

고압균질기로 유화된 홍삼음료의 안정성과 유통기한 변화에 대한 연구

류관모* · 장현호 · 이의석 · 박종태 · 홍순택†

충남대학교 농업생명과학대학 식품공학과
(2018년 1월 20일 접수: 2018년 2월 15일 수정: 2018년 2월 28일 채택)

Study of Stability and Shelf-life of Red Ginseng Beverage Emulsified by Homogenizer High Pressure

Kwan-Mo You* · Hyeon-Ho Jang · Eui-Seok Lee · Jong-Tae Park · Soon-Taek Hong†

*Department of Food Science and Technology, College of Agriculture and Life Science,
Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea*

(Received January 20, 2018; Revised February 15, 2018; Accepted February 28, 2018)

요 약 : 본 연구는 홍삼 유화 음료의 유통기한 예측을 위하여 수행하였다. 저장기간 동안 이화학적 특성 (산도, pH, 지방구크기, 색도) 및 관능적 특성의 변화를 주기적으로 조사하였다. 저장 초기에 홍삼 유화 음료의 산도, pH 및 지방구 크기는 거의 변화하지 않았으나 저장 후반기(70일 이후)에는 유의적으로 변화하였으며 이는 주로 Maillard reaction 의한 것으로 추정하였다. 관능특성과 이화학적 특성들과의 상관분석을 통하여 색도 a 값(적색도)을 홍삼 유화 음료의 이화학적 품질지표로 설정하였다. Arrhenius 식에 의한 a값 변화에 대한 활성화 에너지 및 Q_{10} -value는 각각 13.37 kcal/mol, 1.56-2.14로 조사되었으며, 홍삼 유화 음료의 유통기한은 상온(20°C) 보관의 경우 730일(약 2년)로 예측되었다.

주제어 : 홍삼, 저장, 품질지표, Q_{10} 값, 유통기한

Abstract : This study was carried out to predict the shelf-life of emulsified red ginseng beverage. To investigate the quality changes during the storage, physicochemical properties such as acidity, pH, droplet size, Hunter's color value and sensory evaluation test were measured periodically. It was found that acidity, pH, and droplet sizes were little changed in initial stage. After about 70 days of storage, however, they tended to be changed possibly due to Maillard reaction. From the results of correlation analysis between sensory evaluation results and physicochemical characteristics, a-value was chosen as a quality index of red ginseng emulsions. Using reaction constants at various temperature, the activation energy and the Q_{10} value for the a-value from Arrhenius equation found to be 13.37

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

kcal/mol, 1.56–2.14, respectively. It could be concluded that the shelf-life of red ginseng emulsions estimated to be 730 days (approximately 2 years) when stored at 20°C.

Keywords : red ginseng, storage, quality index, Q_{10} value, shelf-life

1. 서론

최근 생명과학의 발달로 수명이 연장됨에 따라 wellbeing 추구에 도움이 되는 건강기능식품에 대한 관심이 높아지고 있다. 홍삼은 잘 알려진 건강기능성 식품 중 하나로 암세포 전이 억제작용, 항당뇨, 항염증작용, 면역력 증진, 피로개선 및 기억력 개선 등 유용한 생리 기능성을 보유하며[1–5], 주요한 생리활성 성분으로는 ginsenosides(panaxadiol계, panaxatriol계)를 비롯하여 polyacetylene계 및 산성다당체 등으로 알려져 있고, 이들 중 일부 성분들은 백삼을 홍삼으로 제조할 때 그 함량이 증가하는 것으로 보고되고 있다[6].

홍삼을 주원료로 이용하는 홍삼 가공품은 여러 종류가 시장에 진출되어 있으며, 최근에는 이들 중 홍삼 추출(농축)액을 포함하는 홍삼음료 제품의 시장 규모가 급격히 증가하는 경향을 나타내고 있다.

홍삼 추출액을 사용하는 홍삼 유화 음료 제조에 관한 연구는 일부 연구자들에 의해 수행되었다. Lee 등(2012)은 홍삼 추출액(0.5%)에 두유를 첨가하였을 때 두유 중 기름 성분으로 인하여 홍삼 유화 음료의 관능적 특성이 향상됨을 관찰하였으나 두유의 응고가 빠르게 진행되는 단점을 가지고 있다고 보고하였고, Kim 등(2010)의 연구에서는 발효홍삼 농축물에 합성 첨가물(유화제, 감미제, 보존료 등)을 첨가하여 유화음료를 제조하였으나 일부 소비자들에 의해 합성첨가물 사용에 대한 거부감이 표현되었다. Baik 등(2005)은 인삼미세분말을 이용한 인삼유화음료에 대한 저장수명예측 연구에서 선정된 품질지표(유화안정도, 산도, 점도, 황색도)들의 Q_{10} value가 각각 다른 값을 나타내어 저장 수명 예측에 일률적으로 적용할 수 없었음을 보고하였다. 홍삼을 이용하여 유화음료를 제조할 때 중요한 부분은 상기 생리활성 물질의 극대화라고 할 수 있으나, 전술한 바와 같이 실제 일부 소비자층(청소년 등)에서는 합성 식품첨가물(유화제, 향, 감미료 등) 사용에

부정적이고, 또한 홍삼의 쓴맛을 싫어하는 등으로 인해 홍삼(유화)음료 음용에 부정적인 모습을 보이고 있다[10].

