하고 이를 separation analyzer에 넣어 25℃에서 180분 동안 3000 rpm에서 회전시켜 분산 안정도를 측정하였다. 결과는 분산 프로화일(유화액 높이에 대한 시간에 따른 transmission 변화)의 변화로 표현하였으며 이는 측정기기의 소프트웨어(The LUMiFuge software, SPEview V.5.0.)를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 홍삼농축액의 계면장력 특성

농도에 따른 홍삼농축액 수용액의 물/기름 계면에서 계면장력 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 홍삼농축액 1 × 10^{-5}, 1 × 10^{-4} wt% 농도에서 계면장력은 36 ~ 37 mN/m 범위로 비교적 높게 나타났으며, 이후 농도의 증가와 더불어 계면장력은 급격히 감소하여 0.01 wt% 이상의 농도에서는 일정 수준(14 ~ 15 mN/m)의 비교적 낮은 계면장력 값을 나타내었다. 이는 quillaja 사포닌의 계면장력과 유사한 수준으로[14], Mitra와 Dungan에 따르면[24] quillaja의 사포닌 분자가 물/기름 계면에 흡착됨에 따라 계면장력이 감소하고 그 감소 정도는 연속상에 존재하는 사포닌에 비례하였으며, critical micelle concentration (CMC) 이상의 농도에서는 더 이상의 감소는 관찰되지 않았음을 보고하였다. 따라서 본 실험에서 관찰된 수용액 중 홍삼농축액의 농도 증가에 따른 계면장력 감소는 홍삼 사포닌(진세노사이드)이 물/기름 계면에 흡착을 뜻하며, 일정 농도 이상(≧ 0.1%)에서는 물/기름 계면이 진세노사이드로

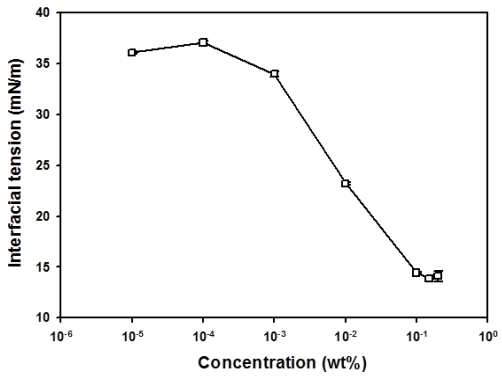


Fig. 1. Influence of red-ginseng extract concentration on the interfacial tension measured at the *n*-tetradecane oil-water interface at 25℃

포화되었음을 추정할 수 있다. Fig. 2에 나타낸 홍삼 사포닌의 구조에 따르면[25], 홍삼 사포닌은 친수성 부분(rhamnose, xylose, arabinose, galactose, fructose, glucuronic acid)과 소수성 부분(triterpenoid, dammarane 또는 steroid backbone)을 모두 가지고 있으며, 따라서 소수성 효과(hydrophobic effect)에 의해 물/기름 계면(표면)으로 확산·흡착하고, 이 결과 계면장력은 낮아지게 된다[26].

3.2 홍삼농축액의 유화특성

3.2.1 홍삼농축액 농도에 따른 지방구 크기의 변화

유화액 중 홍삼농축액의 첨가농도(2.0 ~ 5.0 wt%)에 따른 지방구 크기 변화(d_{32}, d_{43})를 조사하였다. Fig. 3에 의하면, 홍삼농축액 농도의 증가와 더불어 지방구 크기는 작아졌으며[d_{43}: 2.41 ㎛ (1.0 wt%) → d_{43}: 0.39 ㎛ (4.5 wt%)], 3.5 wt% 이상 첨가할 경우 유화액 중 지방구 크기는 큰 변화를 보이지 않았다. 유화공정 중 첨가되는 유화제는 물/기름의 계면장력을 낮추어 유화 지방구의 크기를 감소시킨다[27]. 또한, 유화액 중 유화제의 농도가 일정농도 이상이 되면 지방구표면은 유화제로 포화되어 첨가한 유화제는 지방구 표면에 흡착되지 못하며[28], 유화 지방구의 크기는 더 이상 작아지지 않는다(임계 지방구 크기).

