

홍삼 추출물이 두부의 저장성과 항산화 활성에 미치는 영향

이정숙¹ · 김교남² · 장해동^{2*}

¹금산군농업기술센터

²한남대학교 식품영양학과

Effect of Red Ginseng Extract on Storage and Antioxidant Activity of Tofu

Jung-Suk Lee¹, Gyo-Nam Kim², and Hae-Dong Jang^{2*}

¹Geumsan Agricultural Development and Technology Center, Chungnam 312-800, Korea

²Dept. of Food Science and Nutrition, Hannam University, Daejeon 305-811, Korea

Abstract

In relation to making tofu with red ginseng extract, the effects of added red ginseng extract on the storage and antioxidant activity of tofu were investigated. When red ginseng extract was added in 0.5%~2% of dried soybean, differences in texture, color and sensory properties were compared. The textural properties of tofu slightly increased depending on the added amount of red ginseng extract in terms of the hardness and springiness: significant difference was demonstrated in the tofu with 2% red ginseng extract, and the color properties also significantly increased in terms of the values of L, a, and b. As a result of sensory evaluation, although the preference to color tended to diminish, as the peculiar taste of red ginseng was significantly perceived, the overall preference did not show any statistical difference. Therefore, the addition of red ginseng extract may be interpreted as not having negative effect on the preference of consumers. There was no change at the early stage of storage in pH, turbidity and total microbial count when the tofu was stored at 15°C. However, the changes in pH and in turbidity, and total microbial counts according to the addition of red ginseng extract took place from the second day and from the sixth day of storage, respectively, suggesting that the shelf-life of tofu may be extended due to its antimicrobial effect. Especially, the highest antimicrobial effect was observed tofu with 2% red ginseng extract. Concerning the antioxidant activity of tofu using oxygen radical absorbance capacity (ORAC) assay, the antioxidant activity significantly increased along with the increase in concentration of red ginseng extract. In ORAC_{OH}-assay, the pro-oxidant activity was shown in the tofu added with red ginseng extract.

Key words: red ginseng extract, tofu, antimicrobial effect, antioxidant activity, ORAC (oxygen radical absorbance capacity)

서 론

두부는 대두의 수용성 단백질인 glycinin이 Mg²⁺ 또는 Ca²⁺ 등의 금속염과 결합하거나 산에 의해 등전점(pH 4.2~4.6)에 도달하면 단백질이 disulfide 결합, 수소결합 및 소수결합에 의해 응고하여 gel을 형성하여 침전하는 성질을 이용하여 제조한다(1,2). 또한, 아미노산 조성이 동물성 단백질과 유사하여 곡류 위주의 식생활에서 부족되기 쉬운 lysine과 같은 필수아미노산이 풍부하고 소화율이 높은 양질의 고단백질 식품이지만(3), pH가 6.0 부근으로 비교적 높고 수분함량이 80% 이상으로 저장기간이 극히 짧아 쉽게 부패하는 단점이 있다. 따라서 두부는 생산되는 즉시 소비자에게 공급되어야 하는데 이에 대한 개선이 시급한 실정이다.

두부의 유통기한은 4~10월에는 24시간, 11~3월은 48시

간, 0~10°C 냉장에서는 3일을 권장하고 있고 특히 여름철에는 하루를 넘기지 못할 정도로 저장성이 없어 상품성이 낮은 뿐만 아니라 반쯤 사례가 빈번하여 유통상 큰 불편함을 초래하고 있다(4,5). 두부가 변질되기 시작하면 부패취와 함께 균수는 초기 10⁴ CFU/g에서 10⁷ CFU/g까지 증가하는데 일반적으로 두부의 총 균수가 10⁷ CFU/g 이상이 되면 부패가 시작되는 것으로 알려져 있고 저장온도가 낮아지면 균수의 증가가 크게 둔화되면서 shelf-life가 연장되기도 하는데 이러한 현상들은 주로 유통과정 중 미생물에 의해 변질되는 것으로 보고되고 있다(6,7). 두부 부패균으로는 호기성 gram 음성 구균인 *Acinetobacter*속, 그람 음성 간균인 *Klebsiella*속 등이 보고되고 있는데 이들 미생물들은 두부 부패뿐만 아니라 폐렴, 패혈증 등의 질병을 유발하는 병원성 미생물로 알려져 있다(4-7).

*Corresponding author. E-mail: haedong@hnu.kr
Phone: 82-42-629-8795, Fax: 82-42-629-8805

두부의 저장성 결여의 가장 큰 원인은 두부에 오염된 각종 미생물이 유통 중에 번식하기 때문인 것으로 알려진 있는데 Shin 등(6)은 시판 두부를 20~25°C에 방치하여 부패를 유발시킨 후 이 부패 두부로부터 *Acinetobacter calcoaceticus* var. *anitrat*와 *Klebsiella pneumoniae* subgroup *pneumoniae* 및 *Acinetobacter calcoaceticus* var. *anitrat*와 동일한 특성을 보유한 점액성을 지닌 균주를 분리한 바 있으며, Joo 등(7)의 연구에서는 *B. cereus* J55, *X. luminescens* J48, *Ac. calcoaceticus* J61, *Kl. pneumoniae* J62 등 4종류의 균주를 분리·동정하였다.

국내 두부시장은 매년 성장하고 있긴 하나 전체 생산량은 조금씩 감소하는 반면 매출액은 성장하고 있는 상황이다. 이는 국민들의 안전한 먹거리 및 웰빙에 대한 관심이 증가되어 상대적으로 가격이 높은 포장두부의 매출이 성장하고 있기 때문으로 분석되고 있다. 따라서 비포장두부에서의 Tetra-pack과 같은 포장두부로의 전환이 빨리 진행되고 있고 전두부, 유기농 두부, 구운두부, 기능성 두부 등과 같이 점점 고급화, 특성화되는 경향을 보이고 있다(8).

최근 두부의 품질을 고급화하고 저장성을 높이기 위한 방안으로 다양한 생리활성 성분을 함유하고 있는 천연 소재를 두부에 첨가하여 두부의 기능성 보완과 저장성 향상을 동시에 추구하려는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그 예로 수용성 키틴산 분해물질을 첨가하여 항균력과 기능성을 부여한 두부(4), 오미자즙이나 매실즙과 같은 천연 응고제를 사용하여 식품의 오염을 억제한 두부(2), 원료 콩 수침 시 오존 처리를 하여 두부의 저장성을 향상시킨 두부(9), 인삼(10, 11), 녹차(1), 해조류(12), 클로렐라(13), 허브(14), 우유(15), 홍국(16), 마늘(3), 복분자(17) 등을 첨가하여 저장성, 물리적 및 관능적 특성을 향상시킨 두부, 시금치, 오이, 당근 등의 채소류의 천연색소를 두부에 흡착시킨 색상두부(18) 등 기호성, 저장성 및 항산화성 등을 증진시키고자 다양한 연구들이 수행되었다.

한편 고려인삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer)은 오갈피나 무과(*Araliaceae*) 인삼속(*panax*)에 속하는 다년생 초본으로 여러 약리작용으로 인해 세계적으로 가장 우수한 건강식품 혹은 의약품으로 평가받고 있다(19). 야생인삼(산삼)은 희귀하고, 상업적으로 유통되는 인삼의 대부분은 인위적으로 재배된 고려인삼의 뿌리를 가공한 것으로 수삼을 건조 가공한 것을 백삼이라 하고, 수삼을 증숙하여 건조 가공한 것을 홍삼으로 구분한다(20).

