

약용식물을 첨가한 어간장의 품질특성

김영숙 · 염동민 · 노승배 · 김영희¹ · 정순경^{*2}

양산대학 호텔식품제과제빵과, ¹양산대학 호텔조리과, ²창원전문대학 호텔제과제빵과

Quality Characteristics of Soybean Anchovy Sauce Added with Medicinal Herbs

Young-Sook Kim, Dong-Min Yeum, Sung-Bae Roh, Young-Hee Kim¹
and Sun-Kyung Chung^{*2}

Department of Food and Baking, Yangsan College, Yangsan 626-740, Korea

¹Department of Hotel Culinary Art, Yangsan College, Yangsan 626-740, Korea

²Department of Confectionery and Baking, Changwon College, Changwon 641-771, Korea

Abstract

This study was conducted to investigate the quality characteristics of the soybean anchovy sauces added with medicinal herbs, *Saururu chinensis* Baill. and *Houttuynia cordata* Thunb. and fermented for 4 months. The total nitrogen content of the soybean anchovy sauce increased with the fermentation time showing the highest values in the sauce with *Houttuynia cordata* Thunb.. The contents of total sugar and reduced sugar were high in the order of the sauces with *Houttuynia cordata* Thunb.(sauce T), with *Saururu chinensis* Baill.(sauce B), and control. The content of salt decreased much more in the sauces with medicinal herbs. After 4 months of fermentation, pH was lowered from 5.86 to 5.27 in control, to 5.38 and 5.54 in sauce B and sauce T, respectively. Generally the total aerobic bacterial count increased until 3 months of fermentation and then decreased, and the addition of medicinal herbs reduced the count especially showing apparent reduction in the sauce T. During the fermentation, total protease activity generally increased with the highest value in the sauce T. In the changes of nucleotides and their related compounds, the contents of AMP, ADP, and ATP were increased and hypoxanthine decreased during the fermentation, and IMP produced after 3 months. The soybean anchovy sauce B had the highest IMP and the lowest hypoxanthine after 4 months. The content of total amino acids increased showing 177.1 mg% and 134.7 mg% in the sauce B and sauce T respectively compared with 171.2 mg% of control. The contents of glutamic acid and aspartic acid were 29.2 mg% in sauce B and 34.3 mg% in sauce T, which were higher compared with 25.9 mg% of control. The fermented soybean anchovy sauce had the functionality of ACE inhibition with 70.5% (control), 72.5% (sauce B) and 81.6% (sauce T). In the results of sensory evaluation, the sauce T scored the highest and the sauce B was preferred to control.

Key words : soybean anchovy sauce, *Saururu chinensis* Baill., *Houttuynia cordata* Thunb., ACE inhibition

서 론

산업의 고도화와 그에 따른 생활방식의 변화에 따라 우리의 식생활 형태 및 습관도 급격히 변하고 있다. 이로써 식생활이 보다 간편화되고 있는 반면 획일적인 식문화에

의한 성인병 유발의 근원이 되는 단점을 내포하고 있고 실제 성인병 발병률이 급격히 증가하고 있는 추세이다. 따라서 소비자들은 건강에 대한 관심이 날로 증가하고 있는 실정이다. 이러한 변화들로 인해 식품분야에서는 맛과 영양학적인 측면에서 기존의 식품에 생리활성의 요소를 가미한 기능성 식품의 개발로 소비자의 욕구를 충족시키기 위해 노력하고 있다(1). 결국 일상에서 먹는 식품으로부터 성인

^{*}Corresponding author. E-mail : skchung@changwon-c.ac.kr,
Phone : 82-55-279-5029, Fax : 82-55-279-5029

병 등을 예방할 수 있다면 가장 자연스러운 현상일 것이며, 그 일환으로 상시 이용되고 있는 기본 조미료인 간장에 기능성을 부여하여 섭취한다면 그 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다. 간장은 그 종류를 크게 다섯 가지로 나눌 수 있다(2). 첫째 콩을 증자하여 자연 발효시켜 만든 메주와 식염수를 혼합하여 발효시킨 재래식 한식간장이 있으며, 둘째 대두, 탈지대두 또는 곡류 등을 제국하여 식염수로 발효시켜 만든 양조간장, 셋째 단백질 또는 탄수화물을 함유한 원료를 산으로 가수분해하여 가공한 산분해간장, 넷째 단백질 또는 탄수화물을 함유한 원료를 효소로 가수분해하여 가공한 효소분해간장, 다섯째 한식간장 또는 양조간장에 산분해간장 혹은 효소분해간장을 적정비율로 혼합하여 가공한 혼합간장이 있다. 이 중 산분해과정에서 생성되는 MCPD(3-Monochloro-1,2-propandiol)와 DCP(1,3-dichloro-2-propanol)는 유해성이 문제시 되고 있다(3). 또한, 동남아 및 우리나라의 해안지역에서는 오래 전부터 어류를 발효시킨 어간장을 이용해 오고 있는데 이는 소량으로 제조되어 이용될 뿐 상업화되지는 못하고 있다. 어간장에 관해서는 몇몇 연구들이 보고된 바가 있으나 이는 학술적인 의미로만 해석되고 실용화되지 못하였다(4-6). 한편, 현대 성인병의 대표적인 질환인 고혈압의 원인으로 식염의 과다섭취가 지목되고 있는데 이러한 고혈압의 대부분을 차지하고 있는 본태성고혈압의 원인 중에서 rennin angiotensin계가 생체의 혈압조절에 매우 중요한 역할을 한다고 알려지고 있다. 특히, angiotensin convertin enzyme(ACE)은 rennin에 의하여 생성된 decapeptide인 angiotensin I 으로부터 C말단의 dipeptide를 가수분해시킴으로써 강력한 혈관수축작용을 갖는 octapeptide인 angiotensin II로 전환시키는 마지막 단계에 관여하는 효소이다. 생성된 angiotensin II는 강력한 혈관수축작용을 가지며 adrenal cortex에서 aldosterone의 분비를 촉진함으로써 물과 sodium의 배설을 억제한다. ACE는 또한 혈관이완작용을 가진 nanopeptide인 bradykinin을 분해하여 불활성화시킴으로써 고혈압의 원인이 되는 것으로 알려져 있다(7-9). 따라서 본 연구에서는 한식간장 제조시 사용하는 식염수 대신 멸치 발효액을 이용하고 생리활성의 기능을 가진 약용식물로 삼백초와 어성초(10)를 첨가하여 어간장을 제조하고 그 특성을 살펴봄으로써 기능성 어간장의 개발과 산업화를 모색하고자 한다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 삼백초(*Saururu chinensis* Baill.)와 어성초(*Houttuynia cordata* Thunb.)는 경남 거창의 재배농가로부터 건조된 상태로 구입하였고, 콩알메주는 시중에 유통되고 있는 것을 구입하여 사용하였고, 멸치 액젓

(Anchovy sauce)은 생 멸치와 천일염을 3 : 1로 혼합하여 깊이 3 m의 지하 탱크(품온 온도 : 13℃)에서 10개월 동안 발효시킨 제품으로 삼미식품(경남마산)으로부터 구입하여 사용하였다.

약용식물의 일반성분 분석

삼백초와 어성초는 건조된 상태에서 A.O.A.C.법(11)에 준하여 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Semi-kjeldahl 법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 회분은 550℃ 직접회화법을 이용하여 분석하였고, 조섬유도 분석하였다.

ACE(Angiotensin Convertin Enzyme) 저해능

약용식물, 멸치액 및 간장 발효액에 대한 ACE 저해능은 정제효소를 사용하여 HPLC로 분석하였다. 칼럼은 C₈ ZORBOX를 사용하였으며, 약용식물의 경우에는 건조된 삼백초와 어성초 각각을 증류수와 1 : 5의 비율로 수기에 넣고 100℃ 수조에서 3시간 동안 추출한 다음 여과포를 이용하여 1차 여과하고 여과액은 5,000 rpm에서 10분 동안 원심 분리시켜 상등액을 수집하고 이를 2차 여과시켜 얻은 액을 회전진공증발기로 약 1/10로 농축하고 동결건조기로 건조하여 사용하였다(12).

어간장의 제조

일반 재래식간장(한식간장)은 콩을 증자하여 자연 발효시켜 만든 메주와 식염수를 혼합하여 3개월 이상 발효시켜 제조하는데 본 연구에서는 일반 메주 대신 콩알 메주를, 식염수 대신 멸치액젓을 1 : 5의 비율로 18 L 크기의 용기에 넣고 삼백초와 어성초를 각각 5%로 첨가하여 햇볕이 잘 드는 곳에 두고 4개월 동안 발효시킴으로써 삼백초 어간장과 어성초 어간장을 제조하였다 (Fig.1).

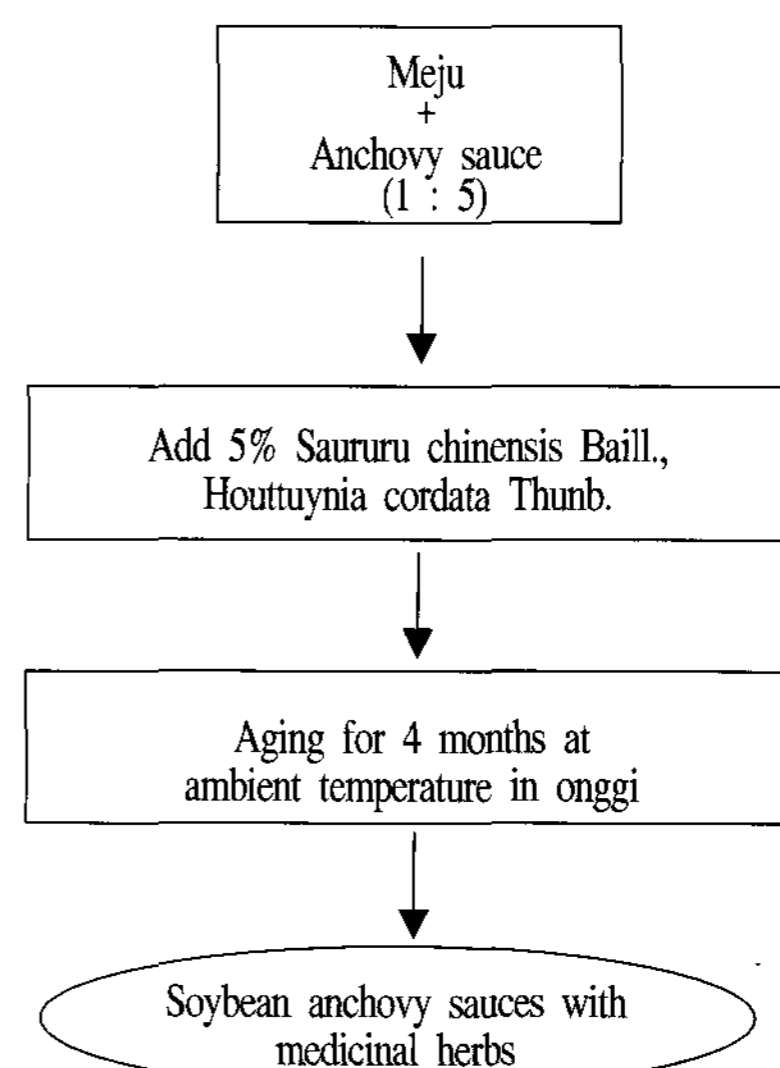


Fig. 1. Process of the preparation of soybean anchovy sauces with medicinal herbs.