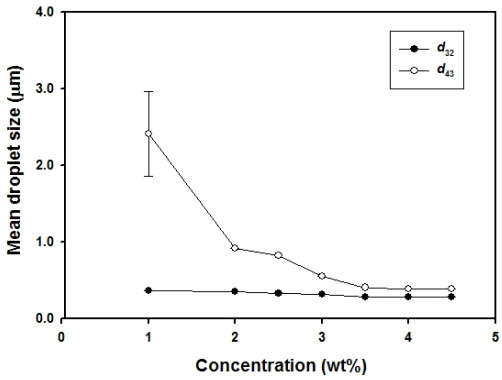
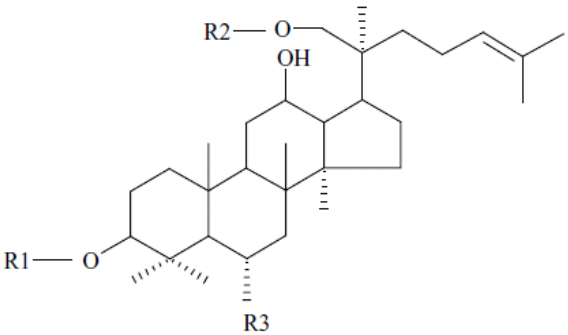


Fig. 3. Influence of red-ginseng extract concentration on the mean particle diameter (d_{32}, d_{43}) of 5 wt% canola oil-in-water emulsions.



Ginsenosides	R1	R2	R3
Rb_1	-glc[2→1]glc	-glc[6→1]glc	-H
Rb_2	-glc[2→1]glc	-glc[6→1]ara(p)	-H
Rc	-glc[2→1]glc	-glc[6→1]ara(f)	-H
Rd	-glc[2→1]glc	-glc	-H
Re	-H	-glc	-O-glc[2→1]rha
Rf	-H	-H	-O-glc[2→1]glc
Rg_1	-H	-glc	-O-glc

glc: D-glucose, ara(p): L-arabinopyranose, ara(f): L-arabinofuranose, rha: L-rhamnose

Fig. 2. Representation of ginseng ginsenoside molecule. Notation R1-R3 represents either H or different sugar groups (Li at al, 1996).

본 실험에서 유화액 제조에 사용된 홍삼농축액은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 물/기름 계면에 계면 장력을 효율적으로 낮추었으며, 유화 지방구 크기 또한 홍삼농축액 농도의 증가와 더불어 작아지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 Yang 등[14]의 quillaja 사포닌으로 안정화된 유화액의 유화 특성 결과와 유사한 경향이다.