인삼은 각종 스트레스 해소, 간 기능 강화작용, 항당뇨 작용, 중추신경계·심혈관계 장애 개선작용 등에 관한 약리작용이 밝혀졌다(19). 또한, 홍삼 특유의 사포닌(ginsenoside)의 화학구조가 밝혀졌고, 최근에는 사포닌 이외의 산성 다당체, 펩타이드, 페놀(phenol), 폴리아세틸렌(polyacetylenes), 정유성분 등 다양한 생리활성 성분에 대한 연구가 활발히

진행되고 있으며 종래의 수용성 및 지용성 분획 연구 이외에 페놀화합물의 항산화 활성, 폴리아세틸렌 화합물의 항암작용, 홍삼 고유의 향기 성분의 관능적 특성 등에 관한 연구 등이 있다(21). 특히, 홍삼의 유효성분인 사포닌은 식품발효 미생물인 젖산균뿐만 아니라 식물병원성 곰팡이의 생육을 저해하는 것으로 알려져 있다(22,23). 최근에는 일부 병원미생물에 대한 홍삼의 생육 억제 효과에 관한 연구들이 활발히 진행되었는데, Kwak 등(24)은 홍삼 추출물로부터 분리한 홍삼 사포닌이 일부 병원성 미생물인 *Staphylococcus aureus*와 *Candida albicans*의 성장에 미치는 영향을 조사한 결과 조사포닌 0.013% 이상의 농도에서 병원성 효모 *Candida albicans*보다는 세균인 *Staphylococcus aureus*의 성장이 크게 억제되는 것으로 나타났으며, 특히 *Staphylococcus aureus*는 조사포닌 0.5% 이상의 농도에서 균의 생육이 완전히 억제되었다고 보고하였다. 그러나 두부를 포함한 식품의 보존과 관련된 식품위생학적 측면에서의 홍삼의 효과에 대한 연구는 매우 미진한 편이다.

본 연구에서는 홍삼의 유효 성분이 두부로 그대로 이행된 기능성 건강두부로서의 가치와 상품화시킬 수 있는 가능성을 확인하고자 홍삼분말이 첨가된 두부의 이화학적 특성, 관능검사 및 항산화 활성을 분석하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 대두는 충남 공주에서 수확한 국내산 대두(황금콩)를, 홍삼은 충남 금산군에 위치한 덕원농조합에서 제조한 홍삼 추출액(홍삼성분 70 mg/g 이상, 고형분 60% 이상)을 사용하였다. 두부 응고제로는 $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 를 사용하였다.

두부의 제조 및 저장

홍삼 추출물을 첨가한 두부의 제조공정은 Fig. 1과 같다. 건조 대두 3 kg 수세한 후 실온에서 15시간 물에 침지하여 불린 다음 15 L의 물을 첨가하면서 5분간 마쇄하였다. 이렇게 얻은 두미 액을 100°C에서 5분간 가열한 후 90°C에서 건조 대두 중량 대비 0, 0.5, 1, 2%(w/w) 농도로 홍삼 추출액을 첨가하여 용해시킨 다음 응고제로 400 mL $MgCl_2$ 를 첨가하고 10분간 정치하여 응고시켰다. 응고물은 성형 틀에 넣어 75 psi의 압력으로 20분 압착 성형한 후 일정규격(11×11×5 cm)으로 절단하였다. 두부를 폴리에틸렌 용기에 담고 침지액인 멸균 증류수 50 mL를 넣어 film을 용기에 열접착 방식으로 부착시켜 포장한 다음 85°C에서 15분간 열처리하고 신속히 냉각시켜 15°C에서 10일간 저장하였다. 두부를 멸균 증류수에 침지하는 이유는 두부를 침지하지 않고 저장하면 표면에서부터 수분함량이 점차적으로 감소하여 두부의 조직 특성에 변화를 일으킬 수 있기 때문이다(1).

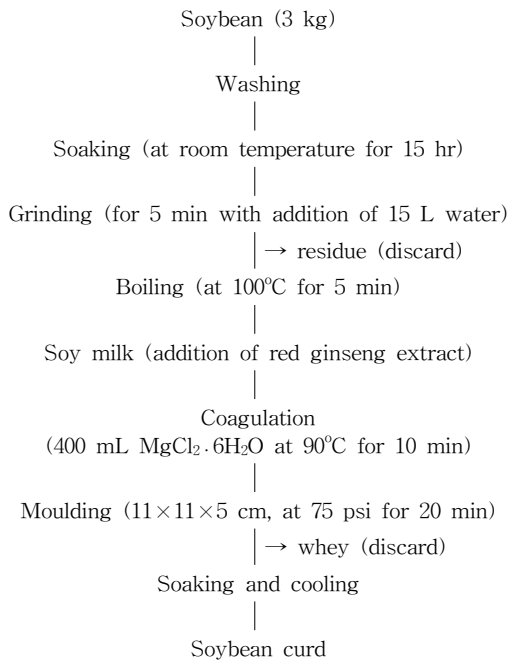


Fig. 1. The preparation procedure of soybean curd containing red ginseng extract.

Texture 측정

성형된 두부의 texture 측정은 두부를 일정크기(2×2×2 cm)로 절단한 다음 Texture analyzer(TA-XT II, Stable Micro System Ltd., UK)를 사용하여 texture profile analysis(TPA) mode에서 경도(hardness), 탄력성(springiness), 검성(gumminess), 응집성(cohesiveness), 부착성(adhesiveness)과 씹힘성(chewiness)을 측정하였다. 측정조건은 probe: 25 mm, graph type: force vs time, force threshold: 20 g, distance threshold: 0.50 mm, test speed: 5.0 mm/s, strain: 50%이었다.

색도 측정

두부의 색도는 색차계(CR-300 series, Minolta, Japan)를 사용하여 측정하였고 L(Lightness), a(redness), b(yellowness)값으로 나타내었다. 이때 표준 백색 판의 L, a, b값은 97.47, -0.02, 1.67이었다.

관능검사

관능검사는 한남대학교 식품영양학과 학생 중 12명을 pannel로 선정하여 검사방법과 평가특성을 교육시킨 후 실시하였다. 두부는 일정한 크기(3×3×1 cm)로 흰색 접시에 담아 제공하였으며 색상, 견고성, 탄력성, 콩 비린 맛, 홍삼 맛, 기호성 등 6개 항목으로 하여 5점 척도법으로 평가하였다.

pH, 탁도 및 총균수 측정

pH는 두부 침지액과 두부에 식염수를 넣어 균질화시킨 10% 현탁액(w/v)으로 나누어 pH meter(MT-220, Mettler Toledo, UK)로 측정하였다.

탁도 측정은 두부 침지액을 여지(Whatman No. 2)로 여과하여 여액의 흡광도를 micro-plate reader(Tecan Trading AG, Switzerland)로 600 nm에서 측정하였다.

저장 중 두부에 존재하는 미생물 총 균수는 두부 1 g을 취하여 멸균 식염수 9 mL를 가해 균질화시킨 후 단계적으로 희석하였다. 각각의 희석 액 1 mL를 plate count agar(Becton Dickinson, USA) 배지에 접종한 후 30°C에서 48시간 배양시켜 colony를 계수하고 시료 g당 colony forming units(CFU/g)로 나타내었다.