어간장의 발효 중 품질 변화 측정

기능성 어간장이 발효되는 4개월 동안 1개월 단위로 100 mL씩 시료를 채취하여 그 품질 변화를 측정하였으며 각 실험은 3회 반복하여 평균치를 구하였다.

총질소

시료 1 mL에 분해촉진제 2~3 g과 황산 10 mL를 가한 후, 420 °C에서 120분간 시료를 분해하였다. 분해된 시료를 자동 증류·중화 장치(PRO-NITRO II, SELECTA社)로 증류 및 중화 후 0.1 N HCl 용액으로 적정함으로써 총질소량을 산출하였다(2).

총당 및 환원당

총당은 시료용액 1~2 mL를 삼각 flask에 취하고, 여기에 5% phenol 용액 1~2 mL와 H₂SO₄ 6 mL를 가하여 혼합하고 30분간 방치 후, 440 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총당 함량은 glucose 함량으로 계산하였다.

환원당은 Dinitrosalicylic acid(DNS) 비색법으로 Test tube에 시료용액 1 mL와 DNS 시약 1 mL를 넣고 5분간 중탕한 후 곧바로 냉각시킨다. 여기에 D.W. 8 mL를 가한 후 540 nm에서 흡광도를 측정하였다(13).

염도, 산도, pH, 순고형물 함량

염도는 시료용액 5 mL에 증류수 45 mL을 넣고 이온 강도 조절시약 orion ionic strength adjustor 1 mL을 첨가하여 염도계(Thermo orion, USA)의 probe로 측정하였다. 산도는 간장 시료액 10 g을 물 100 mL와 혼합하여 0.1 N NaOH로서 pH 8.1이 될 때까지 적정하여 젖산(lactic acid) %로 나타내었다. pH는 간장 발효액에 대하여 pH meter(Model 230A, Orion Research Inc., Boston, MA, USA)로 측정하였다. 순고형물 함량은 정제해사 5 g을 증발접시에 취하고 항량이 될 때까지 건조한 후 간장 원액 5 mL를 가하여 수욕상에서 가끔 저어주면서 증발 건조시켰다. 그 후 105°C 건조기에서 3~4시간 건조하고 방냉한 후 칭량하여 엑기스분을 구하고 여기에 염도를 뺀 순 엑기스분으로 나타내었다.

총균수

간장 발효 중 총균수의 측정은 간장 시료액을 멸균 증류수로 단계적으로 희석한 후 시료액을 Plate count agar(Difco Laboratories, Detroit, U.S.A)에 접종하여 30°C에서 48시간 배양한 후 colony 수를 측정하였다.

단백질분해효소의 활성도 측정

단백질분해효소인 Protease 활성도는 기질로 1.0% casein(Sigma社)을 사용하였으며 buffer는 Mcilvine buffer (0.2 M Na₂HPO₄ · 12H₂O + 0.1 M citric acid, pH 7.0)을 사용하였고 Neutral protease의 활성을 억제하기 위하여

1.5x10⁻³ M disodium EDTA를 사용하였다. Buffer에 녹인 1.0% casein 1 mL와 disodium EDTA 1 mL를 시험관에 넣고 항온수조에서 30°C로 조정한 후, 역시 30°C로 조정한 간장 시료 1 mL를 첨가하였다. 정확히 10분 후 0.4 M Trichloro acetic acid(TCA) 3 mL를 넣고 반응을 정지시킨 후 30분간 정치해 두었다가 여과하여 여과액 2 mL를 취하여 다른 시험관으로 옮겼다. 이 시험관에 0.55 M sodium carbonate 5 mL 와 3배 희석한 Folin reagent 3 mL를 넣고 30°C에서 30분간 반응시킨 후 660 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 반응 조건 하에서 1분간 tyrosine 1 µg을 유리하는 효소량을 1 unit로 하였다(13).

핵산 관련 물질 측정

시료 용액 10 g에 10% perchloric acid (KOH) 25 mL 첨가하여 30분 동안 교반시킨 후, 3,000 rpm에서 15분간 원심 분리하였다. 이로부터 상등액을 취하여 5 N KOH 용액을 가하여 pH를 6.5로 조정한다. 다음, 중화 perchloric acid로 100 mL로 정용하고 0.45 µm membrane filter로 여과한 후, HPLC로 분석하였다. 분석 조건은 시료 주입량 20 µL, Agilent SB-C18 (4.6x250 mm, 5 µm) column, 이동상은 60 mM K₂HPO₄, 40 mM KH₂PO₄ (pH 7.5), 유속은 0.7 mL/min, UV 254 nm로 검출하였다.

유리 아미노산 분석

유리아미노산은 시료용액 200 mg 정확히 취해서 0.01 N HCl로 50 mL 정용한 후 0.45 µm membrane filter로 여과하여 아미노산 자동분석기(LC 3,000 amino acid analyzer)에 주입하여 분리 정량 하였다. 분석기의 조건은 cation exchanger resin(BTC-F) column을 사용하였고, detector는 UV 570 nm, UV 440 nm을 사용하였으며, injection volume 은 20 µL이고, mobile phase는 A에서 F buffers를 사용하였다.

관능검사

4개월 간 발효·숙성시킨 기능성 어간장에 대하여 장류 회사의 전문요원과 주부로 구성된 20명을 대상으로 색, 향, 맛, 전체적인 기호도를 각 항목별로 5점 만점의 기호척도법으로 실시하였다. 관능검사의 결과는 SAS program를 이용하여 통계 처리하였다.

결과 및 고찰

일반성분 분석

삼백초와 어성초의 잎과 뿌리 부분에 대해 일반성분을 분석한 결과 Table 1과 같았다. 수분 함량은 삼백초의 경우 잎과 뿌리에서 각각 7.47, 9.64%이고, 어성초의 경우 각각

7.70, 10.82%로 두 경우 모두 잎보다 뿌리의 수분함량이 높았다. 조단백질은 삼백초의 경우 잎이 뿌리보다 약간 높게 나타난 반면, 어성초의 경우 뿌리에서 높게 나타났다. 조지방의 함량은 삼백초의 경우 잎과 뿌리에서 각각 3.45, 3.33%이었고 어성초의 경우 각각 3.50, 3.54%로 잎과 뿌리에서 비슷하였다. 섬유질은 삼백초의 경우 잎에서 1.82%로 뿌리보다 높게 나타났으며, 어성초는 잎과 뿌리에서 비슷하게 나타났다. 회분의 함량은 삼백초와 어성초의 잎에서 각각 9.81, 14.79%로 모두 뿌리보다 높게 나타났다. 두 약용식물을 비교하면 조단백질, 조지방, 회분 등의 성분이 삼백초보다 어성초에서 높은 수치를 보였다.

Table 1. Proximate composition of medicinal herbs

| Composition | (% , dry wt. basis) | | | |
|---------------|---------------------------------|------|----------------------------------|-------|
| | <i>Saururu chinensis</i> Baill. | | <i>Houttuynia cordata</i> Thunb. | |
| | Leaf | Root | Leaf | Root |
| Moisture | 7.47 | 9.64 | 7.70 | 10.82 |
| Crude protein | 2.74 | 2.63 | 3.37 | 3.54 |
| Crude lipid | 3.45 | 3.33 | 3.50 | 3.54 |
| Crude fiber | 1.82 | 1.29 | 1.48 | 1.42 |
| Ash | 9.81 | 5.32 | 14.79 | 5.77 |

약용식물 및 멸치발효액에 대한 ACE 저해능 조사

어간장에 첨가된 약용식물과 멸치발효액(Anchovy sauce)의 기능성을 확인하기 위해 특히 고혈압의 억제와 관련이 있는 angiotensin- I 전환효소 저해작용에 대하여 살펴본 결과, Fig. 2와 같이 나타났다. 삼백초의 ACE 저해능은 48.2%이고 어성초는 58.6%, 멸치발효액은 44.5%이었다. 멸치발효액에 대한 ACE 저해능은 Yeum 등(12)의 정어리 어간장에 대한 수치보다 월등히 높은 값을 보이고 있다. 이는 정어리와 멸치의 단백질 조성의 차이 때문인 것으로 생각된다.