3.2.2 pH의 영향

pH 변화(pH 2.0 ~ 9.0)에 따른 유화액(3.5 wt% concentrated red-ginseng extract, 5 wt% oil, 20 mM bis-tris)의 지방구 크기(d_{32}, d_{43}), 제타전위 값, 분산 안전성, 현미경 관찰의 변화를 살펴보았다. Fig. 4에 의하면, pH가 증가할수록 지방구 크기(d_{32}, d_{43})가 급격히 감소하는 경향을 나타내었으며, pH 7.0 이상에서는 변화가 없었다 [d_{32}: 2.25 ㎛, d_{43}: 30.38 ㎛ (pH 2) → d_{32}: 0.29 ㎛, d_{43}: 0.43 ㎛ (pH 7.0)]. 또한, 광학현미경을 이용하여 pH의 변화에 따른 지방구 입자를 관찰한 결과(Fig. 5), 전술한 지방구 크기의 변화와 유사하였다. 일정 pH(≥ 5.0)에서는 지방구 크기가 감소하였으며, 응집된 지방구(flocculated fat globules)가 없이 안정한 상태를 나타내었다. 그러나 낮은 pH(pH ≦ 3.0)에서 일부는 응집된 지방구가 관찰되었고, 대부분 합일이 되어 큰 지방구 입자가 형성된 것을 관찰할 수 있었다. 이러한 결과는 제타전위 측정결과와 유사한 경향을 보였는데(Fig. 6), 홍삼농축액에 의해 안정화된 유화액은 pH 9.0에서 높은 음전하량(-67 mV)을 나타내었고, pH 2.0에서 + 2.1 mV로 나타나 pH가 감소됨에 따라 제타전위 값도 감소되었다. 이는 McClenments 등 [26] 의 최근 천연 유화제로서 사용되는 천연물질 중 quillaja 사포닌, 소포로 지질(sophorolipid), 람노리피드(rhamnolipid)으로 안정화된 유화액의 유화 특성 결과와 유사한 경향을 나타낸다. 이 결과는 Fig. 2에 나타나는 홍삼의 진세노사이드 구조 안 배당체의 carboxylic acid group의 존재에 의해 기인되는 것으로 추정되는데, 일반적으로 carboxylic acid group의 pK_a는 pH 3.5 부근으로 알려져 있으며, 이 부근에서 제타전위는 크게 감소되어[14,29] 지방구간의 정전기적 반발력(electrostatic repulsive force)이 낮아진다[30]. 따라서 본 실험의 낮은 pH 조건에서 관찰된 지방구 간의 응집 및 합일 현상은 제타전위가 낮아짐에 따라 유화 지방구간의 반발력이 저하되었기 때문인 것으로 사료되었다.

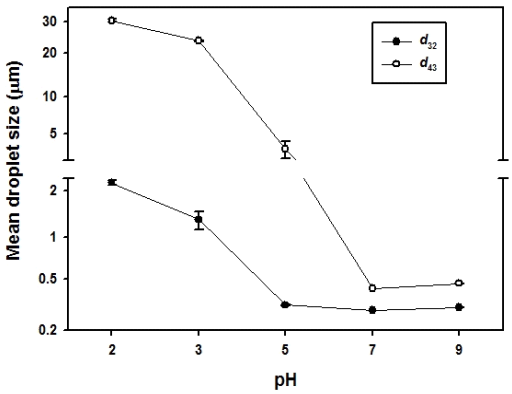


Fig. 4. Influence of pH variations (pH 2.0-9.0) on the mean droplet size (d_{32}, d_{43}) of emulsions (4 wt% concentrated red-ginseng extract, 5 wt% oil, 20 mM bis-tris).

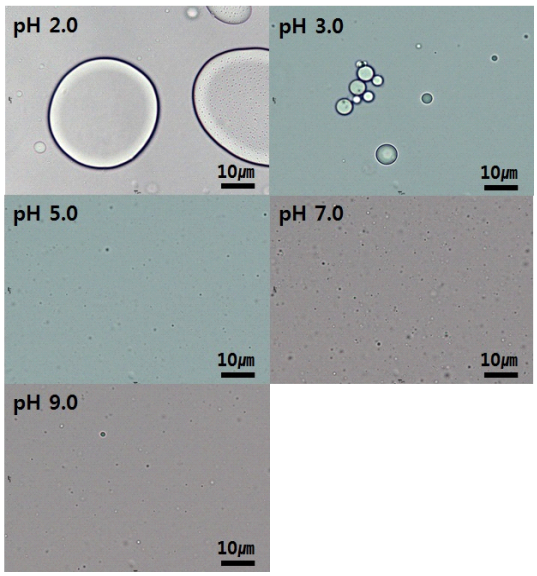


Fig. 5. Influence of pH variations on microscopic images of 5 wt% canola oil-in-water emulsions containing 4 wt% red-ginseng extract the photos were taken after 24 h storage (×1000).