Oxygen radical absorbance capacity(ORAC)

ORAC assay는 식품이나 음료의 total antioxidant capacity(TAC)를 양적으로 측정하여 항산화 활성을 평가하기 위한 도구로 널리 활용되는 방법으로 free radical에 의해 유도되는 손상으로부터 시료에 의한 보호 능력을 측정한다(25). ORAC을 이용한 항산화 활성 측정은 peroxy radical scavenging capacity(ORAC_{ROO·}) assay(26)와 hydroxyl radical scavenging capacity(ORAC_{OH·}) assay(27)를 사용하였다. ORAC_{ROO·} assay에는 40 nM fluorescein과 5 mM 2,2'-azobis[2-amidinopropane] dihydrochloride(AAPH)을 사용하였고, ORAC_{OH·} assay에는 40 nM fluorescein과 220 mM H₂O₂/5 μM CuSO₄를 사용하여 GENios fluorescence plate reader(Tecan, Salzburg, Austria)로 excitation wavelength 485 nm, emission wavelength 535 nm에서 형광을 측정하였다. ORAC_{ROO·}의 결과는 vitamin E 수용성 유도체인 Trolox(6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carbonyl acid) 1 μM에 의해 보호된 curve area와 비교하여 계산하였으며, ORAC_{OH·}의 결과는 시료에 의해 얻은 curve area에서 fluorescein에 H₂O₂-CuSO₄를 첨가하였을 때 얻은 curve area를 뺀 net area로 나타내었다.

통계처리

홍삼 추출물 첨가 두부의 이화학적 검사, 관능검사와 기계적 검사의 측정 결과는 분산분석, 다중범위 검정(Duncan's multiple range test)에 의해 유의성 검정을 하였다. 실험은 3회 반복 실시하였고 모든 통계자료는 SPSS program(Statistical Package for Social Science, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

두부의 이화학적 특성

Texture: 홍삼 추출물을 첨가한 두부의 texture 측정 결과는 Table 1과 같다. 홍삼 추출물을 첨가함에 따라 응집성(cohesiveness), 부착성(adhesiveness)에는 유의적 차이가 없었지만, 검성(gumminess)과 씹힘성(chewiness)은 첨가한 홍삼 추출물의 농도에 비례하여 증가하는 경향을 나타냈으며 경도(hardness)와 탄력성(springiness)은 홍삼 추출물

Table 1. Comparison of textural properties of soybean curds

Red ginseng extract (%)	Textural properties ¹⁾					
	Hard (g)	Spring	Gum	Cohes	Adhes	Chew
0	357.92±14.37 ^{2)a3)}	0.87±0.03 ^a	171.16±27.47 ^{NS4)}	0.48±0.06 ^{NS}	-9.17±3.14 ^{NS}	148.26±24.03 ^{NS}
0.5	381.68±2.94 ^a	0.92±0.03 ^b	190.99±30.76	0.50±0.08	-24.71±9.41	176.23±32.33
1	389.83±6.15 ^a	0.92±0.02 ^{ab}	190.96±5.5	0.49±0.01	-14.03±16.38	174.84±8.76
2	429.85±26.84 ^b	0.95±0.00 ^b	216.81±41.76	0.50±0.06	-26.01±4.82	206.38±39.31

¹⁾Hard, hardness; Spring, springiness; Gum, gumminess; Cohes, cohesiveness; Adhes, adhesiveness; Chew, chewiness.

²⁾Data are expressed as mean±SD of three experiments.

³⁾Different letters indicate significant differences at p<0.05.

⁴⁾Not significant.

을 0.5% 이상 첨가한 군에서 유의적으로 높게 나타났다. Park과 Hwang(28)은 두부의 견고성은 두유 내 고형분의 함량, 응고제 첨가량, 단백질 함량과 조성에 따라 크게 영향을 받는다고 보고하였고, Baik 등(11)의 연구에서도 홍삼 추출액을 0.1% 이상 첨가한 두부에서 홍삼 추출액의 첨가량이 증가함에 따라 경도가 증가하였다고 보고한 바 있다.

두부에 홍삼 추출물을 첨가하는 것은 두부의 응집성, 부착성에 큰 영향을 주지 않지만 일정 농도 이상 홍삼을 첨가했을 경우에는 경도, 탄력성, 검성 및 씹힘성을 증가시키는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 녹차가루(1), 우유(15), 시금치(18), 클로렐라(13)를 첨가하여 제조한 두부에서 유사한 경향을 나타냈다는 보고와 일치한다.

최근 두부에 사용되는 응고제를 포함한 화학첨가물 사용에 대한 소비자들의 거부감이 커지고 있기 때문에 화학첨가물 형태의 응고제를 사용하는 문제를 해결하기 위하여 감귤즙, 오미자즙, 매실즙, 난각, 참깨 등의 천연 응고제를 이용하여 두부를 제조하기 위한 연구가 성공적으로 시행된 바 있다(2). 따라서 화학첨가물 형태의 응고제 일부를 홍삼 등의 다른 식물로 대체함으로써 화학첨가물 응고제의 사용량을 줄이는 효과를 기대할 수 있다.

색도: 홍삼 추출물을 첨가한 두부를 제조하여 두부의 색도를 측정된 결과는 Table 2와 같다. 밝기를 나타내는 L값은 홍삼 추출물 첨가량이 증가할수록 떨어졌고 붉은 색의 색도인 a값은 홍삼 추출물 첨가량이 증가할수록 값이 상승하였으며 노란 색의 색도인 b값은 2%에서만 유의적으로 크게 나타났다. 이는 인삼을 첨가하였을 때 L값은 낮아지고 a값과 b값은 증가된다는 Kim 등(10)과 Baik 등(11)의 연구 결과와 일치함을 알 수 있다. 특히, Lu 등(29)은 칼슘염을 이용한 curd 제조에서 두부로서 바람직한 색깔은 흰빛을 띠면서 약

간 노란색을 내는 두부가 가장 좋다고 하였지만, 홍삼 추출물 첨가로 인해 일반 두부와는 다른 색상을 띠는 두부에 대해 소비자들의 기호도가 어떻게 나타날지에 대해서는 체계적인 선호도 조사가 추가적으로 요청된다.

pH 변화: 멸균한 증류수에 두부를 침지하여 85°C에서 15분간 열처리하고 냉각시켜 15°C에서 보관하면서 두부 침지액과 현탁액의 pH를 10일 동안 2일 간격으로 측정하였다. 두부의 부패를 간접적으로 모니터링할 수 있는 방법으로 알려진 두부 침지액의 pH를 측정된 결과(Fig. 2), 홍삼 추출물을 첨가한 두부가 첨가하지 않은 두부보다 pH 감소가 지연되었고 특히 1%와 2% 홍삼 첨가 두부에서 효과가 컸는데 이는 홍삼이 두부 침지액 중 미생물의 증식을 어느 정도 억제하고 있음을 보여주고 있다. 저장기간 6일까지 pH가 감소하는 것은 미생물의 번식으로 인해 생성된 산의 영향이고, 6일 이후에 pH가 상승하는 것은 저장 중 미생물에 의해 오염되면서 이들이 생성하는 효소에 의해 단백질이 분해되어 생성되는 알칼리성 물질에 기인하는 것으로 판단된다. 즉, 부패로 생성되는 가용성 저분자량의 peptide, amino acid 그리고 amine 등 양성 전해질에 의한 완충작용으로 인한 결과로 해석된다(9).

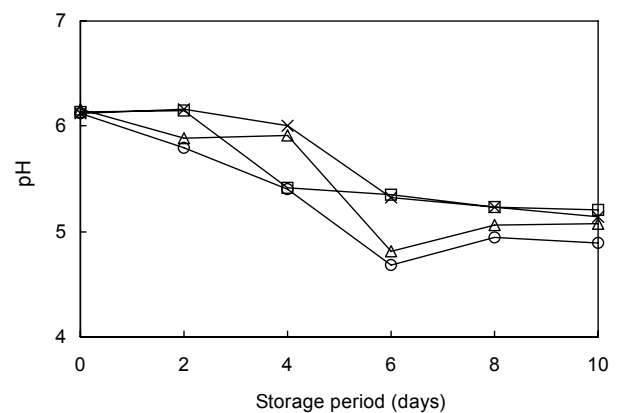


Fig. 2. Change of pH values of soaking solution during storage at 15°C according to the content of red ginseng extract. ○, soybean curd containing 0% red ginseng extract; △, soybean curd containing 0.5% red ginseng extract; □, soybean curd containing 1% red ginseng extract; ×, soybean curd containing 2% red ginseng extract.