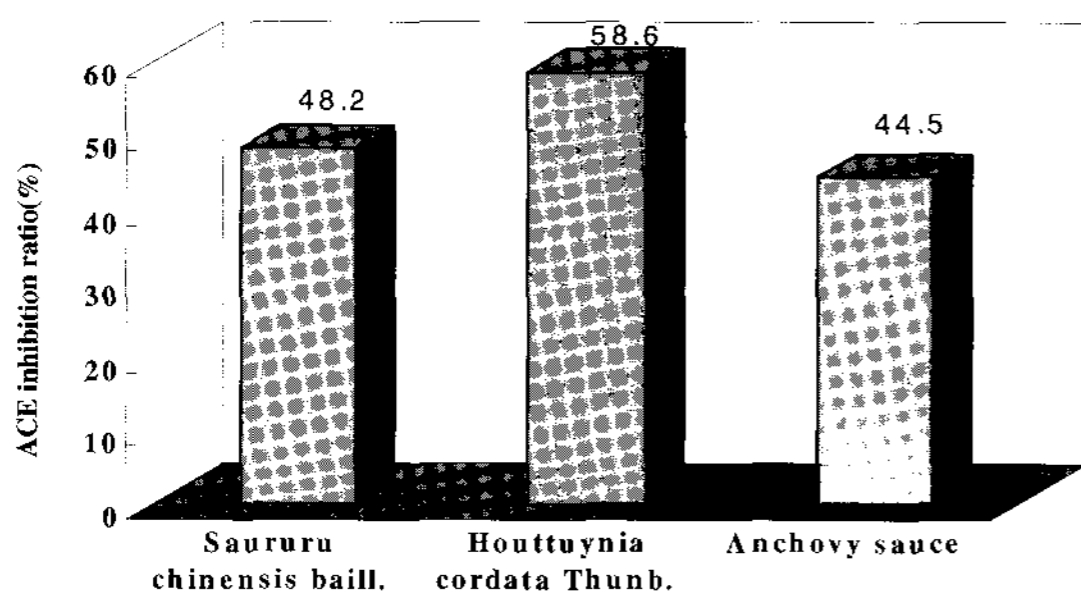


Fig. 2. Effects of ACE inhibition of *Saururu chinensis* Baill. *Houttuynia cordata* Thunb. and anchovy sauce.

발효 중 품질 특성 변화

총질소

총질소는 간장의 품질 지표가 되는 중요한 항목으로서

그 수치는 간장의 품질과 밀접한 관계가 있으며 한식간장의 경우 식품공전상 총질소 함량의 적정 품질 규격은 0.7%이상으로 규정되어 있다. 본 연구에서 기능성 어간장에 대해 총질소 함량의 변화를 측정된 결과, Fig. 3에 나타난 것과 같이 발효 초기의 1%에서 발효 후기에는 최고 3%까지 총질소 함량이 증가하였다. 이는 한식간장의 식품공전상의 규격량을 월등히 능가하는 수치로 총질소 함량이 콩 단백질에 만 기인되는 한식간장과 비교해 볼 때 어간장의 경우에는 식염수 대신 멸치 발효액을 사용함으로써 초기부터 식품공전상의 규격을 초과하는 1.0%의 함량을 유지하면서 동시에 콩 단백질이 혼합되므로 보다 높은 함량을 나타낼 수 있다. 한편, 약용식물을 첨가하지 않은 어간장(대조구)과 삼백초를 첨가한 어간장(삼백초 첨가구)에서는 2% 내외로 큰 차이를 보이지 않았으며, 어성초를 첨가한 어간장(어성초 첨가구)에서는 삼백초를 첨가한 어간장보다 약간 높은 수치를 보였다. 삼백초 첨가구와 어성초 첨가구의 차이는 조단백 함량에 기인되는 것으로 생각되며 약용식물을 첨가함으로써 발효 중 총질소 함량의 변화에는 크게 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다.

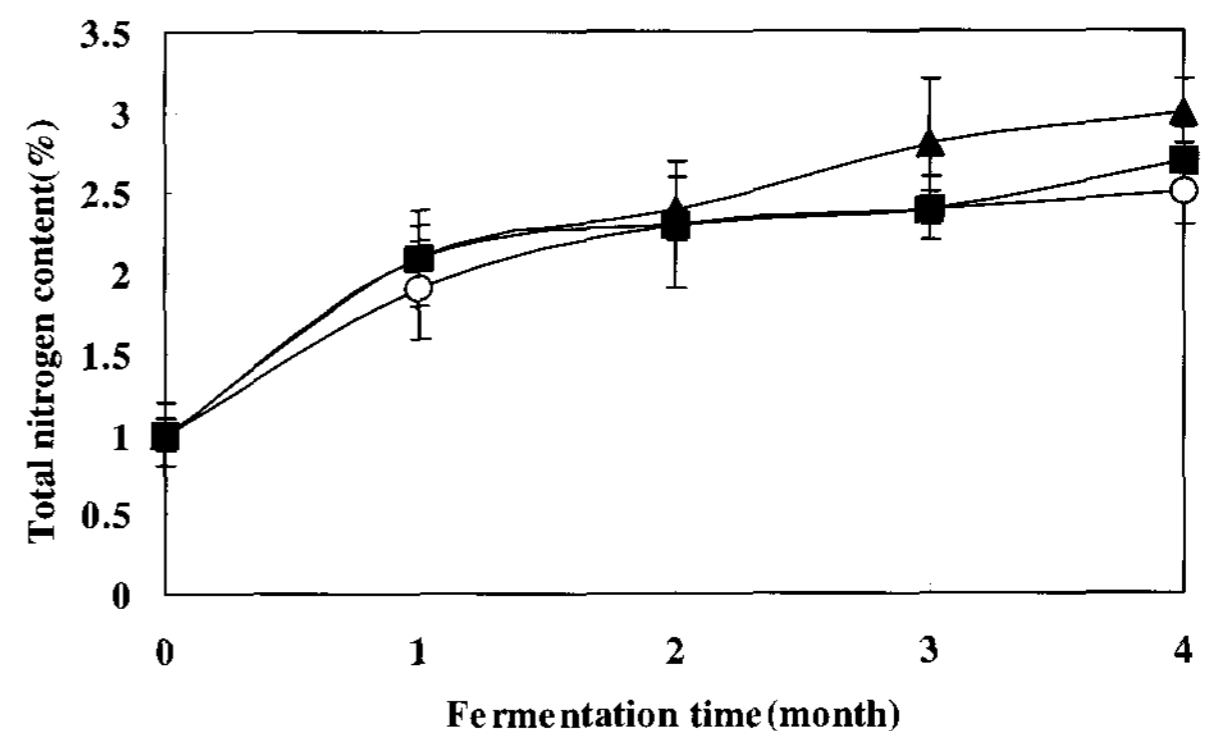


Fig. 3. Changes in total nitrogen contents of soybean anchovy sauces.

—○— : Control (Soybean anchovy sauce).
 —■— : Soybean anchovy sauce added with *Saururu chinensis* Baill.
 —▲— : Soybean anchovy sauce added with *Houttuynia cordata* Thunb.

총당 및 환원당

발효 숙성 중 어간장에서 총당과 환원당의 함량 변화는 각각 Fig. 4, 5와 같이 나타났다. 총당은 약용식물을 첨가하지 않은 대조구는 82.5 mg%에서 990 mg%의 범위로 발효 2개월까지는 급속하게 상승하였으나 2개월 이후부터는 발효 종료까지 거의 비슷한 수치를 보이고 있다. 삼백초 첨가구에서는 초기 82.5 mg%에서 최고 1,276 mg%로, 어성초 첨가구는 초기 82.5 mg%에서 1,670 mg%로 상승하였으며 그 변화의 경향은 대조구와 비슷하였다. 한편, 당함량은 삼백초 첨가구, 어성초 첨가구, 대조구 순으로 당 함량이 높게 나타났다. 이는 간장 발효 기간 중 멸치 발효액과 콩알 매주에서 생성된 아밀라제에 의하여 전분이 당화되는 정도

가 삼백초와 어성초 첨가구에서 더욱 활발하게 나타남으로써 삼백초와 어성초의 경우 아밀라제 활성에 대한 상승작용을 짐작할 수 있다. 환원당 변화는 초기 35.8 mg%에서 대조구, 삼백초 첨가구, 어성초 첨가구 각각이 200, 460, 596 mg%로 상승하였다. 발효 2개월까지 삼백초 첨가구와 어성초 첨가구에서 각각 540 mg%와 630 mg%로 급격한 상승을 하였으나, 대조구는 220 mg%로 완만한 상승을 하였다. 2개월 이후부터는 모든 구에서 완만한 감소를 보이고 있다. 이는 간장 숙성 중 메주에 들어있는 전분의 분해가 삼백초와 어성초 첨가구에서 더욱 빠르게 진행되기 때문인 것으로 생각된다.

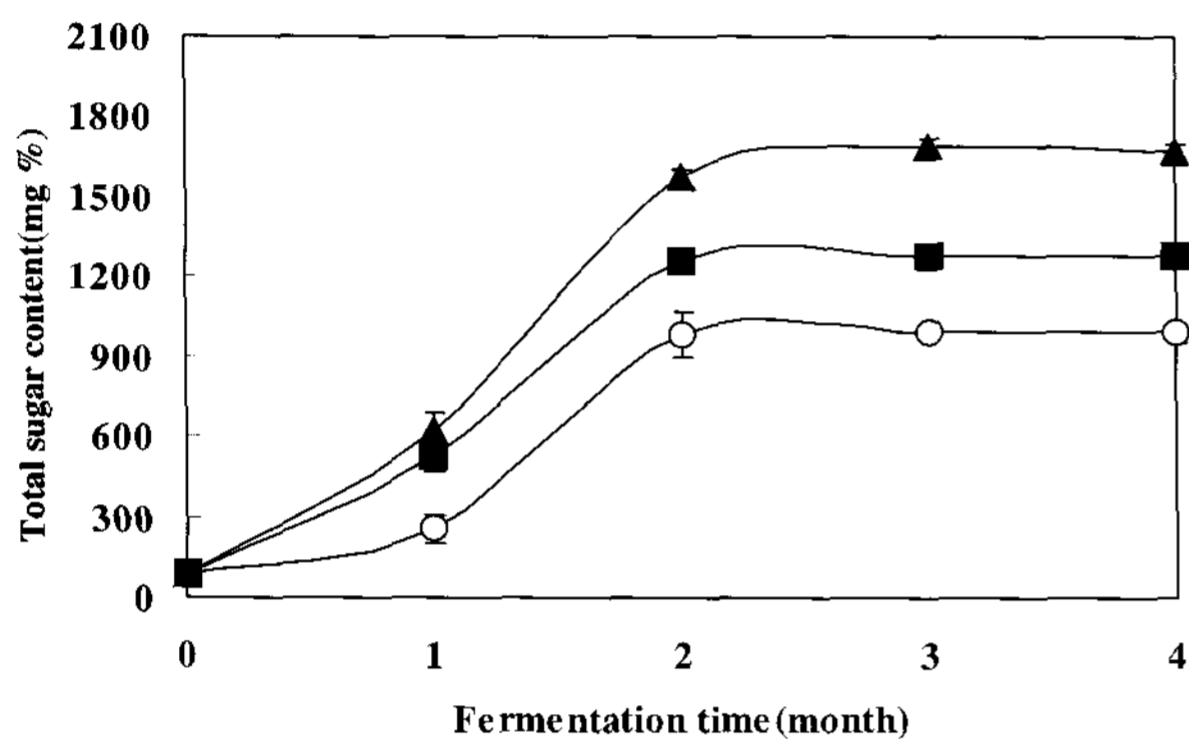


Fig. 4. Changes in total sugar contents of soybean anchovy sauces.