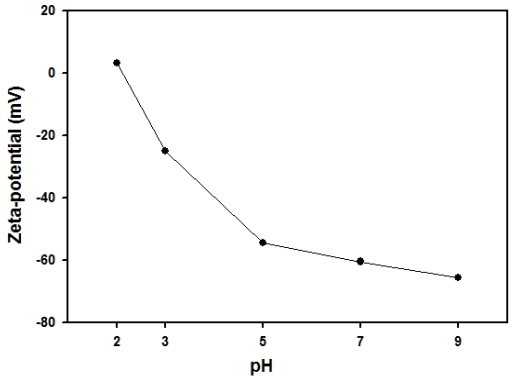


Fig. 6. Influence of pH on the ζ-potential of 5 wt% canola oil-in water emulsions containing of 4 wt% red-ginseng extract

3.2.3 NaCl 첨가에 따른 영향

NaCl 첨가에 따른 유화액(3.5 wt% concentrated red-ginseng extract, 5 wt% oil, 20 mM bis-tris, pH 7.0) 중 지방구 크기(d_{32}, d_{43})의 변화를 알아보기 위하여 유화액에 NaCl을 농도별로 첨가하고(0.1 ~ 0.5 M) 지방구 크기 변화를 측정하였다(Fig. 7). 지방구의 크기는 유화액 중 NaCl 농도의 증가와 더불어 증가하였으며 [d_{32}: 0.29 ㎛, d_{43}: 0.41 ㎛ (0.1 M) → d_{32}: 0.52 ㎛, d_{43}: 37.40 ㎛ (0.5 M)], 특히 NaCl 농도가 0.4 M 이상에서 지방구 크기가 급격히 증가하였다. 이러한 결과는 광학현미경을 이용하여 유화액 중 지방구의 변화를 살펴본 Fig. 8에도 잘 나타나 있다. NaCl의 농도가 0.3 M일 경우, 유화액 중 지방구간의 응집과 합일이 다소 발생하였으며, NaCl 농도가 점차 증가함에 따라 지방구간의 합일(coalescence)이 일어나 지방구 크기가 급격하게 증가하였다. 본 실험에서 유화제로 이용된 홍삼 농축액 중 유화능(emulsifying capacity)을 나타내는 진세노사이드는 지방구의 표면에 흡착되어 음의 전하를 나타내며(Fig. 4), 이로 인해 유도된 지방구 입자 간의 정전기적 반발력(electrostatic repulsive force)으로 인하여 안정한 유화액이 형성된다[30]. 그러나 NaCl 농도의 증가와 더불어 지방구 입자간의 정전기적 반발력은 가림 효과(screening effect)에 의해 낮아지고 지방구의 응집 및 합일을 촉진시킴으로써 Fig. 8에서 관찰한 바와 같이 유화 불안정성이 증가하게 된다[31]. 즉 홍삼농축액의 경우, MaClemnets 등 [26] 의 정전기적 반발력을 기인하는 사포닌, 단백질, 인지질 유화액의 유화 특성 결과와 유사한 경향을 나타낸다.

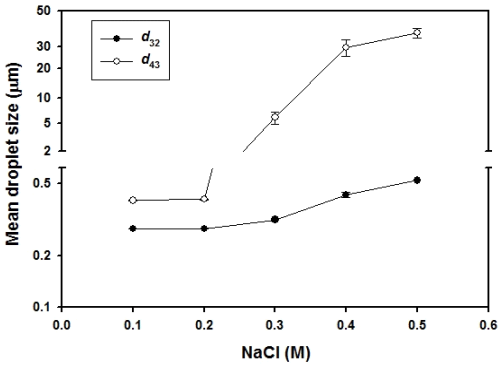


Fig. 7. Influence of NaCl addition on the mean droplet size (d_{32}, d_{43}) of emulsions (4 wt% concentrated red-ginseng extract, 5 wt% oil, 20 mM bis-tris, pH 7.0).