Table 2. Comparison of color properties of soybean curds

Red ginseng extract (%)	Color properties		
	L	a	b
0	91.29±0.22 ^{1)a2)}	-3.46±0.08 ^a	18.02±0.49 ^{ab}
0.5	89.02±0.15 ^b	-2.62±0.04 ^b	17.46±0.28 ^a
1	86.42±0.31 ^c	-2.30±0.01 ^c	18.62±0.36 ^b
2	83.91±0.55 ^d	-1.16±0.08 ^d	19.76±0.44 ^c

¹⁾Data are expressed as mean±SD of three experiments.

²⁾Different letters indicate significant differences at p<0.05.

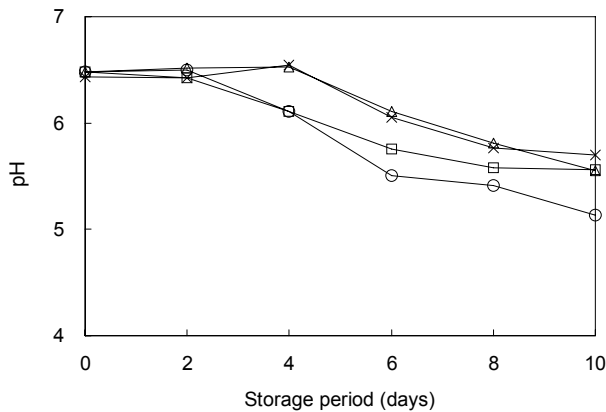


Fig. 3. Change of pH values of soybean curds during storage at 15°C according to the content of red ginseng extract. ○, soybean curd containing 0% red ginseng extract; △, soybean curd containing 0.5% red ginseng extract; □, soybean curd containing 1% red ginseng extract; ×, soybean curd containing 2% red ginseng extract.

두부 현탁액의 pH(Fig. 3)는 침지액의 pH보다 홍삼 추출물을 첨가한 두부의 pH 감소가 훨씬 더디게 진행되는 것으로 나타났다. 이 같은 현상은 홍삼 추출물에 함유된 일부의 활성 성분이 두부 내부에서 항균성을 나타낸 것으로 추정된다. 홍삼 추출물을 첨가하지 않은 두부는 2일째부터 pH가 급격히 감소하여 저장 10일째에는 pH가 5.13까지 감소하였으며 홍삼 추출물을 첨가한 두부는 홍삼 추출물을 첨가하지 않은 두부보다 pH 감소가 서서히 진행되는 경향을 보였다. 홍삼 추출물이 0.5%와 2%의 농도로 첨가된 두부에서는 두부 현탁액의 pH가 매우 유사하게 감소되는 경향을 나타내었다. 그러나 1.0%의 농도로 홍삼 추출물이 첨가된 두부에서는 두부 현탁액의 pH 감소가 홍삼 추출물 농도에 비례하여 억제되지 않은 것으로 나타났기 때문에 이 같은 현상의 원인을 밝히기 위해서는 보완 연구가 요청된다.

시중에 유통되고 있는 두부를 5, 15, 25°C로 저장하면서 14일 동안 pH를 측정된 Park과 Hwang(28)의 연구 결과에 따르면, 5°C에서는 pH가 매우 천천히 감소한 반면 25°C에서는 급격하게 감소하는 경향을 보여 주고 그 변화 추세가 적정 산도의 변화와 매우 유사하였다고 보고하였다.

탁도 변화: 두부의 변질을 간접적으로 보여주는 두부 침지액의 탁도 변화는 Fig. 4와 같다. 대체적으로 두부의 저장기간이 길어질수록 탁도가 증가하였으며, 저장 4일을 제외하고 홍삼 추출물을 첨가하지 않는 두부는 홍삼 추출물을 0.5% 또는 2.0%의 농도로 첨가한 두부에 비해 높은 탁도를 나타내었다. 이 같은 현상은 미생물 번식으로 인해 두부가 변질될 때 점질물의 생성으로 인해 두부 침지액의 탁도가 증가하였다는 Jung과 Cho(1)의 보고와 대체적으로 일치한다. 홍삼 추출물을 첨가한 두부의 경우 첨가하지 않는 두부에 비해 6일과 8일째 탁도로 측정된 두부 침지액의 변질정도가 낮게 나타난 것은 홍삼 추출물의 일부 항균성 성분이 두

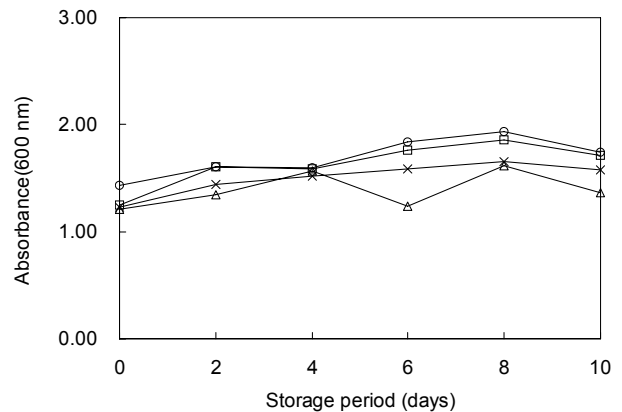


Fig. 4. Turbidity change of soaking solution during storage at 15°C according to the content of red ginseng extract. ○, soybean curd containing 0% red ginseng extract; △, soybean curd containing 0.5% red ginseng extract; □, soybean curd containing 1% red ginseng extract; ×, soybean curd containing 2% red ginseng extract.

부 침지액에서 미생물의 증식을 효과적으로 억제시켜 두부 침지액의 변질을 지연시키는 것으로 판단된다.

그러나 탁도 변화로 측정된 홍삼 추출액의 항균 효과 Fig. 2에 나타난 두부 침지액의 pH 변화와 달리 두부에 첨가된 홍삼 추출액의 농도에 비례하지 않는 것으로 나타났다. 이 같은 현상은 두부 침지액으로 용출되어 나온 홍삼 추출액의 일부 성분이 착색물질일 가능성이 높기 때문일 것으로 사료된다. 따라서 홍삼 추출액이 첨가된 두부 침지액의 탁도 변화는 미생물에 증식에 의해 생성된 점질물의 양과 홍삼 추출물로부터 두부 침지액으로 용출된 착색물질의 양에 의해 결정될 것으로 추정된다.

총 균수의 변화: 홍삼 추출물 첨가 두부의 저장기간에 따른 총 미생물 수의 변화는 Fig. 5와 같다. 모든 시료의 총 균수는 저장기간 동안 대수적으로 증가하였으며, 홍삼 추출

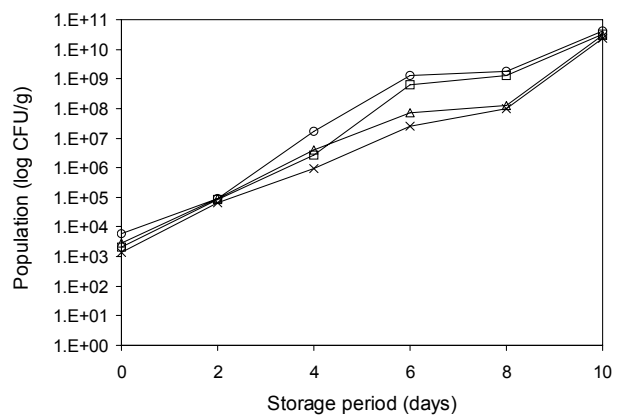


Fig. 5. Total microbial count of soybean curds during storage at 15°C according to the content of red ginseng extract. ○, soybean curd containing 0% red ginseng extract; △, soybean curd containing 0.5% red ginseng extract; □, soybean curd containing 1% red ginseng extract; ×, soybean curd containing 2% red ginseng extract.