한편, You 등(2017)에 의하면 홍삼의 ginsenoside는 친수성 부분(rhamnose, xylose, arabinose, galactose, fucose, glucuronic acid)과 친유성 부분(triterpenoid, dammarane 또는 steroid backbone)을 한 분자 내에 모두 가지고 있어, 천연 유화제로서의 역할 및 특징을 나타낸다고 보고하였다. 이는 합성 유화제 첨가 없이 물과 기름처럼 서로 혼합 되지 않는 두 종류의 액체를 균일하게 혼합할 수 있는 유화 능력을 말하는데, 유화액 제조공정은 이유식, 커피크리머, 휘핑크림 등의 가공식품, 의약품 및 화장품 등의 제조에 널리 이용되는 단위공정이다[12].

식품공전 상의 유통기한(shelf-life)은 “소비자에게 판매가 가능한 기간을 말하며, 제품의 특성에 따라 설정한 유통기한 내에서 유통기한을 자율적으로 정할 수 있다. 다만, 표시된 유통기한 내에서는 이 공전에서 정하는 식품의 기준 및 규격에 적합하여야 한다” 라고 정의하고 있다[13]. 유통기한을 설정하기 위해서는 여러 온도구간에서 저장기간에 따른 품질변화를 분석·평가하는 가속실험법(accelerated experiment)을 주로 이용되는데, 이를 통하여 시료를 실제 유통 온도보다 높은 온도에서 저장하면서 품질변화를 측정하여 Q_{10} value와 활성화 에너지를 구하여 유통기한을 계산하게 된다[14–17].

전술한 바와 같이 홍삼음료는 그 시장 규모가 급격히 증가하고 있는 반면, 관능특성이 보다 우수한 홍삼 유화 음료의 경우 합성유화제 등 식품첨가물 사용 등으로 인하여 부정적 면이 다소 부각되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 천연 유화제로서 높은 가치를 지니고 있는 “ginsenoside 함유 홍삼 농축액”을 이용하여 유화액(에멀션)음료를 제조하고 이의 저장특성 규명 및 유통기한을 예측하고자 하였다.

2. 실험

2.1. 실험재료

본 실험에 사용된 홍삼 농축액은 2016년 4월 금산 소재의 (주)대동 고려삼에서 공급받아 냉장 ($4\pm 1^\circ\text{C}$) 보관하여 사용하였다(Table 1). 정제야자유(Lotte Foods., Ltd, Korea), 설탕(CJ Cheiljedang Co., Ltd, Korea), 생약농축액(Saerom B&F., Ltd, Korea), Fructo-oligosaccharide(Lotte Foods., Ltd, Korea) 및 Agave syrup(Hyangrim., Ltd, Korea)은 시장 마트에서 구입하여 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 \pm S.D., n=3

²⁾Wet base

2.2. 홍삼 유화 음료 제조 및 저장조건

홍삼 유화 음료는 You 등(2017)의 방법을 변형하여 제조하였다. 수상(aqueous phase)으로 홍삼농축액을 증류수에 첨가한 후 이를 유상(oil phase)인 정제야자유와 혼합하고, 혼합기(LART, Silverson Machines Ltd., Chesham, UK)를 이용하여 5,000 rpm에서 5분간 예비 혼합하여 pre-mix를 제조하였다. 이 pre-mix는 고압균질기(M-110Y, Microfluidics, MA, USA)를 이용하여 5,000 psi에서 2회, 500 psi에서 1회 균질하여 최종 홍삼 유화 음료[1.0 wt% concentrated red ginseng extract, 1.0 wt% oil, others(fructo-oligosaccharide, agave syrup, sugar etc)]를 제조하였다. 이를 레토르트(CCP film, AL/PET) 포장지에 30 g씩 포장한 후 고압솔(Sanyo MLS-3020U, SANYO Electric Co., Ltd, Tokyo, Japan)을 이용해 멸균(121°C , 15분) 처리한 후 분석 실험에 사용하였다. 제조된 홍삼유화 음료는 25°C , 35°C 및 45°C 에서 각각 저장하면서 7일 간격으로 시료를 채취하여 이화학적 특성을 분석하여 유통기한을 설정하였다. 또한 표준시료

는 냉동 보관하여 대조구로 사용하였다.

2.3. pH 측정

각각의 저장온도에서 레토르트 포장지에 보관되어 있던 홍삼유화 음료를 10 mL를 취하여 pH meter(MP220, Mettler Toledo Ltd., Greifensee, Switzerland)를 이용하여 25°C 에서 측정하였다.