—○— : Control (Soybean anchovy sauce).
 —■— : Soybean anchovy sauce added with *Saururu chinensis* Baill.
 —▲— : Soybean anchovy sauce added with *Houttuynia cordata* Thunb.

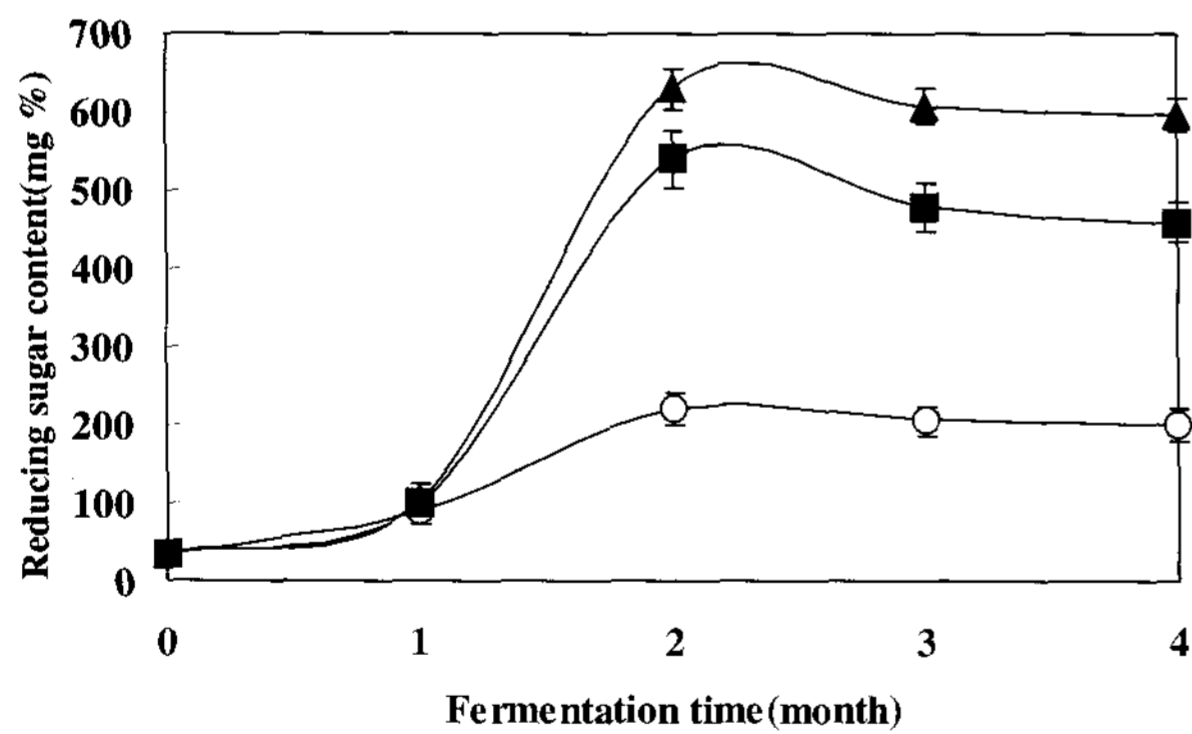


Fig. 5. Changes in reducing sugar contents of soybean anchovy sauces.

—○— : Control (Soybean anchovy sauce).
 —■— : Soybean anchovy sauce added with *Saururu chinensis* Baill.
 —▲— : Soybean anchovy sauce added with *Houttuynia cordata* Thunb.

염도, 산도, pH, 순고형물 함량

어간장의 발효 중 염도의 변화는 Fig. 6과 같았다. 간장의 발효 중 염도는 초기 26%의 염도를 나타낸 멸치 발효액이 발효 1개월째 대조구에서 25%, 삼백초 첨가구, 어성초 첨가

구에서 각각 23%로 감소한 것은 대조구의 경우 건조된 메주콩이 발효 초기에 수분과 함께 염분을 흡수하기 때문이며, 약용식물 첨가구에서는 건조된 메주콩은 물론 건조된 삼백초와 어성초가 더욱 많은 양의 염을 흡수했기 때문에 대조구보다 염도가 낮은 것으로 생각된다. 1개월 이후부터는 약 25~26% 범위로 염도의 수치가 다시 높아졌는데, 이는 햇볕으로 인한 온도상승에 의한 용기내의 수분 증발에 기인한 것으로 생각되며, 대조구에 비교해서 삼백초와 어성초 첨가구의 염도가 낮은 것은 삼백초와 어성초가 수분 증발을 막아주는 작용을 하기 때문인 것으로 보인다. 따라서 삼백초와 어성초를 첨가함으로써 간장의 염도를 다소 낮추는 효과가 있는 것으로 분석된다.

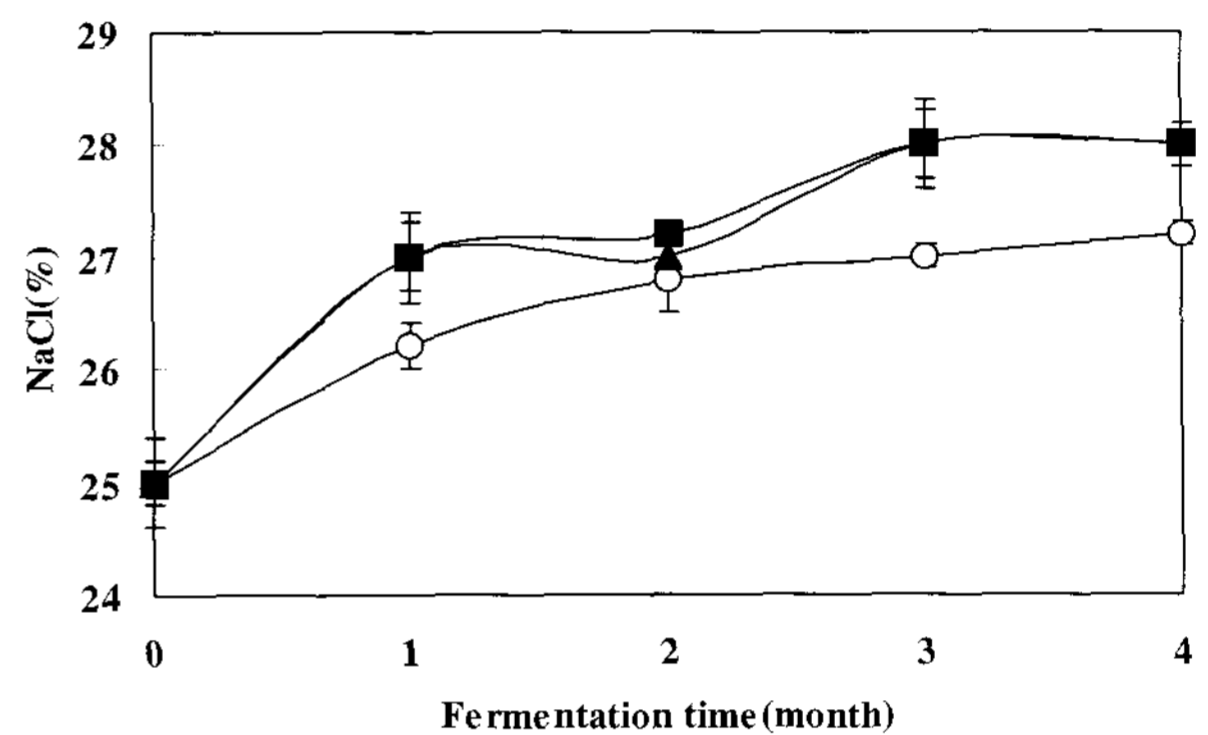


Fig. 6. Changes in salt contents of soybean anchovy sauces.

—○— : Control (Soybean anchovy sauce).
 —■— : Soybean anchovy sauce added with *Saururu chinensis* Baill.
 —▲— : Soybean anchovy sauce added with *Houttuynia cordata* Thunb.

간장 발효 중 적정산도인 젖산 함량의 변화는 Fig. 7과 같았다. 젖산 함량은 모든 구에서 완만한 상승이 있으며, 대조구와 비교해서 약용식물 첨가구에서 약간 높은 수치를 보이나 거의 비슷한 경향을 보였다. 이러한 경향은 간장 발효 중 젖산 발효시 당의 유무에 따라 많은 변화가 있다고 알려져 있으며, 따라서 간장을 발효하는 경우 당을 첨가하여 젖산 발효를 촉진시키는 효과가 있는 것으로 확인되었다 (13). 멸치 발효액에 함유된 초기의 당과 메주콩 중의 전분에 의해 발효 중 젖산의 생성이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 Lee 등(14)의 어분을 이용한 재래식 방법으로 간장을 제조할 때 총산의 증가현상과 일치하는 것으로 나타났다. 기능성 어간장의 발효 중 전분의 당화 작용과 단백질의 peptide 및 amino acid 등의 성분으로 내염성 미생물인 효모와 유산균이 증식하여 alcohol을 생성하고 탄산가스를 발생하여 간장의 풍미에 관여하는 유기산의 생성에 기인한 것으로 생각되며, 대조구와 약용식물 첨가구를 비교할 때 큰 차이는 없는 것으로 볼 때 삼백초와 어성초가 젖산 생성에는 크게 영향을 미치지 않는 것 같다.