물을 첨가하지 않은 두부보다 홍삼 추출물을 첨가한 두부에서 적게 나타났다. 특히 홍삼 추출물을 0.5%와 2% 첨가한 두부에서 저장 4일부터 미생물 증식이 지연되었으며, 홍삼 추출물에 의하여 두부에 존재하는 미생물의 성장이 억제되는 현상은 저장 8일까지 유지되었고 저장 10일째에는 시료 간 유의적 차이는 없었다. 그러나 두부 현탁액의 pH 변화 (Fig. 3)와 같이 1%로 홍삼 추출물이 첨가된 두부에서 6일 이후에는 평균 효과가 매우 미약한 것으로 나타났다. 그 원인을 설명하기 위해서는 추가적인 연구를 필요로 하지만, 현 단계에서 추정할 수 있는 것은 1.0% 홍삼 두부를 제조할 때 홍삼 추출물이 두유에 균일하게 혼합되지 못함으로 인해 두부 현탁액에서 홍삼 추출물의 평균작용이 제대로 나타나지 않았거나, 1%의 농도로 홍삼 추출물을 첨가하였을 경우 홍삼 추출물에 함유된 당, 단백질 등의 다른 성분이 항균성분의 항균작용을 오히려 방해하기 때문에 나타난 현상일 수 있다. Kawk 등(24)은 사포닌의 항균작용을 방해하는 당, 단백질 등의 물질이 함께 존재하는 경우에 사포닌의 함량을 높여야 항균작용을 기대할 수 있다고 하였다. 따라서 두부에서 홍삼 추출물의 항균작용으로 인한 저장성의 향상을 기대하기 위해서는 2% 이상의 농도로 홍삼 추출물을 첨가해야 함을 말해준다.

두부의 총 균수가 1×10^7 CFU/g 이상일 때 부패가 시작되는 것을 고려할 때(2), 홍삼 추출물을 첨가하지 않은 두부는 저장 후 4일에 그리고 홍삼 추출물을 첨가한 두부는 6일 이후에 총 균의 수가 1×10^7 CFU/g에 도달하여 두부의 부패가 시작되는 것을 알 수 있다. Park 등(30)은 시중에서 판매되고 있는 두부를 5, 15, 25°C에서 저장하였을 때 5°C에서는 144시간, 15°C에서는 48시간, 25°C에서는 24시간에 총 균수가 1×10^7 CFU/g에 달하였음을 보고하였고, Chun 등(4)은 5°C에서는 120시간, 20°C에서는 18시간, 37°C에서는 약 12시간이 경과하였을 때 부패가 시작된다고 보고한 바 있다.

본 연구의 총 균수 측정 결과는 두부 현탁액의 pH 측정 결과를 뒷받침해 주고 있다. 아울러 저장할 때 부패가 쉽게 일어나는 두부 특성을 고려할 때 두부 제조 시 홍삼 추출물을 2.0% 이상 첨가함으로써 저장기간 중 미생물의 생육을 억제시킬 수 있음을 시사하고 있다. 또한 이러한 결과는 김치에 인삼을 첨가한 경우 젖산균의 생육이 일부 억제되어

김치의 보존기간이 향상되었다는 보고(31,32)와 일치되는 것으로 홍삼 추출물이 첨가된 두부의 저장성은 홍삼 추출물에 함유된 일부 성분의 항균효과로 인한 결과임을 알 수 있다.

관능검사

홍삼 추출물 첨가 농도에 따른 두부의 관능검사 결과는 Table 3과 같다. 홍삼 추출물 첨가량을 증가시킬수록 어두운 노란빛 색상이 더욱 짙어졌으며, 홍삼 추출물을 2% 첨가한 두부가 첨가하지 않은 두부와 비교하였을 때 가장 유의적으로 차이가 컸고 홍삼 추출물을 첨가할수록 색상에 대한 기호도는 떨어지는 것으로 나타났다. 씹쓸한 홍삼 특유의 맛 역시 첨가량이 증가할수록 비례적으로 감지되었는데 그에 반해 홍삼 추출물 첨가량의 증가와 비린 맛과의 관계는 유의적인 관련성이 없는 것으로 나타났다. 이는 콩 특유의 비린내가 인삼 첨가로 감소하였다는 Kim 등(10)의 보고와는 상이한 결과로 홍삼 추출물을 첨가하지 않은 두부에서도 비린 맛이 강하게 감지되지 않은 것으로 볼 때 본 연구에 사용된 두부 자체가 비린 맛이 비교적 강하지 않았기 때문으로 해석된다.

두부의 관능적 경도는 texture analyzer 분석 결과와 달리 홍삼 추출물 첨가량에 따른 유의적 차이가 감지되지 않았는데, 이것은 기계에서는 미세하게 감지되는 정도의 차이가 사람을 통한 관능검사에서는 유의적인 차이로 나타나지 않았음을 의미한다. 또한, Baik 등(11)의 연구에서는 인삼 추출물은 첨가량이 증가함에 따라 경도가 증가하고 인삼 분말의 경우는 첨가량의 증가에 따라 대체적으로 감소하였으나, 대조구와 큰 차이를 보이지는 않았다고 보고한 바 있다.

전반적인 기호도는 홍삼 추출물 첨가량에 따른 시료 간에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났지만, 이와는 달리 Baik 등(11)의 연구에서는 인삼 추출물과 인삼분말의 첨가량이 증가함에 따라 기호도가 감소하였고 각 첨가군 모두 최소량을 첨가하였을 때 대조구와 비슷한 기호도를 가지는 것으로 나타났다고 보고하였다. 이는 수삼을 증숙하여 몇 차례 건조와 가공을 반복하여 제조된 홍삼이 이러한 과정을 거치지 않은 인삼보다 관능적인 면에서 소비자들에게 거부감을 일으키지 않았을 것으로 추정되며, 홍삼이 건강에 좋은 식품 소재라는 선입견도 심리적인 면에서 볼 때 홍삼 추출물 첨가

Table 3. Sensory evaluation scores of soybean curds

Red ginseng extract (%)	Sensory characteristics ¹⁾					
	Color	Hard	Spring	Beany	Gins	Accept
0	4.08±1.35 ^{2(a3)}	2.42±1.35 ^{NS4)}	3.17±1.37 ^{NS}	2.50±0.88 ^{NS}	1.25±0.44 ^a	3.42±0.97 ^{NS}
0.5	3.58±0.78 ^{ab}	2.58±0.88	3.17±1.17	2.33±1.13	2.17±1.01 ^b	3.75±0.94
1	3.50±0.88 ^{ab}	2.67±1.05	3.42±0.97	1.83±1.09	2.75±1.11 ^{bc}	3.92±0.78
2	2.83±1.09 ^b	2.42±0.97	2.92±1.28	1.75±1.19	3.50±1.29 ^c	3.92±0.65

¹⁾Hard, hardness; Spring, springiness; Beany, beany flavor; Gins, red ginseng flavor; Accept, acceptance.

²⁾Data are expressed as mean±SD of three experiments.

³⁾Different letters indicate significant differences at $p < 0.05$.

⁴⁾Not significant.