2.4. 산도 측정

산도는 식품공전에 의거 홍삼유화 음료 10 mL에 증류수 10 mL를 첨가한 후 페놀프탈렌 시약 0.5 mL를 가하고 0.1 N NaOH 용액으로 홍색이 30초간 지속될 때까지 적정하였다. 결과는 식(1)을 이용하여 계산하였다[18].

$$\text{산도(젖산 \%)} = \frac{a \times f \times 0.009 \times 100}{10} \quad (1)$$

a : 0.1N NaOH 소비량 (mL)

f : 0.1N NaOH의 역가

2.5. 입도크기 측정

홍삼 유화 음료의 지방구 크기는 입도분석기(Mastersizer 2000, Malvern Instrument, Worcestershire, UK)를 이용하여 측정하였으며, 결과는 weight mean diameter(d_{43})로 표현하였다.

$$d_{43} = \frac{\sum d_i^4 n_i}{\sum d_i^3} \quad (n_i: \text{입자의 개수}, d_i: \text{직경}) \quad (3)$$

2.6. 색도 측정

홍삼 유화 음료의 색도는 색도계 (CR-400 Minolta Chroma meter, Konica Minolta Sensing Inc., Japan)를 사용하여 측정하였다. 즉, 시료 15 mL을 사각셀 (가로 \times 세로 \times 두께 = $40\times 50\times 15$ mm)의 넣고 5회 반복 측정하여 Hunter scale에 의해 L(명도), a(+ 적색, - 녹색), b(+ 황색, - 청색) 값으로 나타내었다. 색도 측정시 백색판(L=94.63, a=-1.35, b=3.39)을 표준판으로 사용하였다.

2.7. 미생물학적 분석

홍삼 유화 음료 시료 10 mL에 0.1% 멸균 펩톤수 90 mL을 멸균팩에 넣고 10분간 흔들어 균질한 후 0.1% 멸균 펩톤수로 10배수 연속 희석한 후 각각의 배지에 분주하였다[18]. 총호기성

세균은 plate count agar(PCA, Difco Co., Detroit, MI, USA)를 사용하여 37°C에서 48시간 배양하고, 효모 및 곰팡이는 potato dextrose agar(PDA, Difco Co., Detroit, MI, USA)를 사용하여 25°C에서 72시간 배양한 후 형성된 colony를 계수하였다. 검출된 미생물 수는 시료 g당 colony forming unit(CFU)로 나타내고, 모든 과정은 3회 반복하여 실험하였다.

2.8. 관능검사

홍삼 유화 음료의 관능적 품질평가는 충남대 식품공학과 대학원생들을 대상으로 일정기간 훈련을 통해 시료에 대한 충분한 지식과 용어, 평가기준 등을 훈련시켰다. 그리고 홍삼 유화 음료를 3회 반복하여 관능검사를 실시한 후 F-검정으로 차이식별 능력이 우수한 10명을 관능검사 패널로 선발하여 관능검사를 실시하였다. 25°C, 35°C 및 45°C에서 각각 저장되어 있는 홍삼 유화 음료를 일정 간격으로 채취한 후 관능검사 패널들에 의해 색(color), 맛(단맛, 짠맛, 신맛) 및 전반적인 기호도(overall acceptability)는 5점 평점법으로 평가하였다[9].

2.9. 유통기간 예측

홍삼 유화음료의 유통기한 예측은 Baik 등(2005) 및 Lee 등(2006)의 방법에 이용된 여러 온도구간에서 저장기간에 따른 품질 변화를 분석·평가하는 방법으로 실험의 규모를 줄이고 효율을 고려한 가속실험법(온도 상승법)으로 진행하였다. 즉, 일정한 저장온도 조건(25°C, 35°C, 45°C)에서 이화학적 특성 변화와 관능적 변화 측정값을 통해 SAS 프로그램(Ver. 9.4)을 통해 상관분석(피어슨 상관계수)을 실시하여 상관관계가 높은 인자를 품질지표로 삼았다. 시료의 저장기간 중 일어나는 이화학적 품질 지표의 변화에 대한 반응속도는 식(2)로 표현된다[20].

$$\frac{dQ}{dt} = kQ^n \dots\dots\dots (2)$$

- Q : 측정된 품질특성
- t : 저장기간
- k : 온도에 영향을 받는 반응속도상수
- n : 반응차수
- dQ/dt : 저장기간에 따른 품질 지표 변화

또한, Arrhenius 식(3)을 변형한 식(4)를 이용하여 활성화 에너지를 구하였으며[27],

$$k = Ae^{(-E_a/RT)} \dots\dots\dots (3)$$

$$\ln k = \ln A - E_a/RT \dots\dots\dots (4)$$

A : Arrhenius 상수, E_a : 활성화에너지 (kcal/mol)

R : 기체상수 (1.986 cal/mol), T : 절대온도(K), k : 반응상수

식 (5), (6)를 이용하여 Q₁₀ value를 구하고 상온 유통예상 조건인 20°C에서의 유통기한을 예측하였다[26, 28].

$$Q_{10} = \frac{\text{reaction rate at } (T+10)^\circ\text{C}}{\text{reaction rate at } T^\circ\text{C}} \dots\dots (5)$$