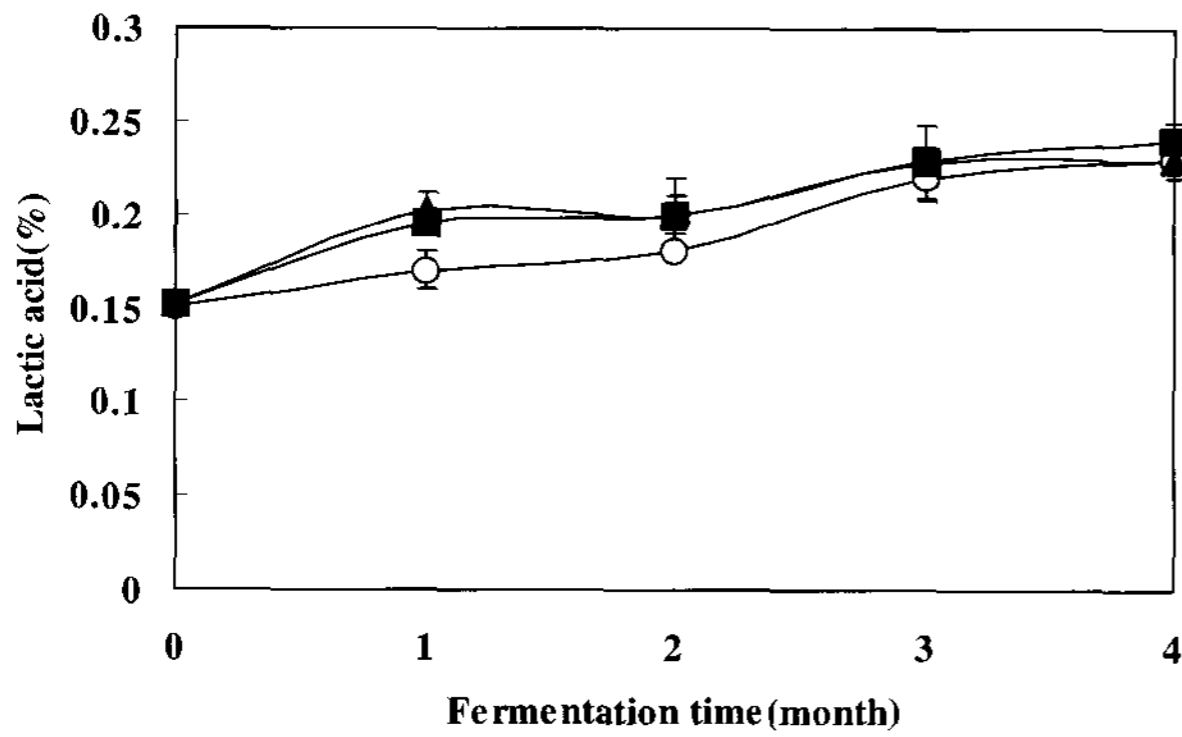


Fig. 7. Changes in lactic acid contents of soybean anchovy sauces.

—○— : Control (Soybean anchovy sauce).
 —■— : Soybean anchovy sauce added with *Saururu chinensis* Baill.
 —▲— : Soybean anchovy sauce added with *Houttuynia cordata* Thunb.

pH 변화는 초기 pH 5.86에서 4개월 발효 후 대조구의 경우 pH 5.27로 감소하였고, 삼백초와 어성초 첨가구에서는 각각 pH 5.38, 5.54로 감소하였다(Fig. 8). 이처럼 간장이 발효되는 동안 산성화 현상은 한국 재래식 간장과 개량식 간장 그리고 일본 간장에서 매우 비슷한 결과를 보이는 것으로 나타났다(15).

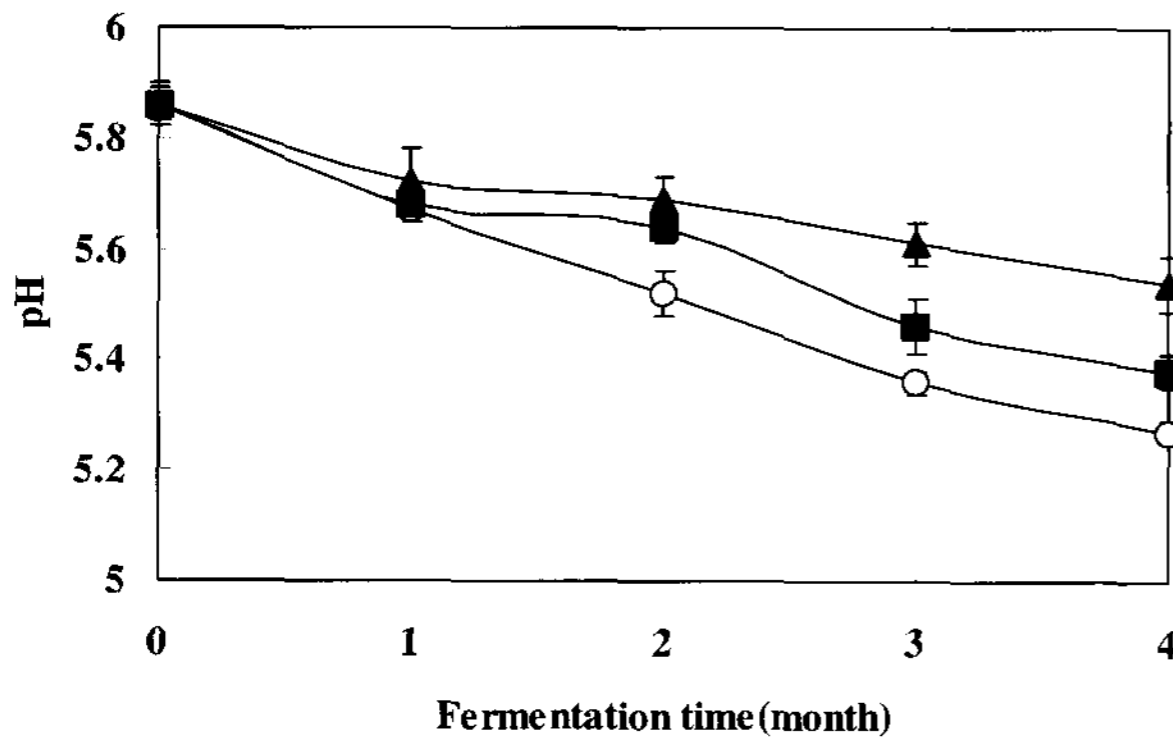


Fig. 8. Changes in pH of soybean anchovy sauces.

—○— : Control (Soybean anchovy sauce).
 —■— : Soybean anchovy sauce added with *Saururu chinensis* Baill.
 —▲— : Soybean anchovy sauce added with *Houttuynia cordata* Thunb.

순 고형물 함량은 초기 4.6%에서 상승하여 발효 4개월 후 대조구, 삼백초 첨가구, 어성초 첨가구가 각각 9, 12, 11.7%로 대조구가 약용식물 첨가구에 비해 약간 낮은 수치를 보였고, 두 첨가구는 거의 비슷한 경향을 보이고 있다(Fig. 9).

미생물 총균수

간장의 발효 중 총균수는 발효 3개월까지 상승하다가 그 이후 감소하였다(Fig. 10). 대조구에서 균수가 가장 많이 나타났으며, 다음이 삼백초 첨가구이고, 어성초 첨가구에서 균수가 가장 적었다. 이로부터 특히 어성초의 경우 미생

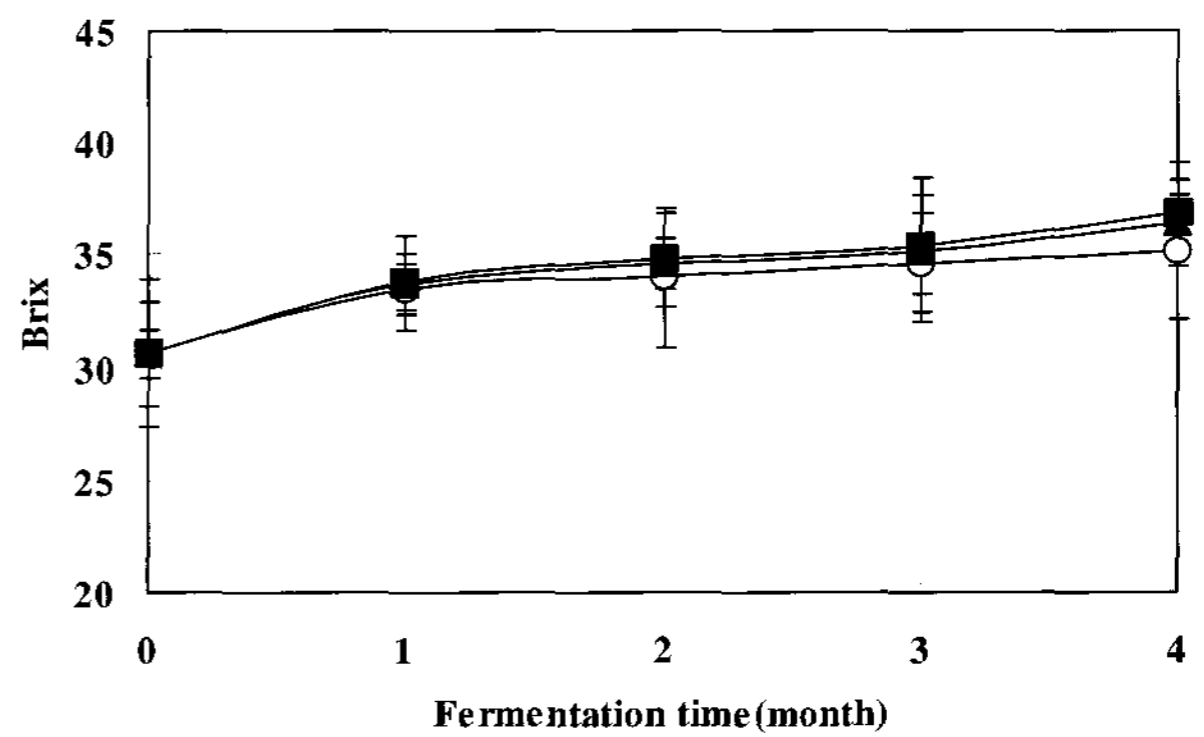


Fig. 9. Changes in total solid contents of soybean anchovy sauces.

—○— : Control (Soybean anchovy sauce).
 —■— : Soybean anchovy sauce added with *Saururu chinensis* Baill.
 —▲— : Soybean anchovy sauce added with *Houttuynia cordata* Thunb.

물에 대한 강한 항균력이 있음을 알 수 있고, 조의 연구(16)에서도 어성초의 항균력에 대해 보고한 바가 있다. 3개월 이후 총균수가 전체적으로 감소하는 현상은 호기성균들의 간장 속에 함유된 당류들을 잘 이용하지 못하기 때문인 것으로 생각된다. 간장을 발효하는 동안 실제로 간장 발효 관련 이외의 미생물은 생육을 억제시킬 필요성이 있다. 따라서 삼백초와 어성초를 간장 발효에 첨가함으로써 미생물군의 생육 조절에도 다소 효과가 있을 것으로 판단된다.