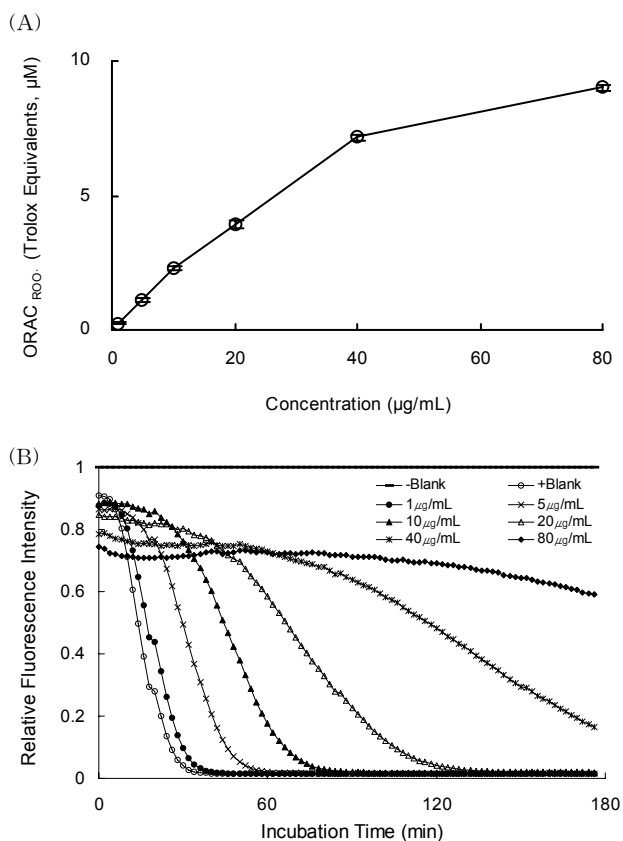


Fig. 6. Peroxyl radical scavenging capacity of red ginseng extract as a function of concentration. (A) ORAC_{ROO}. antioxidant activity expressed as Trolox equivalents (μM). (B) Curves of fluorescence decay induced by AAPH as a peroxyl radical generator in the presence of red ginseng extract at different concentrations.

두부의 기호도에 긍정적인 영향을 미쳤을 것으로 판단된다.

홍삼 추출물과 홍삼 추출물 첨가두부의 항산화 활성

Free radical은 호기적 대사 상태에서 인체 내에서 발생되며 이러한 free radical은 대부분 reactive oxygen species(ROS)이다(33). ROS 중에서 peroxyl radical은 인체 내에서 광범위하게 일반적으로 생성되는 주된 free radical의 일종이다.

홍삼 추출물의 농도에 따른 ORAC_{ROO}와 ORAC_{OH} assay 측정 결과는 각각 Fig. 6, 7에 나타내었다. AAPH를 peroxyl radical generator로 사용하였을 때 홍삼 extract의 peroxyl radical 제거 활성은 1~80 μg/mL까지 농도에 비례하여 증가하였다. 반면에 H₂O₂-CuSO₄를 hydroxyl radical generator로 사용하였을 경우 홍삼 추출물의 hydroxyl radical 제거 활성은 1~10 μg/mL에서는 pro-oxidant 활성을, 20~80 μg/mL 농도에서는 hydroxyl radical 제거 활성 즉, anti-oxidant 활성을 나타내었다. 1~10 μg/mL의 농도에서 pro-oxidant 활성을 나타내는 것은 홍삼 추출물에 함유된 수용성 성분에 의해 Cu²⁺ 이온이 Cu⁺으로 환원되거나 H₂O₂의 생성이 증가하게 되고, 결국은 Cu⁺와 H₂O₂와의 반응인

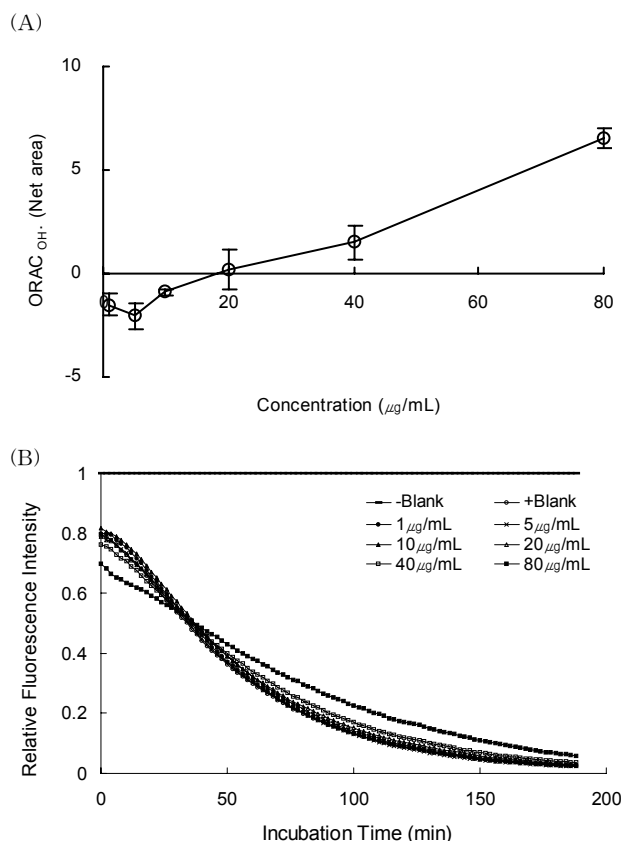


Fig. 7. Hydroxyl radical scavenging capacity of red ginseng extract as a function of concentration. (A) ORAC_{OH}. antioxidant activity expressed as net area under the curve. (B) Curves of fluorescence decay induced by H₂O₂-CuSO₄ as a hydroxyl radical generator in the presence of red ginseng extract at different concentrations.

Fenton reaction에 의해 hydroxyl radical의 생성을 촉진시킴으로써 pro-oxidant 활성을 나타내었을 것으로 추정된다. 다른 몇몇 연구자들도 특정 polyphenol 화합물들의 pro-oxidant 활성을 보고한 바 있으며(34,35), 식품에 함유된 이 같은 polyphenol 성분들에 의한 pro-oxidant 활성은 특정 암세포의 apoptosis를 일으키게 되기 때문에 anti-cancer 활성과 관련이 있는 것으로 알려져 있다(35-37).

홍삼 추출물을 첨가한 두부 열수 추출물의 ORAC_{ROO} 측정 결과를 Fig. 8에 나타내었다. ORAC_{ROO} 측정 결과, 시료 농도 200 μg/mL에서 두부에 첨가한 홍삼 추출물의 농도 0, 0.5, 1, 2%에서 각각 1.94, 2.03, 2.15, 2.37(Trolox Equivalents, μM)의 peroxyl radical에 대한 소거 활성이 증가하는 anti-oxidant 활성을 보여 주었다. 두부에 존재하는 isoflavone은 주로 genistein과 daidzein이라는 물질로 이루어져 있는데 그 중 genistein의 항산화 효과가 항암효과를 나타내는 주요한 활성성분의 하나로 알려지면서 전 세계적으로 많은 연구가 이루어지고 있다. Genistein의 항산화 효과는 linoleic acid/β-carotene system과 Fe²⁺/ADP/NADPH를 사용한 microsomal system에서 확인되었으며, tumor 개시 단계와