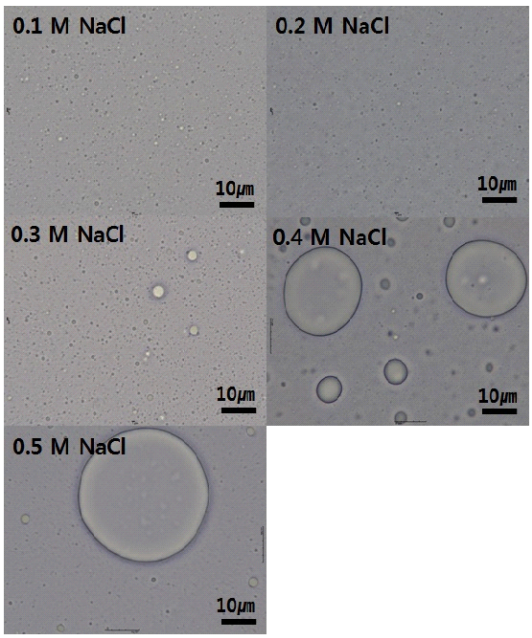


Fig. 8. The microscopic images of emulsions taken after 24 h storage following the addition of NaCl in the range 0.1 to 0.5 M (×1000).

3.2.4 분산 안정도 측정

유화제품의 평가는 안정도, 유변학적 평가 등 여러 가지 분야로 나누어 진행되며, 특히 분산 안정도는 소비자 측면에서 식품의 겉모양의 영향을 주며, 구매 결정에 있어서 중요한 판단요인이 된다[32]. 본 실험에서는 유화액의 분산 안정도를 측정하기 위하여 separation analyzer(LUMiFuge 116®)를 이용하였다[23]. Fig. 9는 홍삼농축액의 농도를 달리하여 제조한 유화액(1.0 ~ 4.0 wt% red-ginseng extract concentration, 5 wt% oil, 20 mM bis-tris, pH 7.0)의 분산 안정도를 측정한 결과로서, 유화액 시료를 측정 cell에 충진한 후 회전 로터에 넣고 일정한 조건(3000 rpm, 180 min)에서 회전하면서 cell 높이(X 축)에 대한 light transmission(Y 축)의 변화를 나타내었다(분산 프로화일). 또한, 실험 초기는 붉은색으로 후반부는 녹색으로 나타내어 시간의 경과에 따른 분산 프로화일의 변화를 알 수 있다[22]. 유화액 중 홍삼농축액의 농도가 증가하면(1.0 → 4.0 wt%) 시간의 경과에 따른 cell 아래 쪽의 transmission 증가를 관찰할 수 있었으며, 이러한 값의 변화는 유화액의 크리밍 발생과 관계가 있는 것으로[2], Fig. 3에 나타난 농도별 유화액 중 지방구 크기와 연관된 것으로 보인다. 유화액의 크리밍 속도는 다음의 stokes 법칙으로 설명될 수 있다.

$V_s=2a^2(\rho_0-\rho)g/9\eta_0$ ·····[3]

(V_s : 크리밍 속도, a : 지방구 반지름. ρ, ρ_0 :