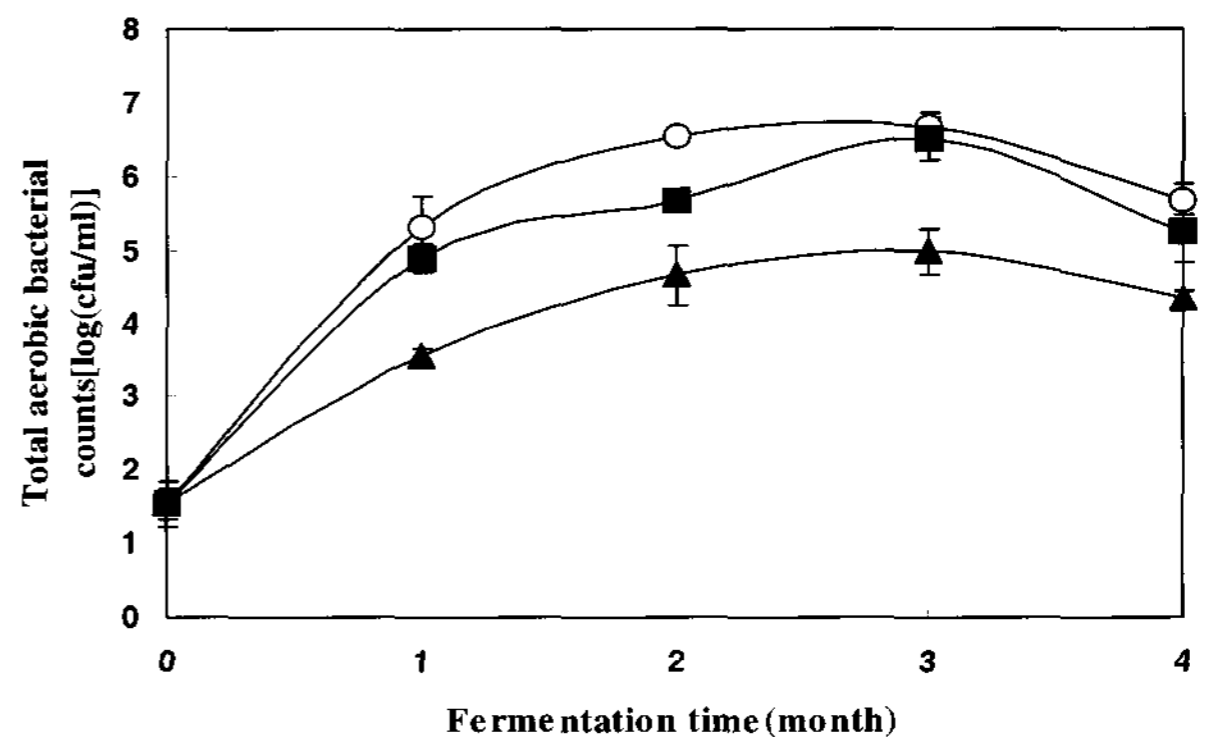


Fig. 10. Changes in total aerobic bacteria contents of soybean anchovy sauces.

—○— : Control (Soybean anchovy sauce).
 —■— : Soybean anchovy sauce added with *Saururu chinensis* Baill.
 —▲— : Soybean anchovy sauce added with *Houttuynia cordata* Thunb.

단백질분해효소의 활성도 측정

간장의 맛은 발효 중 단백질분해산물에 의해 크게 영향을 받으며 특히 감칠맛과 구수한 맛에 관여하는 유리아미노산의 함량은 protease의 활성도에 영향을 받는다. 이에 기능성 어간장의 발효 중 protease의 활성도를 조사한 결과 Fig. 11과 같았다. Protease의 활성은 대조구, 삼백초 첨가구, 어성초 첨가구 모두 발효 4개월까지 증가하였으며, 삼백초 첨가구는 대조구와 거의 비슷한 경향을 보였고, 어성초 첨

가구는 대조구보다 약간 높은 활성도를 가지는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 국균뿐만 아니라 멸치발효액에 함유한 기타 균들에 의해서 분비되는 단백질분해효소들의 결합체에 기인한 것으로 판단되며, 삼백초보다는 어성초에서 효소의 활성을 도와주는 물질이 풍부한 것으로 보인다. 따라서 이러한 효소에 의해 원료 단백질이 펩타이드 및 아미노산으로 분해됨으로써 간장의 풍미를 향상시킬 것으로 사료된다.

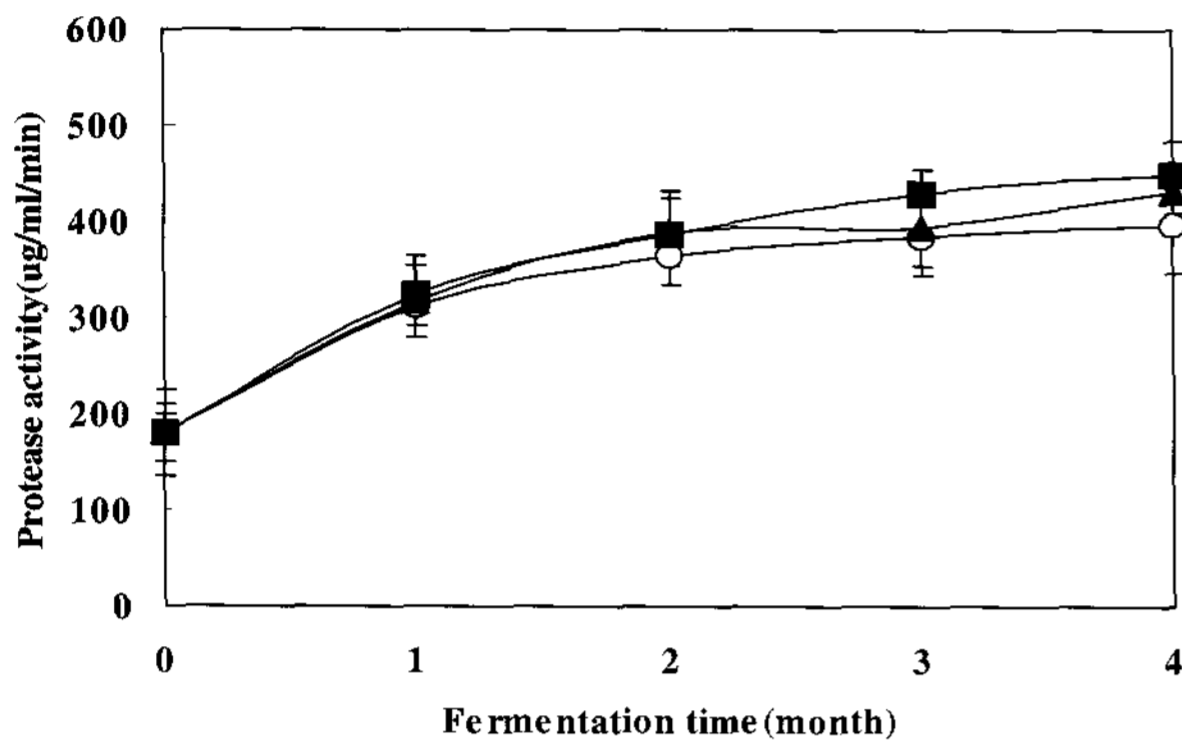


Fig. 11. Changes in total protease activity of soybean anchovy sauces.

—○— : Control (Soybean anchovy sauce).
 —■— : Soybean anchovy sauce added with *Saururu chinensis* Baill.
 —▲— : Soybean anchovy sauce added with *Houttuynia cordata* Thunb.

핵산관련물질

기능성 어간장의 발효기간에 따른 핵산관련 물질의 분석 결과는 Table 2와 같다. 핵산은 특유의 맛을 지녀 간장의 경우 그 향미를 증가시켜준다고 알려져 있다(17). 멸치발효액에는 핵산관련물질 중 hypoxanthine이 16 mg%로 가장 많았고 ADP가 3.02 mg%, ATP가 2.64 mg%, AMP가 0.07 mg% 순으로 높았으며 IMP와 Inosine은 검출되지 않았다. 4개월 발효 중의 핵산관련물질은 대조구의 경우 ATP, ADP 그리고 AMP는 증가하였고 그 중 ADP가 42.5 mg%로 가장 많았다. Hypoxanthine은 계속 감소하여 9.42 mg%이었다.

IMP는 발효 3개월째 검출되어 최종 5.32 mg%이었고 삼백초와 어성초 첨가구에서 각각 10.6 mg%, 6.81 mg%로 대조구보다 소량 높게 나타났다. 핵산관련물질 중 hypoxanthine은 맛이 없거나, 쓴맛이 있다. 반면, IMP는 glutamic acid와 aspartic acid에 대하여 맛난 맛의 상호작용을 하는 것으로 보고되었다(18). 이러한 사실을 미루어볼 때 특히 삼백초가 첨가된 간장의 경우에는 높은 IMP 함량이 맛난 맛의 상승제로 작용하여 간장의 풍미를 향상시켜 줄 수 있을 것으로 분석된다.

유리아미노산

간장 발효 중 원료에 함유된 단백질이 효소에 의해 분해된 유리아미노산은 간장 고유의 조미 역할을 하며 아울러 영양학적 가치를 부여하게 된다(19). 이에 기능성 어간장의 발효 중 유리 아미노산의 변화를 분석해 본 결과는 Table 3과 같이 나타났다. 발효가 진행됨에 따라 단백질이 효소에 의해서 분해되면서 각각의 유리아미노산의 함량은 증가하였고, 4개월 발효 후 총 유리아미노산의 함량은 대조구가 171.2 mg%이고, 삼백초 첨가구가 177.1 mg%, 어성초 첨가구가 134.7 mg%로 어성초 첨가구가 가장 낮은 함량을 보였다. 이는 앞의 Fig. 11의 단백질분해효소 활성도에서 대조구에 비교해서 삼백초 첨가구의 활성도가 높은 것에 기인한 것으로 생각되며, 어성초 첨가구의 경우는 상이한 결과가 나왔다. 그리고 맛난 맛을 내는 glutamic acid, aspartic acid의 함량은 전체 유리아미노산 함량에 비교해서 대조구가 25.9%, 삼백초와 어성초 첨가구에서 각각 29.2, 34.3%로 대조구에 비해 높게 나타났다. 필수아미노산의 함량은 4개월 후 대조구, 삼백초 첨가구, 어성초 첨가구에서 각각 84.0, 85.3, 63.8 mg%를 나타내었다. 삼백초 첨가구는 대조구에 비교해서 높은 필수 아미노산 함량을 나타냈으나 어성초 첨가구는 낮은 값을 보이고 있다.