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \dots\dots\dots (6)$$

3. 결과 및 고찰

3.1. pH 및 산도 변화

홍삼 유화 음료의 저장온도 및 저장기간에 따른 pH의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 전반적으로 저장기간이 증가할수록 pH는 다소 감소하는 경향을 보였으며(pH 4.64 → pH 4.23~4.34), 고온 저장 시료(35°C, 45°C)의 경우 약 70일 경과 후 pH는 유의적으로 감소하였다(105일 후 35°C: pH 4.31, 45°C: pH 4.23). Martins 등(2000)은 Maillard 반응 동안 단백질의 아미노기가 소비되어 산이 생성되며 이는 pH의 감소로 이어지게 됨을 보고하였다. 따라서 홍삼 유화 음료의 저장 기간에 따른 pH의 감소는 시료 중에 포함된 당류와 단백질과의 반응에 의한 비효소적 갈변 현상인 Maillard 반응에 의한 것으로 판단하였다[22].

한편, 홍삼 유화 음료의 저장온도 및 기간에 따라 산도 변화는 유의적 차이를 나타내지 않았으나(Fig. 2), pH 변화와 유사하게 저장 약 70일 이후에 45°C 저장 시료의 경우 산도가 상대적으로 증가하는 것(1.33 → 1.67)을 관찰할 수 있었다. 이는 Baik 등(2005)의 보고에서도 유사한 경향을 나타내었다.

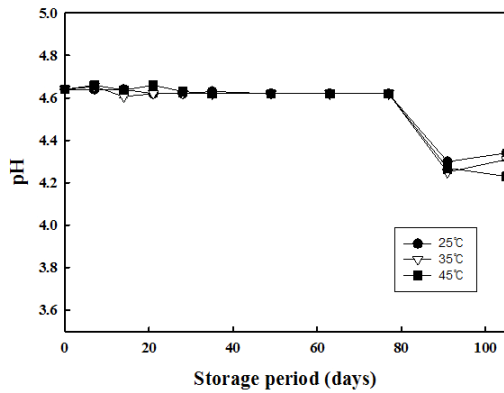


Fig. 1. Changes in pH of red ginseng emulsion with storage period.

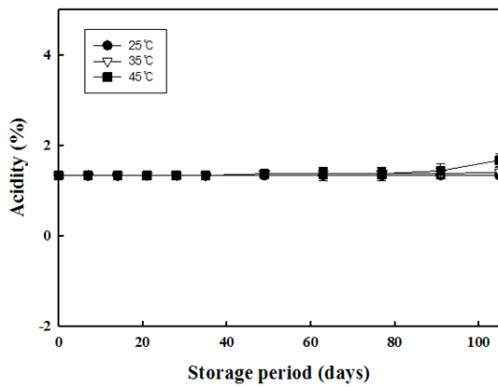


Fig. 2. Changes in acidity of red ginseng emulsions with storage period.

3.2. 미생물학적 변화

저장온도 및 저장기간 동안 홍삼 유화 음료의 총호기성세균과 효모 및 곰팡이에 대한 미생물 측정 결과(Table 2) 모두 검출되지 않아 음료의

멸균이 적합하였으며, 미생물학적으로 안전한 것으로 확인되었다. 따라서 홍삼 유화 음료 섭취는 식품위생학적으로 안전한 것으로 사료되며 식품 공전에서 제시한 기준치(세균수 100 이하/mL)에 적합한 것으로 나타났다. Baik 등(2005)도 인삼 유화음료에 저장기간 중 세균수가 검출되지 않아 이는 시료 살균이 적절하였다고 보고하였고, Choi 등(1996)은 홍삼 추출물에 함유되어 있는 ginsenoside 성분(Rb1, Rb2, Rc, Rd)이 항균작용을 가지는 것으로 보고하고 있어 본 실험에서도 홍삼농축액이 항균성에 다소 영향을 미친 것으로 사료된다.

3.3. 지방구 크기 변화

홍삼 유화 음료의 저장온도 및 저장기간에 따른 지방구 크기 변화를 Fig. 3에 나타냈다. 저장 70일 이전까지는 모든 저장 온도에서 지방구 크기 변화가 없었으나, 70일 이후부터 모든 저장 온도에서 시료 중 지방구 크기가 증가하였다. 특히 45°C 저장 시료의 경우 지방구의 크기가 상대적으로 크게 증가하는 것으로 관찰되었다($d_{43}=0.27 \mu m \rightarrow d_{43}=0.31 \mu m$). 이는 저장온도(0°C, 37°C, 55°C)가 증가할수록 지방구 크기가 증가한다는 Yang 등(2013)의 연구와 유사한 결과이다.