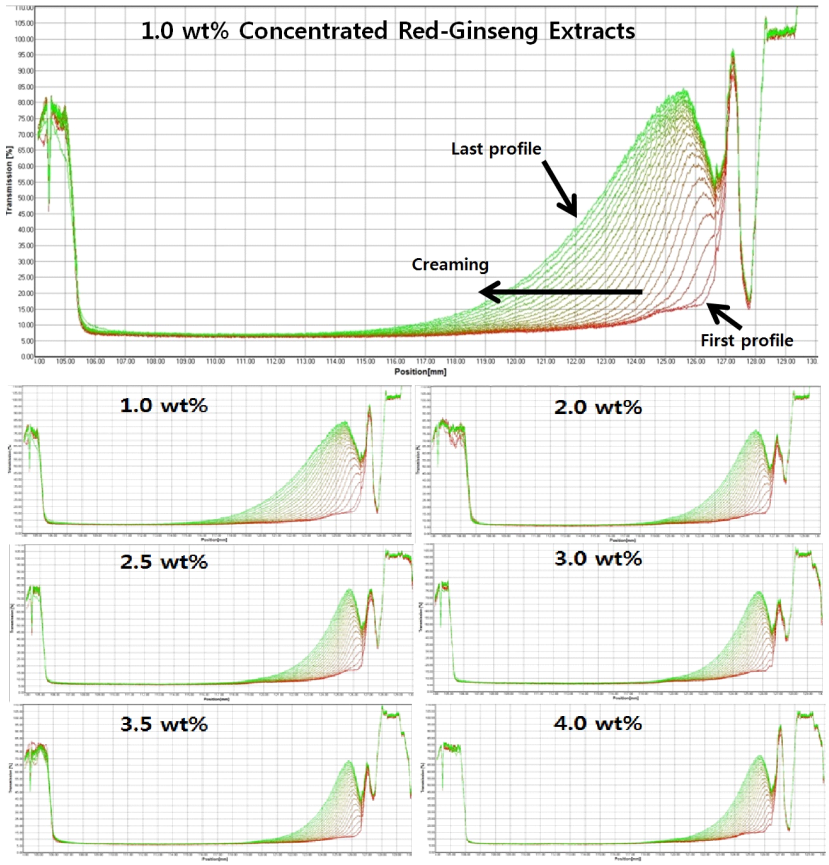


Fig. 9. Time dependence of transmission profiles of emulsion (1.0-4.0 wt% concentrated red-ginseng extracts, 5 wt% oil, 20mM bis-tris, pH 7.0), from the top of the cell (106 mm) to the bottom (129 mm) of the cell.

각각 분산질 및 분산매의 밀도, η_0 : 연속상 점도).
식 [3]에 의하면, 지방구 반지름의 제곱에 비례하여 크리밍 속도가 증가하는 것을 알 수 있다. 이 결과는 McCarthy 등 [33] 의 단백질로 안정화된 유화액의 지방구 크기의 따른 크리밍 속도 변화와 일치한다. 즉, 유화액 중 홍삼농축액 농도가 낮을 경우(e.g., ≤ 2.5 wt%) Fig. 3에 나타난 바와 같이 유화공정 중 비교적 큰 지방구가 형성되며, 이로 인해 크리밍 발생이 촉진되어 Fig. 9에서 관찰한 바와 같이 분산안정도는 낮아진다.

4. 결 론

본 실험에서는 홍삼농축액 표면활성능 및 홍삼농축액으로 안정화된 홍삼 유화액의 특성을 조사하였다. 먼저, 홍삼농축액의 표면활성(계면흡착특성)을 조사하였으며, 이어서 홍삼농축액 유화액을 제조하고 이의 이화학적 성질을 조사하였다. 홍삼농축액의 계면흡착특성에 있어서 수용액 중 홍삼농축액의 농도의 증가($1 \times 10^{-5} \rightarrow 0.1$ wt%)와 더불어 계면장력은 낮아졌으며 0.1 wt% 이상의 농도에서는 일정한 값(≒ 14 mN/m)을 나타났다. 이는 소수성과 친수성 부분을 모두 가지고 있는 홍삼농축액의 진세노사이드에 의한 것으로 사료된다. 홍삼농축액을 이용하여 유화액을 제조한 결과, 첨가 농도의 증가와 더불어 지방구 크기는 감소하였으며, 유화액 중 홍삼농축액 농도가 3.5 wt% 이상일 경우 일정한 지방구 크기(0.39 μm)의 안정한 유화액을 형성하였고, separation analyzer를 이용한 유화안정도 평가에서도 이와 유사한 안정도 변화 경향을 확인할 수 있었다. 홍삼농축액 함유 유화액 중 지방구 크기는 pH 및 NaCl 농도변화에 의존하였는데, pH가 감소함에 따라 음의 제타전위 값[-67.0 mV (pH 9.0) → + 2.1 mV (pH 2.0)]은 낮아지는 경향을 보였으며, NaCl의 농도(0.1 M → 0.5 M)가 증가할수록 가림 효과(screening effect)에 의해 지방구의 크기가 증가하는 것으로 확인되었다. 본 실험을 통해 홍삼농축액의 유화능을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 충남대학교 자체연구(CNU 학술연구)의 지원을 받아 연구되었음(과제번호: 2015-1811).