이와 같은 사실로 미루어 보아 간장의 맛에 영향을 주는 아미노산에 대해서는 일괄적으로 논할 수는 없지만 발효 4개월 후의 glutamic acid, aspartic acid의 함량은 대조구에

Table 2. Changes of nucleotides and their related compounds in soybean anchovy sauces during the fermentation

(mg%)

| Nucleotides and their related compounds | Fermentation time(month) | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|------|------|------|------|--|------|------|------|------|---|------|------|------|------|
| | Control | | | | | Soybean anchovy sauce added with <i>Saururu chinensis</i> Baill. | | | | | Soybean anchovy sauce added with <i>Houttuynia cordata</i> Thunb. | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ATP | 2.64 | 2.48 | 2.43 | 4.0 | 4.50 | 2.64 | 2.53 | 2.91 | 3.23 | 3.91 | 2.64 | 2.68 | 3.41 | 3.93 | 4.52 |
| ADP | 3.02 | 5.85 | 18.7 | 33.5 | 42.5 | 3.02 | 4.16 | 16.8 | 23.4 | 36.2 | 3.02 | 5.58 | 18.6 | 30.8 | 32.1 |
| AMP | 0.07 | 0.18 | 0.50 | 3.15 | 5.16 | 0.07 | 0.41 | 0.67 | 4.23 | 6.72 | 0.07 | 0.34 | 1.50 | 2.34 | 4.64 |
| IMP | ND | ND | ND | 2.38 | 5.32 | ND | ND | ND | 5.52 | 10.6 | ND | ND | ND | 3.81 | 6.81 |
| Inosine | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Hypoxanthine | 16.0 | 15.3 | 12.4 | 11.3 | 9.42 | 16.0 | 15.4 | 11.0 | 9.64 | 8.65 | 16.0 | 15.2 | 12.1 | 10.2 | 9.62 |

Table 3. Changes of amino acids in soybean anchovy sauces during fermentation

| Amino acid | Fermentation time(month) | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|--|-------|-------|-------|-------|---|-------|-------|-------|-------|
| | Control | | | | | Soybean anchovy sauce added with <i>Saururu chinensis</i> Baill. | | | | | Soybean anchovy sauce added with <i>Houttuynia cordata</i> Thunb. | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ala | 1.25 | 13.3 | 15.6 | 18.2 | 19.5 | 1.25 | 13.0 | 16.8 | 19.5 | 21.3 | 1.25 | 11.4 | 11.5 | 12.9 | 14.6 |
| *Val | 7.85 | 9.60 | 9.84 | 10.8 | 11.6 | 7.85 | 9.13 | 9.85 | 12.3 | 15.4 | 7.85 | 8.31 | 8.67 | 9.95 | 12.3 |
| Gly | 5.71 | 6.38 | 7.21 | 7.28 | 7.27 | 5.71 | 6.23 | 6.01 | 6.61 | 6.98 | 5.71 | 5.86 | 5.86 | 7.36 | 7.52 |
| *Ileu | 11.0 | 9.32 | 7.74 | 9.97 | 9.35 | 11.0 | 9.32 | 6.82 | 8.27 | 8.96 | 11.0 | 8.40 | 8.00 | 9.45 | 9.42 |
| *Leu | 18.5 | 15.5 | 12.9 | 13.5 | 13.8 | 18.5 | 18.8 | 10.4 | 12.4 | 12.6 | 18.5 | 12.2 | 10.5 | 10.6 | 10.2 |
| *Thr | 4.88 | 5.72 | 6.55 | 8.19 | 9.23 | 4.88 | 5.72 | 5.72 | 7.15 | 8.65 | 4.88 | 5.24 | 6.43 | 7.50 | 8.73 |
| *Met | 4.33 | 4.92 | 5.07 | 5.82 | 6.54 | 4.33 | 4.48 | 5.33 | 5.98 | 6.35 | 4.33 | 4.18 | 2.54 | 2.83 | 2.45 |
| Asp | 9.85 | 10.4 | 10.4 | 12.0 | 15.6 | 9.85 | 11.3 | 12.8 | 13.5 | 16.2 | 9.85 | 9.82 | 10.5 | 11.5 | 15.6 |
| *Phe | 6.94 | 9.25 | 9.25 | 10.1 | 13.3 | 6.94 | 8.59 | 9.77 | 10.7 | 14.6 | 6.94 | 7.76 | 3.63 | 3.14 | 3.05 |
| Glu | 16.6 | 19.1 | 21.9 | 24.3 | 28.8 | 16.6 | 20.5 | 23.5 | 28.6 | 35.5 | 16.6 | 17.4 | 18.5 | 21.2 | 30.6 |
| *Lys | 10.3 | 11.9 | 14.1 | 16.1 | 20.2 | 10.3 | 11.4 | 11.6 | 12.9 | 18.7 | 10.3 | 10.9 | 11.2 | 11.8 | 12.4 |
| Ser | 3.57 | 4.62 | 5.04 | 5.95 | 6.45 | 3.57 | 4.41 | 4.83 | 6.31 | 8.54 | 3.57 | 3.99 | 5.47 | 7.04 | 9.45 |
| *His | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| *Arg | 1.39 | 1.22 | ND | ND | ND | 1.39 | 2.96 | ND | ND | ND | 1.39 | 4.00 | 4.13 | 4.78 | 5.23 |
| Cys | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Try | 5.80 | 8.70 | 9.78 | 9.88 | 9.56 | 5.80 | 8.34 | 8.34 | 8.34 | 8.34 | 5.80 | 7.97 | 3.26 | 3.99 | 3.23 |
| Total amino acid | 108.0 | 129.9 | 135.4 | 152.1 | 171.2 | 108.0 | 134.2 | 131.8 | 152.6 | 182.1 | 108.0 | 117.4 | 110.2 | 124.0 | 146.8 |
| *Essential amino acid | 65.2 | 67.4 | 65.5 | 74.5 | 84.0 | 65.2 | 70.4 | 59.5 | 69.7 | 85.3 | 65.2 | 61.0 | 55.1 | 60.1 | 63.8 |

비교하여 약용식물 첨가구가 높으므로 약용식물의 첨가로 인해 어간장의 풍미는 다소 향상될 수 있을 것으로 판단된다.

발효 중 ACE 저해능 변화

멸치발효액과 삼백초, 어성초 추출물의 ACE 저해능은 각각 44.5, 48.2, 58.6% 이었다(Fig. 2). 따라서 멸치발효액에 콩메주 19%와 삼백초 5%를 넣은 처리구와 콩메주 19%와 어성초 5%를 넣은 처리구를 4개월 발효 중 생리활성 물질인 angiotensin- I 전환효소(ACE) 저해작용을 살펴보았다(Fig. 12). ACE 저해작용은 발효 중

증가하는 것으로 나타났다. 초기 44.5%에서 4개월 발효 후 대조구 70.5%, 삼백초 첨가구 72.5%, 어성초 첨가구 81.6%로 삼백초 첨가구보다 어성초 첨가구에서 월등히 높은 증가를 보이고 있다. 이는 삼백초보다 단백질 함량이 높은(Table 1) 어성초에서 ACE 저해작용을 가진 peptide의 생성이 증가되기 때문인 것으로 판단되며, 멸치발효액과 어성초의 ACE 저해능이 상승작용을 하기 때문인 것으로 생각된다. 그리고 삼백초 첨가구도 어성초 첨가구보다는 다소 낮은 수치를 보이고 있으나 대조구보다 약간 높은 값을 나타내고 있다. 따라서 삼백초, 어성초를 첨가한 기능성 어간장을 상시 섭취될 수 있는 식탁용 조미료란 측면에서 볼 때 그 유용성이 기대된다고 할 수 있다.

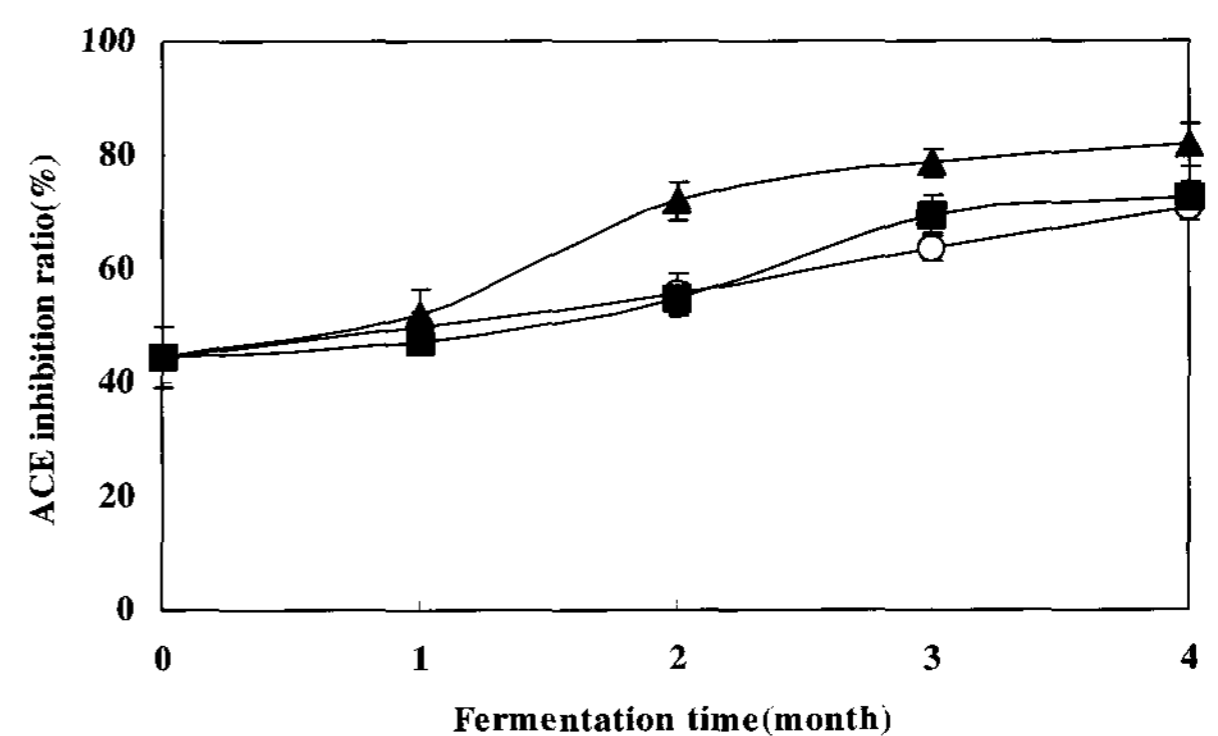


Fig. 12. Changes in ACE inhibition of soybean anchovy sauces.