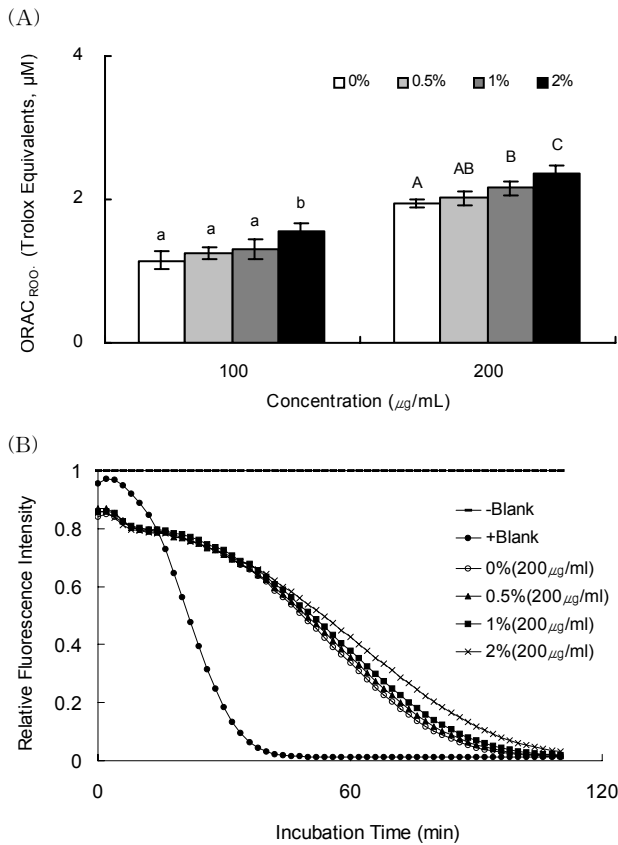


Fig. 8. Effect of red ginseng extract on the peroxy radical-scavenging capacity of soybean curds. (A) ORAC_{ROO}: antioxidant activity expressed as Trolox equivalents (μM) according to the concentration of red ginseng extract. (B) Curve of fluorescence decay induced by AAPH as a peroxy radical generator in the presence of different concentrations of red ginseng extract. Soybean curd concentration was at 200 μg/mL.

진행 단계에서 광범위하게 관여하는 것으로 알려진 인체에 유해한 활성산소를 genistein이 효과적으로 소거하여 항산화 효과를 나타낸다는 가설과 hydrogen peroxide에 대한 효과적인 소거제로서 역할도 입증되었다(38). 홍삼의 항산화 활성은 다양한 분석 방법을 통해 확인되고 있으며, 홍삼의 항산화 활성에 관여하는 성분으로는 사포닌 성분으로는 Rb₁ 과 Rb₂, 비사포닌계 폴리사세칠렌 성분으로는 panaxytriol 그리고 열처리 과정 중에 맥아당과 아미노산의 갈변반응으로 생성되는 폐놀성 성분인 maltol 등이 있다(21,39). 특히 maltol은 홍삼성분을 확인하는 지표물질로 현재 사용되고 있다(40).

한편 ORAC_{OH} 측정 결과(Fig. 9)를 살펴보면 시료 농도 200 μg/mL에서 홍삼 추출물의 농도 0, 0.5, 1, 2%에서 각각 -4.50, -5.14, -5.02, -9.42(net area)의 hydroxyl radical에 대한 소거 활성을 나타내어, 모두 pro-oxidant로서의 활성을 갖고 있음을 알 수 있었다. 이 같은 현상은 홍삼 추출물에 함유된 성분이 단독 또는 두부에 존재하는 수용성 성분이 함께 작용함으로써 pro-oxidant 활성을 보여준 것으로 볼

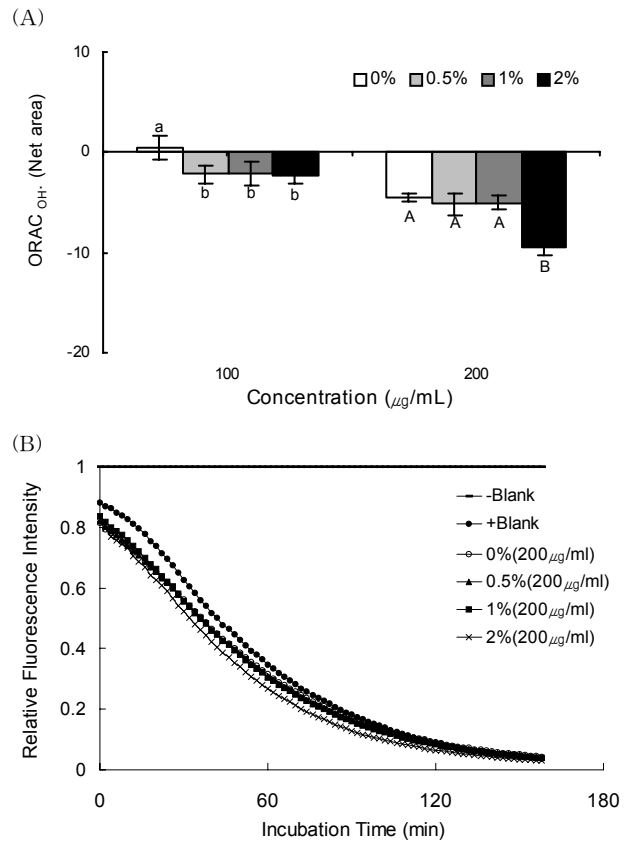


Fig. 9. Effect of red ginseng extract on the hydroxyl radical-scavenging capacity of soybean curds. (A) ORAC_{OH}: antioxidant activity expressed as net area under the curve. (B) Curve of fluorescence decay induced by H₂O₂-CuSO₄ as a hydroxyl radical generator in the presence of different concentrations of red ginseng extract. Soybean curd concentration was at 200 μg/mL.

수 있다. 특히, 대두의 isoflavone 중의 하나인 daidzein이 홍삼 추출물이 첨가된 두부의 pro-oxidant 활성에 기여하였을 가능성이 높은 하지만(41), 아직 두부의 pro-oxidant 활성에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 홍삼 추출물을 첨가하여 만든 두부가 나타내는 pro-oxidant 활성을 분석하기 위해서는 홍삼과 두부에 함유된 생리활성 성분에 대한 보다 체계적인 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

요 약

홍삼 추출물을 첨가한 두부를 제조함에 있어 홍삼 추출물 첨가량이 두부의 품질과 저장성 그리고 항산화 활성에 미치는 영향을 조사하였다. 건조 대두를 기준으로 홍삼 추출물을 0.5~2% 첨가하여 제조한 두부와 첨가하지 않은 두부의 물성, 색도, 관능의 차이를 비교하였다. 두부의 texture는 견고성과 탄력성에서만 홍삼 추출물의 첨가량에 따라 다소 증가하는 경향으로 홍삼 추출물을 2% 첨가한 두부에서 유의적 차이가 나타났고, 두부의 색도는 L, a, b값 모두 유의적으로 증가하였다. 관능검사 결과 color에 대한 기호도가 떨어지는

경향을 보여 주었으나 홍삼 특유의 맛이 유의적으로 감지되면서 전체적인 기호도는 통계상 유의적 차이가 보이지 않아 홍삼 추출물의 첨가가 소비자의 기호에 특별한 거부감을 일으키지 않는 것으로 나타났다. 두부를 15°C에서 보관하면서 pH, 탁도 그리고 총 균수의 변화를 측정할 결과 저장 초기에는 변화가 없다가 pH와 총 균수는 저장 4일부터, 탁도는 저장 6일부터 변화하는 것으로 나타나, 이는 홍삼 추출물이 첨가된 두부가 홍삼 추출물이 첨가되지 않은 두부보다 미생물 생육이 억제되어 두부의 저장성이 향상되었음을 의미한다. ORAC assay를 이용한 두부의 항산화 활성은 첨가된 홍삼 추출물의 농도에 비례하여 antioxidant 활성이 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었으며, ORAC_{OH·} assay에서는 홍삼 추출물을 첨가한 두부 추출물이 홍삼 추출물의 농도에 비례하여 pro-oxidant 활성을 보여 주었다.