References

1. D. J. McClements, "Emulsion design to improve the delivery of functional lipophilic components", *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* **1**(1), 241-269, (2010).
2. D. J. McClements. Food emulsion: principles, practices, and technique, 3nd ed., p.100-105, Boca Raton, FL, USA, (2016).
3. E. Dickinson. An introduction to food colloid, eds., p.1-29, Oxford University Press, Oxford, UK, (1992).
4. M. Shields, R. Eills, BR. Saunders, "A creaming study of weakly flocculated and depletion flocculated oil-in-water emulsions". *Colloid Surf. A,* **178**(1), 265-276, (2001).
5. L. Kralova, J. Sjöblom. "Surfactants used in food industry: a review". *J. Dispers. Sci. Technol.*, **30**(9), 1363-1383, (2009).
6. O. Guclu-Ustundag, G. Mazza. "Saponins: properties, applications and processing". *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **47**(3), 231-258, (2007).
7. D. Kiefer, T. Pantuso. "Panax ginseng". *Am. Fam. Physician,* **68**(8), 1539-1542, (2003).
8. Y. S. Keum, K. K. Park, J. M. Lee, K. S. Chun, J. H. Park, S. K. Lee, H. Kwon, Y. J. Surh. "Antioxidant and anti-tumor promoting activities of the methanol extract of heat-processed ginseng". *Cancer Lett.*, **150**(1), 41-48, (2000).
9. S. E. Kim, M. J. Kim, S. B. Han, S. K. Lee. "Ginsenoside-Rs3, a new diol-type ginseng saponin, selectively elevates protein levels of p53 and p21WAF1 leading to induction of apoptosis in SK-HEP-1