또한, Dickinson (2009)에 따르면 유화액은 열역학적으로 불안정한 시스템으로, 저장기간에 따라 지방구의 응집, 합일 등에 의해 지방구의 크기가 증가하며, 여러 환경적 요소들에 의해 이러한 불안정 속도가 결정된다고 하였다. 본 실험의 경우, 약 70일 이후에 관찰된 지방구 크기의 증가는 Maillard 반응에 의한 홍삼 유화 음료의 외적 환경변화(pH, 산도 등)와, 특히 고온저장 시료의 경우 지방구 입자의 운동에너지(thermal energy)가 증가하고 이에 따라 지방구의 충돌 빈

Table 2. Results of total cell count of red ginseng emulsions during storage with temperature

Type	Temperature(°C)	Storage period (weeks)		
		0	7	15
Total aerobic bacteria	25	N.D. ¹⁾	N.D.	N.D.
	35	N.D.	N.D.	N.D.
	45	N.D.	N.D.	N.D.
Yeast and mold	25	N.D.	N.D.	N.D.
	35	N.D.	N.D.	N.D.
	45	N.D.	N.D.	N.D.

¹⁾ N.D. means 'not detected'

도(collision frequency)가 높아지면서 지방구의 응집 또는 합일현상이 발생하여 지방구 크기가 다소 증가하는 경향을 나타낸 것으로 사료된다 [12].

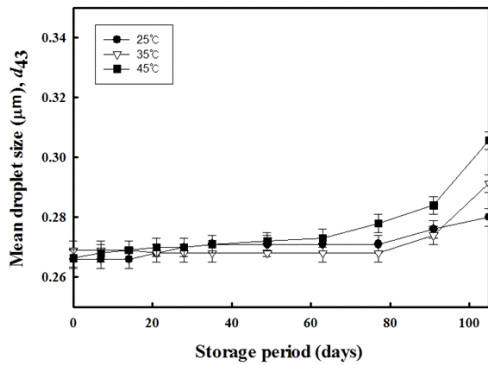


Fig. 3. Changes in droplet size (d_{43}) of red ginseng emulsions with storage period.

3.4. 색도 변화

저장온도 및 저장기간에 따른 홍삼 유화 음료의 색도 변화를 Fig. 4에 나타냈다. 홍삼 유화 음료는 저장기간에 따라 L값(lightness)은 감소하고 a값(redness)이 증가하는 경향을 보였으나, b(yellowness)값은 유의적 변화를 보이지 않았다. 명도를 나타내는 L값은 저장초기 43.89에서 저장기간 및 저장온도가 증가할수록 감소하는 경향을 나타냈으며(105일: 25°C→43.03, 35°C→42.74, 45°C→40.80), 특히 45°C의 경우 저장 50일 이후에는 급격히 감소하는 경향을 나타냈다(50일 : 43.25). 적색도를 나타내는 a값은 저장초기 -0.15에서 저장온도 및 저장기간 증가할수록 증가하는 경향을 나타냈고, 특히 45°C 저장 시료에서 가장 큰 증가폭을 나타냈다(저장초기 -0.15 → 105일 0.38). 인삼미세분말을 이용한 Baik 등(2005)의 연구에서는 저장 기간 및 온도와 더불어 b값의 증가를 보고하였으며, 홍삼을 원료로 한 본 연구의 경우 홍삼의 적색이 반영된 a값의 증가가 관찰되었다. 이는 식품의 비효소적 갈변반응인 Maillard 반응에 의한 색도 변화로 추정되며, 저장 온도가 높아짐에 따라 갈변 현상은 더 빠르게 나타난다[9, 23, 24].

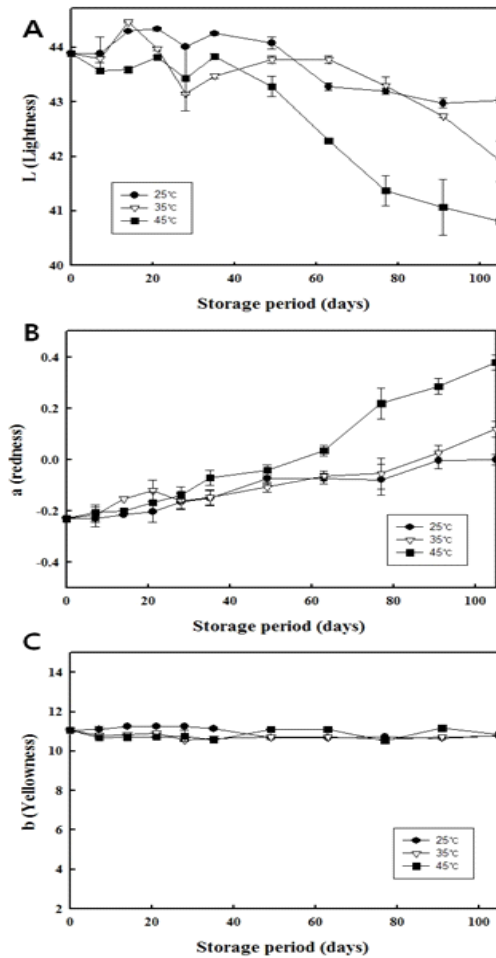


Fig. 4. Changes in Hunter's color value of red ginseng emulsions with storage period. A: L (lightness), B: a (redness), C: b (yellowness).