—○— : Control (Soybean anchovy sauce).
 —■— : Soybean anchovy sauce added with *Saururu chinensis* Baill.
 —▲— : Soybean anchovy sauce added with *Houttuynia cordata* Thunb.

관능검사

발효 4개월 후 기능성 어간장에 대한 관능검사 결과는 Table 4와 같다. 색에 대한 관능 결과는 삼백초 첨가구가 3.9점으로 가장 높았고, 다음이 대조구 3.6점, 어성초 첨가구 3.5점 순으로 전반적으로 높은 점수가 나왔다. 향에 관한 관능은 어성초 첨가구가 3.8점으로 가장 높고 다음이 삼백초 첨가구로 3.5점이고 대조구가 3.0점 이었다. 향에 대해서는 멸치발효액의 어취와 어성초의 어취가 상승작용을 하는

것으로 판단된다. 맛에 있어서는 향의 관능과 같은 순으로 어성초 첨가구, 삼백초 첨가구, 대조구로 각각 4.1점, 3.4점, 3.0점 순이었다. 전체적인 기호도에서도 어성초 첨가구가 4.3점으로 가장 선호도가 높았고 다음이 3.5점으로 삼백초 첨가구이고 대조구는 3.1점을 받았다. 대체적으로 대조구와 삼백초 첨가구 사이에서는 유의성이 없었으며, 어성초 첨가구와는 유의성이 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 핵산관련 물질(Table 2) 함량과 유리 아미노산(Table 3) 함량의 분석에서 나타나듯이 맛난 맛 성분의 함량이 대조구보다 약용식물 첨가구에서 많이 생성된 결과로 볼 수 있으며 결과적으로 전체적인 기호도에서도 대조구에 비해 삼백초와 어성초 첨가구에서 좋은 결과를 얻을 수 있었다고 생각된다.

Table 4. Sensory evaluation of soybean anchovy sauces after four months of aging

| Sensory parameter | Control | Soybean anchovy sauce added with <i>Saururu chinensis</i> Baill. | Soybean anchovy sauce added with <i>Houttuynia cordata</i> Thunb. |
|-----------------------|--------------------|--|---|
| Color | 3.6 ^{a,b} | 3.9 ^a | 3.5 ^{a,b} |
| Flavor | 3.0 ^b | 3.5 ^a | 3.8 ^a |
| Taste | 3.0 ^b | 3.4 ^b | 4.1 ^a |
| Overall acceptability | 3.1 ^b | 3.5 ^b | 4.3 ^a |

Scale : excellent = 5, very good = 4, good = 3, bad = 2, very bad = 1.
^{a,b} : Means within row with different letters are significantly different(P<0.05).

감사의 글

본 연구는 교육인적자원부 특성화프로그램의 국고재정 지원 연구비에 의하여 수행된 것으로 이에 감사드립니다.

요 약

우리 식생활에서 기본 조미료의 하나인 한식간장에 기능을 부여하고자 기존의 식염수 대신 멸치 발효액을 사용하고 약용식물인 삼백초와 어성초를 5%씩 첨가하여 4개월간 발효시켜 기능성 어간장을 제조하였다. 어간장의 특성을 조사한 결과 총질소 함량은 발효시간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 보였는데, 어성초 첨가구가 가장 높은 값을 나타내었고 삼백초 첨가구는 대조구와 비슷한 값을 보였다. 총당 및 환원당의 함량은 어성초 첨가구가 가장 높았으며, 다음이 삼백초 첨가구, 대조구 순이었으며, 염도는 대조구보다 첨가구에서 낮게 나타났다. pH는 초기 pH 5.86에서 4개월 발효 후 대조구의 경우 pH 5.27로, 삼백초와 어성초

첨가구에서는 각각 pH 5.38, 5.54로 감소하였고, 산도는 발효 기간 동안 완만히 증가 하였으나 대조구와 약용식물 첨가구 사이에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 순고형물 함량은 약용식물 첨가구에서 약간 높은 수치를 보였다. 발효 중 총균수의 변화는 전반적으로 발효 3개월까지 증가하다가 그 이후 감소하였으며 약용식물을 첨가함으로써 총균수가 보다 낮아졌고 특히 어성초의 경우 미생물의 발육 억제 효과가 큰 것으로 나타났다. 맛과 관련하여 단백질분해효소 활성도 및 핵산관련물질과 유리아미노산의 함량을 조사하였는데, 단백질분해효소 활성도는 대조구보다 약용식물 첨가구에서 활성이 약간 높게 나타났으며, 어성초 첨가구보다는 삼백초 첨가구에서 활성이 높았다. 핵산관련물질로는 발효 4개월 후 ADP가 가장 많이 생성되었고, IMP는 발효 3개월째 생성되기 시작하여 삼백초 첨가구에서 10.6 mg%로 가장 많았고 어성초 첨가구는 6.81 mg%, 대조구는 5.32 mg% 생성되었다. 유리아미노산 함량은 삼백초 첨가구가 177.1 mg%로 가장 높은 수치를 보였고 어성초 첨가구는 134.7 mg%로 대조구 171.2 mg%보다 낮은 값을 나타내었다. 그러나 맛난 맛 관련 아미노산인 glutamic acid와 aspartic acid의 함량은 삼백초와 어성초 첨가구가 각각 29.2, 34.3 mg%로 대조구 25.9 mg%보다 높게 나타났다. 기능성 어간장에 대해 ACE 저해능을 조사한 결과, 대조구와 삼백초 첨가구는 비슷한 값을 보이고 있으나 어성초 첨가구에서는 매우 높게 나타났다. 관능검사에서는 맛, 향, 전체적인 기호도에서 어성초 첨가구가 가장 높게 평가되었고 그 다음이 삼백초 첨가구로 나타나면서 약용식물의 첨가에 의해 거부감보다는 오히려 긍정적인 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 상시 이용되는 기본 조미료로서 약용식물, 특히 어성초를 첨가한 어간장의 경우 간장 자체의 기능은 물론 맛과 기능성에서도 우수함을 알수 있었다.

참고문헌

1. 신현경 (1997) 기능성 식품의 개발 및 연구동향. 식품과 학과 산업, 30, 2-13
2. 식품공전 (2001) 한국식품공업협회, p.373-375
3. Kang, Y.K., Chung, S.K., Paik, H.D. and Cho, S.H. (2001) Changes in physicochemical components of soy sauce during fermentation from anchovy sauce. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 30, 888-893
4. 阿部憲治 (1980) 漁醬油について. 食品産業. 22, 8-12
5. Lee, C.H., Lee, E.H., Lim, M.H., Kim, S.H., Chai, S.K., Lee, K.W. and Koh, K.H. (1987) Salt-fermented anchovy(Myeolchi Jeot). Fermented Fish Products in Korea, YuLim Moon Hwa Sa, Inc., 22-34
6. 編集部 (1997) 平成8年度における醬油の研究業績. 92,

- 395-424
7. Horovitz, Z.P. (1981) Angiotensin converting enzyme inhibitors. Urban & Schwarzenberg, Baltimore-Munich, 3
 8. 池本文彦, 岩尾 洋, 山本研二郎 (1981) 高血壓の生化學. 化學と生物, 19, 482
 9. 大久保博晶 (1991) 血壓調節機構の分子生物學的研究. 日本生化學會誌, 63, 1419
 10. 송주택 (1989) 식물대도감. 일흥, p.56
 11. A.O.A.C. (1990) *Official Methods of Analysis*. 15th ed., Association of official analytical chemists. Washington, D.C.
 12. Yeum, D.M., Lee, T.G., Do, J.R., Kim, O.K., Park, Y.B., Kim, S.B. and Park, Y.H. (1993) Characteristics of angiotensin-I converting enzyme inhibitors derived from fermented fish product. 2. Characteristics of angiotensin-I converting enzyme inhibitors of fish sauce prepared from sardine, *sardinops melanosticta*. Bull. Korean Fish Soc. 26, 416-423
 13. 井口信義 (1985) しょうゆ 試験法. 日本醬油研究所. 20
 14. Choi, K.S., Choi, C., Im, M.H., Choi, J.D., Chung, H.C., Kim, Y.H. and Lee, C.W. (1998) The effects of soybean boiling waste liquor on the enhancement of lactic acid fermentation during Korean traditional *kanjang* mash maturing. J. Korean Agri. Chem. Soc., 41, 201-207
 15. Lee, J.S. and Kim, Z.U. (1986) A study on the manufacturing of sauce utilizing fish meals. J. Korean Agri. Chem. Soc., 29, 130-137
 16. Sung, N.J., Hwang, O.J. and Lee, E.H. (1988) Studies on N-nitrosamine of korean ordinary soy sauce. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 17, 125-135
 17. 조규형 (1994) 삼백초 건강법. 서진각
 18. Lee, C.H. (1973) Studies on the amino acid composition of Korean fermented soybean meju products and the evaluation of the protein quality, Korean J. Food Sci. Technol., 5, 210-214
 19. Kim, J.K. and Kim, C.S. (1980) The taste components of ordinary Korean soy sauce. J. Korean Agri. Chem. Soc., 23, 89-105
 20. Chang, C.H. (1965) Chemical changes during the fermentation of Korean soy sauces and in connection with its fermentative period. J. Korean Agri. Chem. Soc., 6, 8-13
-
- (접수 2008년 3월 15일, 채택 2008년 5월 9일)