cells". *Anticancer Res.,* 19(1), 487-491, (1999).
10. W. Y. Kim, J. M Kim, S. B. Han, S. K. Lee, N. D. Kim, M. K. Park, C. K. Kim, J. H. Park. "Steaming of ginseng at high temperature enhances biological activity". *J. Nat. Prod.* 63(12), 1702-1704, (2000).
11. S. K. Jang, Y. S. Chung, D. C. Ahn, M. J. Kang, D. G. Lee, S. H. Kim. "An experimental study on the effect of immunopotential and the anticancer effect of red ginseng extract". *Korean J. Ginseng Sci.*, 18(3), 151-159, (1994).
12. J. H. Choi, Y. S. Kim, K. M. Lee, H. J. Kim. "The effect of red ginseng intaking on free radical produced during aerobic exercise in the elderly". *J. Ginseng Res.* 28(1), 27-32, (2004).
13. Y. Nagai, O. Tanaka, S. Shibata. "Chemical studies on the oriental plant drugs—XXIV: Structure of ginsenoside-Rg1, a neutral saponin of ginseng root". *Tetrahedron,* 27(5), 881-892, (1971).
14. Y. Yang, M. E. Leser, A. A. Sher, D. J. McClements. "Formation and stability of emulsions using a natural small molecule surfactant: Quillaja saponin (Q-Naturale®)". *Food Hydrocoll.,* 30(2), 589-596, (2013).
15. AOAC Official Methods Analysis 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. p.31-37, Washington DC, USA, (1995).
16. K. S. LEE, B. J. Seong, S. I. Kim, S. H. Han, H. H, Kim, J. Y. Won, G. H. Kim. "Changes of Fatty Acids, Minerals and Ginsenosides on Ginseng Seeds during Stratifying Treatment". *Korean J. Medicinal Crop Sci.*, 23(5), 406-413, (2015).
17. E. Dickinson and K. Pawlowsky, "Influence of κ-carrageenan on the properties of a protein-stabilized emulsion". *Food Hydrocoll.,* 12(4), 417-423, (1998).
18. H. H. Zuidema, G. Waters. "Ring method for the determination of interfacial tension". *Ind. Eng. Chem. Res.*, 13(5), 312-313, (1941).
19. S. E. Yun, S. T. Hong. "Isolation and investigation of emulsifying properties of surface-active substances from rice bran". *Food Hydrocoll.*, 21(5), 838-843, (2008)
20. R. A, Chanamai, D. J. McClements. "Comparison of gum arabic, modified starch, and whey protein isolate as emulsifiers: influence of pH, CaCl2 and temperature.", *J. Food Sci.,* 67(1), 120-125, (2002).
21. B. P. Binks, R. Murakami, S. P. Armes, S. Fujii. "Effects of pH and salt concentration on oil-in-water emulsions stabilized solely by nanocomposite microgel particles". *Langmuir*, 22(5), 2050-2057, (2006)
22. T. Sobisch, D. Lerche. "Application of a new separation analyzer for the characterization of dispersions stabilized with clay derivatives.", *Colloid Polym. Sci.,* 278(4), 369-374, (2000).
23. M. Kuentz, D. Röthlisberger. "Rapid assessment of sedimentation stability in dispersions using near infrared transmission measurements during centrifugation and oscillatory rheology.", *Eur. J. Pharm. Biopham.,* 56(3), 355-361, (2003).
24. S. Mitra, S. R. Dungan. "Micellar properties of Quillaja saponin. 1. Effects of temperature, salt, and pH on solution properties.", *J. Agric. Food Chem.,* 45(5), 1587-1595, (1997)
25. T. S. C. Li, G. Mazza, A. C. Cottrell, L. Gao. "Ginsenosides in roots and leaves of American ginseng.", *J. Agric. Food Chem.*, 44(3), 717-720, (1996).
26. D. J. McClements, L. Bai, C. Chung. "Recent advances in the utilization of natural emulsifiers to form and stabilize emulsions.", *Annu. Rev. Food Sci. Technol.*, 8(1), 205-236, (2017)
27. P. Walstra, In encyclopedia of emulsion technology, basic theory, eds., p.57-59, Becher, Marcel Dekker, New York, (1983).

28. R. Jiménez-Flores, A. Ye, H. Singh. "Interactions of whey proteins during heat treatment of oil-in-water emulsions formed with whey protein isolate and hydroxylated lecithin.", *J. Agric. Food Chem.,* **53**(10), 4213-4219, (2005).
29. H. Salminen, S. Aulbach, B. H. Leuenberger, C. Tedeschi, J. Weiss. "Influence of surfactant composition on physical and oxidative stability of Quillaja saponin-stabilized lipid particles with encapsulated ω-3 fish oil.", *Colloids Surf. B Biointerfaces*, **122**(1), 46-55, (2014).
30. A. E. Wiącek. "Electrokinetic properties of *n*-tetradecane/lecithin solution emulsions", *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp.*, **293**(1), 20-27, (2007).
31. P. J. Wilde. "Interfaces: their role in foam and emulsion behaviour", *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.*, **5**(3) 176-181, (2000).
32. S. T. Hong. "Changes in the stability properties of methylcellulose emulsions as affected by competitive adsorption between methylcellulose and Tween 20", *J. Korean Soc. Food. Sci. Nutr.,* **37**(10), 1278-1286, (2008).
33. N. A. McCarthy, A. L. Kelly, J. A. O'Mahony, D. K. Hickey, V. Hickey, M. A. Fenelon. "Effect of protein content on emulsion stability of a model infant formula." *Int. Dairy J.*, **25**(2), 80-86, (2012)