3.5. 관능 검사

홍삼 유화 음료의 저장기간 중 저장 온도에 따른 관능 특성의 변화를 Fig. 5에 나타냈다. 저장 시료의 상품 가치가 소실되는 관능 점수는 대조군(5.0점)과 비교하였을 때 2.5점으로 하였다[26]. Fig. 5에 나타난 바와 같이 25°C 저장 시료의 관능 특성은 저장 기간의 증가와 더불어 거의 변화되지 않았으나, 저장 온도가 증가할수록 그 변화 정도는 관능 속성에 따라 상이한 것으로 관찰되었다. 45°C에서 저장한 시료의 경우 향(A), 단맛(B), 짠맛(C) 등은 비교적 큰 변화가 없었으나, 신맛(D), 색(E), 전반적인 기호도(F) 등의 관능

점수는 저장 후반부에 급격히 감소하는 경향을 보였다(신맛 5.0 → 4.2, 기호도 5.0 → 2.48, 색 5.0 → 2.9). 이런 관능특성의 변화는 Lee 등 (2006)의 “기능성 음료의 유통기간 예측” 결과와 대체로 유사하였으며, 이는 Maillard 반응에 의한 이화학적 변화에 의한 것으로 사료되었다[25]. 특히 신맛, 전반적인 기호도, 색의 관능 점수는 약 60일 이후에 급격히 감소하였으며, 저장 90일 후 전반적 기호도는 2.5 정도로 상품적 가치가 소실되었다. 이러한 변화 결과는 전술한 홍삼 유화 음료의 저장 중 이화학적 특성(입도크기, pH, 산도, 색도)의 변화 경향과 대체로 일치하였다.

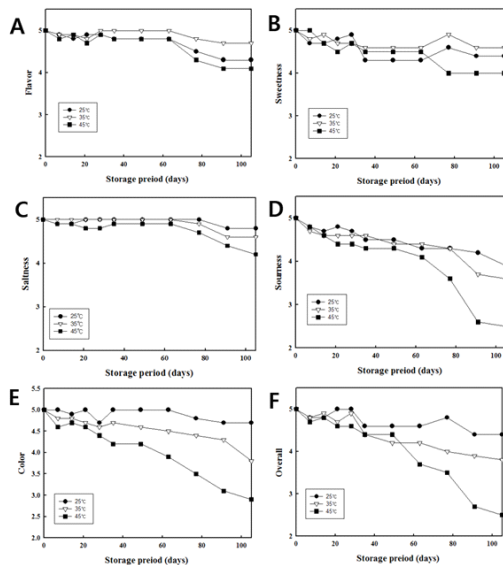


Fig. 5. Changes in sensory attributes of red ginseng emulsions with storage period. A: flavor, B: sweetness, C: saltiness, D: sourness, E: color, F: overall preference

3.6. 이화학적 품질 지표 설정

시료의 이화학적 저장품질지표를 선정하기 위하여 관능검사 결과 중 전반적인 기호도와 이화학적 특성[색도(L, a, b), pH 및 산도] 변화에 대한 상관계수 및 회귀방정식을 SAS(statistical analysis system) 프로그램(version 9.40)을 사용하여 분석하여 Table 3에 나타내었다. Table 3에 의하면 이화학적 특성치 중 적색도(이하 a값)가 관능검사의 전반적인 기호도와 가장 높은 음의 상관관계를 나타내었다($r=-0.9145$). Lee 등 (2006)의 연구에서는 색도 b값이 품질지표로 선

정되었으나, 본 연구에서는 홍삼의 특징을 나타내는 a값이 지표로 선정되었다. 따라서 이를 근거로 하여 홍삼 유화 음료의 유통기한 예측을 위한 이화학적 품질지표(quality index)는 색도 a값으로 설정하였다.

3.7. 유통기한 예측

이전 연구들(Baik 등, 2005; Lee 등, 2006; Lee 등, 2013)에 의하면 Maillard에 의한 갈변 반응은 0차 반응 속성을 나타내는 것으로 보고되었다. 따라서 본 연구에서도 저장 기간 경과에 따른 a값 변화 정도를 0차 반응 속도식에 적용하였다(Table 4). Table 4에 의하면 각 온도별로 저장기간에 따른 a값과의 상관계수(r)는 0.91 이상으로 높은 값을 나타내어 0차 반응의 속성을 보였으며, 저장 온도가 높을수록 반응 속도 상수(기울기)는 높아지는 경향을 나타내었다($25^{\circ}\text{C} : 0.0014$, $35^{\circ}\text{C} : 0.0028$, $45^{\circ}\text{C} : 0.006$). 이러한 변화 경향은 홍삼 유화 음료의 품질변화가 온도 의존성을 나타내고 있는 것으로, 이는 Lee 등 (2006) 기능성 음료의 품질변화 결과와 유사한 것으로 사료되었다.