문 헌

- Jung JY, Cho EJ. 2002. The effect of green tea powder levels on storage characteristics of tofu. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18: 129-134.
- Jung GT, Ju IO, Choi JS, Hong JS. 2000. Preparation and shelf-life of soybean curd coagulated by fruit juice of *Schizandra chinensis ruprecht* (omija) and *Prunus mume* (maesil). *Korean J Food Sci Technol* 32: 1087-1092.
- Park YJ, Oh NS, Han MS, Park MK, In MJ. 2004. Effects of coagulants on the yield and textural properties of soybean curd (tofu) containing garlic. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47: 370-372.
- Chun KH, Kim BY, Hahm YT. 1999. Extension of tofu shelf-life with water soluble degraded chitosan as a coagulant. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 161-166.
- Im JG, Park IK, Kim SD. 2004. Quality characteristics of tofu added with basil water extracts. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 20: 144-150.
- Shin DH, Kim MS, Bae KS, Kho YH. 1992. Identification of putrefactive bacteria related to soybean curd. *Korean J Food Sci Technol* 24: 29-30.
- Joo GJ, Hur SS, Choi YH, Rhee IK. 1998. Characterization and identification of bacteria from putrefying soybean curd. *Korean J Postharvest Sci Technol* 5: 292-298.
- Ryu YG. 2005. Tofu's manufacturing system and market situations. *Food Industry and Nutrition* 10: 6-10.
- Kim ID, Park MJ, Ryu KC, Kim MK, Lee NH, Kim SD, Kim KS. 1998. Shelf-life of soybean curd prepared with ozone-treated soybeans. *Korean J Postharvest Sci Technol* 5: 73-80.
- Kim KT, Im JS, Kim SS. 1996. A study of the physical and sensory characteristics of ginseng soybean curd prepared with various coagulants. *Korean J Food Sci Technol* 28: 965-969.
- Baik EK, Koo HJ, Kim KS, Kim DS, Baik MY. 2004. Characteristics of functional soybean curd with ginseng, polydextrose, and DHA. *Institute of Life Science & Resources* 23: 22-26.
- Kim DH, Lim MS, Kim YO. 1996. Effect of seaweeds addition on the physicochemical characteristics of soybean curd. *J Korean Soc Food Nutr* 25: 249-254.
- Kim SS, Park MK, Oh NS, Kim DC, Han MS, In MJ. 2003. Studies on quality characteristics and shelf-life of chlorella soybean curd (tofu). *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 46: 12-15.
- Jeon MK, Kim MR. 2006. Quality characteristics of tofu prepared with herbs. *Korean J Food Cookery Sci* 22: 30-36.
- Kim JM, Kim HT, Choi YB, Hwang HS, Kim TY. 1993. Effects of cow's milk addition on the quality of soybean curd. *J Korean Soc Food Nutr* 22: 437-442.
- Hwang TI, Kim SK, Park YS, Byoun KE. 2001. Studies on the storage of functional red soybean curd. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 1115-1119.
- Oh SW, Lee YC, Hong HD. 2002. Effects on the shelf-life of tofu with ethanol extracts of *Rubus coreanus miquel*, *Therminalia chebula retz* and *Rhus javanica*. *Korean J Food Sci Technol* 34: 746-749.
- Choi YO, Chung HS, Youn KS. 2000. Effects of various concentrations of natural materials on the manufacturing of soybean curd. *Korean J Postharvest Sci Technol* 7: 256-261.
- Chang YS, Chang YH, Sung JH. 2006. The effect of ginseng and caffeine products on the antioxidative activities of mouse kidney. *J Ginseng Res* 30: 15-21.
- Park SJ, Cho YJ, Pyee JH, Hong HD. 2006. Meta-analysis of studies and patents on Korean ginseng in recent 5 years in Korea and prospective needs. *J Ginseng Res* 30: 212-219.
- Park CK, Jeon BS, Yang JW. 2003. The chemical components of Korean ginseng. *Food Industry and Nutrition* 8: 10-23.
- Nam SH. 1979. Studies on the effect of Korean ginseng components on acetic acid fermentation. *MS Thesis*. Korea University.
- Cho TH, Oh SW, Yu IH, Yu TJ. 1986. Influences of *Fusarium solani* and *Phytophthora cactorum* on the changes in saponin components of Korean ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer). *J Ginseng Res* 10: 180-189.
- Kwak YS, Hwang MS, Kim SC, Kim CS, Do JH, Park CK. 2006. A growth inhibition effect of saponin from red ginseng on some pathogenic microorganisms. *J Ginseng Res* 30: 128-131.
- Kwak HK, Blumberg JB, Chen CY, Milbury PE. 2006. Microplate-based oxygen radical absorbance capacity (ORAC) assay of hydrophilic and lipophilic compartments in plasma. *Nutr Sci* 9: 48-54.
- Kurihara H, Fukami H, Asami S, Totoda Y, Nakai M, Shibata h, Yao XS. 2004. Effects of oolong tea on plasma antioxidative capacity in mice loaded with restraint stress assessed using the oxygen radical absorbance capacity (ORAC) assay. *Biol Pharm Bull* 27: 1093-1098.
- Cao G, Sofic E, Prior RL. 1997. Antioxidant and prooxidant behavior of flavonoids: structure-activity relationship. *Free Radic Biol Med* 22: 749-760.
- Park CK, Hwang IK. 1994. Effects of coagulant concentration and phytic acid addition on the contents of Ca and P and rheological property of soybean curd. *Korean J Food Sci Technol* 26: 355-358.
- Lu JY, Canter E, Chang RA, 1980. Use of calcium salts for soybean curd preparation. *J Food Sci* 45: 32-34.
- Park EY, Noh BS, Ko SH. 2002. Prediction of shelf life for soybean curd by the electronic nose and artificial neural network system. *Food Sci Biotechnol* 11: 245-251.
- Song TH, Kim SS. 1991. A study on the effect of ginseng on quality characteristics of kimchi. *Korean J Soc Food Sci* 7: 81-88.
- Chang KS, Kim MJ, Kim SD. 1995. Effect of ginseng on the preservability and quality of Chinese cabbage kimchi. *J Korean Soc Food Nutr* 24: 313-322.

33. Davies KJA. 2000. Oxidative stress, antioxidant defenses, and damage removal, repair, and replacement systems. *IUBMB Life* 50: 279-289.
34. Galati G, O'Brien PJ. 2004. Potential toxicity of flavonoids and other dietary phenolics: significance for their chemopreventive and anticancer properties. *Free Radic Biol Med* 37: 287-303.
35. Yang G, Kaio J, Kin K, Yurkow ES, Yang CS. 1998. Inhibition of growth and induction of apoptosis in human cancer cell lines by tea polyphenols. *Carcinogenesis* 19: 611-616.
36. Kladna A, Aboul-Enein HY, Kruk I, Michalska T, Lichszteld K. 2006. Anti-oxidant and pro-oxidant behaviour of bucellamine. *Luminescence* 21: 90-97.
37. Azam S, Hadi N, Khan NU, Hadi SM. 2004. Prooxidant property of green tea polyphenols epicatechin and epigallocatechin-3-gallate: implications for anticancer properties. *Toxicol In Vitro* 18: 555-561.
38. Bae EA, Kwon TW, Moon GS. 1997. Isoflavone contents and antioxidative effects of soybeans, soybean curd and their by-products. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 371-375.
39. Lee JW, Do JH. 2006. Current studies on browning reaction products and acidic polysaccharide in Korean red ginseng. *J Ginseng Res* 30: 41-48.
40. Ryu GH. 2003. Present status of red ginseng products and its manufacturing process. *Food Industry and Nutrition* 8: 38-42.
41. Choi EJ. 2006. The prooxidant, rather than antioxidant, acts of daidzein in vivo and in vitro: Daidzein suppresses glutathione metabolism. *Eur J Pharmacol* 542: 162-169.

(2008년 8월 25일 접수; 2008년 10월 30일 채택)