Table 4의 각 온도별 반응 속도 상수(기울기)로부터 식(5), (6)을 이용하여 산출한 각 저장 온도에서 예측된 홍삼 유화 음료의 Q_{10} -value, 활성화 에너지 및 유통기한을 Table 5에 나타내었다. Table 5에 의하면 Q_{10} -value 및 활성화 에너지는 각각 1.56 ~ 2.14, 13.37 kcal/mol로 관찰되었으며, 이는 Baik 등 (2005)의 인삼유화음료를 이용한 저장 연구의 Q_{10} value(1.99) 및 활성화 에너지(10.51~16.70 수준) 값과 유사한 결과로 판단된다.

또한, 각 저장 온도에서 반응 속도 상수는 온도가 낮을수록 낮은 것으로 관찰되어, 이에 상응하여 각 온도 구간에서 Q_{10} -value도 낮아졌고, 따라서 예상 유통기한은 증가하였다. 즉, 저장 온도 45°C 에서 허용 한계(관능점수 2.5점에 대응하는 a값은 0.3775)에 도달하는 시간이 109.4일로 예측되었으며, 35°C , 25°C 저장 시료의 경우, 각각 234.5일, 469.0일로 저장 온도가 낮을수록 유통기한이 증가하였다. 한편, 상온 유통(20°C)을 가정한 유통기한을 추정하기 위해 식(6)을 이용하여 20°C 에서 반응 속도 상수를 구하였고, 이를 근거로 산출한 상온 유통기한은 729.6일(2년 이상)로 추정되었다. 따라서 본 실험에서 홍삼 유화 음료의 유통기한은 상온(20°C)에서 보관할 경우

Table 3. Correlation coefficient between overall preference and physicochemical characteristics of red ginseng emulsions during storage period at 45°C

Physicochemical characteristics	Correlation coefficient(r)
L (lightness)	0.7969
a (redness)	-0.9145
b (yellowness)	0.0871
pH	0.8848
Acidity	-0.7868

Table 4. Regression equation and correlation coefficient between a-value of red ginseng emulsions and storage period at various temperature

Reaction order	Storage temperature	Regression equation	Coefficient of determination(r^2)
zero order	25°C	$Y^{1)}=0.0014X^{2)} - 0.2359$	0.9487
	35°C	$Y = 0.0028X - 0.2248$	0.9161
	45°C	$Y = 0.006X - 0.2790$	0.9704

¹⁾ Y: a-value, ²⁾ X: storage period

Table 5. Activation energy, Q_{10} value and predicted shelf-life(in days) of red ginseng emulsions at various temperature

Storage temperature(°C)	Reaction rate constant(k)	Q_{10} value	Activation energy (kcal/mol)	Shelf-life (days)
45	0.0060	45~35°C: 2.14	13.37	109.4
35	0.0028			234.5
25	0.0014	35~25°C: 2.00		469.0
20	0.0009	25~20°C: 1.56		729.6

약 2년 동안 유통이 가능할 것으로 예측되었다.

4. 결론

본 연구는 홍삼 유화 음료를 15주 동안 저장하면서 이화학적 및 관능적 특성의 변화를 조사하여 유통기한을 예측하고자 하였다. pH, 산도는 저장 초기에는 큰 변화를 나타내지 않았으나, 저장 약 70일 이후에 다소 변화하였고, 유화 지방구 크기 또한 70일 전후로 저장 온도가 높을수록 증가하는 경향을 보였다. 관능 속성 중 전반적인

기호도와 이화학적 특성들과의 회귀분석을 통하여 색도 a(redness)값을 홍삼 유화 음료의 이화학적 품질지표($r=-0.9145$)로 설정하였다. Arrhenius 식에 의한 a-value 변화에 대한 활성화 에너지 및 Q_{10} -value는 각각 13.37 kcal/mol, 1.56-2.14로 조사되었으며, 각 온도별 반응상수를 이용하여 유통기한을 예측한 결과, 45°C에서 109.4일, 35°C에서 234.5일, 45°C에서 469일로 나타났다. 결론적으로 홍삼 유화 음료의 유통기한은 상온(20°C) 보관의 경우 730일(약 2년)로 예측되었다.

감사의 글

본 논문은 충남대학교 자체연구(CNU 학술연구)의 지원을 받아 연구되었음 (과제번호: 2016-1379).

References

1. 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.*, Vol.19, No.1A pp. 487-491, (1991).
2. 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.*, Vol.150, No.1 pp. 41-48, (2000).
3. J. Wang, Li. S. Fan, Y. Chen, D. Liu, H. Cheng, X. Gao, Y. Zhou, "Anti-fatigue activity of the water-soluble polysaccharides isolated from *Panax ginseng* C.A. Meyer", *J. Ethnopharmacol.*, Vol.130, No.2 pp. 421-423 (2010).
4. 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.*, Vol.63, No.12 pp. 1702-1704 (2000).
5. 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.*, Vol.18, No.3 pp. 151-159 (1994).
6. K. Y. Nam, "The comparative understanding between red ginseng and white ginsengs, processed ginsengs (*Panax ginseng* CA Meyer)", *J. Ginseng Res.*, Vol.29, No.1 pp. 1-18 (2005).
7. K. J. Lee, "Characteristics of physicochemical properties and analysis of functional components in soymilk with red ginseng extract", Ph. D. Thesis, Chosun Univ. (2012).
8. J. H. Kim, M. R. Kim, J. M. Lee, "Drink composition comprising a fermented red ginseng and method of preparing the same", KR Patent 10-2010-0084100 (2010).
9. E. K. Baik, Y. K. Seo, G. Lee, D. U. Lee, S. J. Park, J. H. Lee, K. P. Lee, D. S. Kim, N. Y. Hur, M. Y. Baik, "Quality factor determination and shelf-life prediction of emulsified ginseng drink", *Korean J. Food Sci. Technol.*, Vol.37, No.4 pp. 597-602 (2005).
10. J. H. Choi, H. C. Lee, C. M. Kim, "Efficacy of red ginseng drinks as school meals for middle and high school", *J. Enviro. Sci. Intl.*, Vol.26, No.2 pp. 257-263 (2017).
11. K. M. You, H. H. Jang, E. S. Lee, S. T. Hong, "Emulsifying properties of concentrated red ginseng extract: Influence of concentration, pH, NaCl", *J. Oil & Appl. Sci.*, Vol.34, No.9 pp. 504-514 (2017).
12. D. J. McClements. *Food emulsions: principles, practices, and techniques*. p.20-21, CRC press, Inc., (2016).
13. Food, *Korea and Drug Association Food standards codex*. p.367-368, Korean Foods Industry Association., (2005).
14. B. S. Kim, S. K. Kim, "Prediction of shelf-life of instant noodle by hexanal content", *Korean J. Food Sci. Technol.*, Vol.26, No.3 pp. 331-335 (1994).
15. K. Y. Lee, H. S. Kim, H. G. Lee, O Han, U. J. Chang, "Studies on the prediction of the shelf-life of *Kochujang* through the physicochemical and sensory analysis during storage", *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, Vol.26, No.4 pp. 588-594 (1997).
16. K. Chang, J. H. Lee, "Shelf-life estimation in food industry under accelerated experiments", *J. Korean Insti. Plant Eng.*,

- Vol.3, No.6 pp. 289–299 (1998).
17. K. S. Han, E. J. Lee, S. P. Hong, “The prediction of shelf-life of commercially sterilized Korean soups using accelerated experiment”, *Korean J. Food Cookery Sci.*, Vol.21, No.2 pp. 149–154 (2005).
 18. Ministry of food and drug safety, Korean food standards codex, Available from <http://www.foodsafetykorea.go.kr> (accessed 25 February 2018)
 19. G. D. Lee, J. O. Kim, M. S. Kim, K. P. Lee, “The prediction of shelf-life on functional beverage”, *Korean J. Food Preserv.*, Vol.13, No.2 pp 154–160 (2006).
 20. B. Fu, T. P. Theodore, “Shelf-life prediction: theory and application”, *Food Control*, Vol.4, No.3 pp. 125–133 (1993).
 21. S. I. Martins, W. M. Jongen, M. A. Van Boekel, “A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling”, *Trends Food Sci. Technol.*, Vol.11, No pp. 364–373 (2000).
 22. Y. S. Choi, “Antibacterial and bactericidal activities of Korean red Ginseng Extract”, Master Thesis, Donga Univ. (1996)
 23. T. Ando, O. Tanaka, S. Shibata, “Comparative studies on the saponins and sapogenins of ginseng and related crude drugs”, *Syoyakugaku Zasshi*, Vol.25, No.1 pp. 28–32 (1971).
 24. H. K. Joo, D. K. Jung, N. D. Kim, “Changes of composition during storage of Ginseng drink product”, *Hanguk Nonghwahak Hoechi*, Vol.34, No4 pp. 339–343 (1991).
 25. M. J. Lee, S. E. Kim, J. H. Kim, S. W. Lee, D. M. Yeum. “A study of coffee bean characteristics and coffee flavors in relation to roasting”, *J Korean Soc Food Sci Nutr*, Vol.42, No.2 pp. 255–261 (2013).
 26. E. S. Lee, H. J. Lee, J. S. Bae, Y. K. Kim, J. H. Lee, S. T. Hong, “Shelf life prediction of seasoned anchovies packaged with PET/EVOH film”. *J. East Asian Soc. Dietary.*, Vol.23, No.6 pp. 827–832 (2013).
 27. P. W. Atkins, J. D. Paula. *Physical chemistry for the life sciences*. p.256–264, Oxford University Press, (2006).
 28. H. C. Chang, “Shelf life prediction technology of foods”, *J. Korean Professional Engineers Ass.*, Vol.26, No.4 pp. 30–39 (1993).
 29. Y. Yang, M. E. Leaser, A. A. Sher, D. J. McClements, “Formation and stability of emulsions using a natural small molecule surfactant: Quillaja saponin (Q-Naturale®)”. *Food Hydrocolloid.*, Vol.30, No.2 pp. 589–596 (2013).