

저식염 오징어 젓갈의 숙성 중 품질변화 및 최적 유통기한 설정

이경국 · 김상무[†]

강릉원주대학교 해양식품공학과

Quality Changes in Low-Salted Squid *Jeot-gal* during Fermentation and Determination of Shelf-life

Kyoung Gook Lee and Sang Moo Kim[†]

Dept. of Marine Food Science and Technology, Gangneung-Wonju National University,
Gangwon-do 210-702, Korea

Abstract

Jeot-gal is a traditional Korean fermented seafood with a salt concentration of 15~20%. However, today's consumers prefer low-salted foods as they have become aware that high levels of salt cause hypertension and diabetes. In this study, the quality characteristics and shelf-life of low-salted squid *Jeot-gal* were investigated at different fermentation temperatures and salt concentrations. The shelf-lives of 3%-salted squid *Jeot-gal* fermented at -1, 4, and 10°C were 45, 31, and 23 days, respectively, whereas those of 5%-salted squid *Jeot-gal* were 52, 36, and 25 days. The DPPH radical scavenging activity of the ethanol extract of squid *Jeot-gal* was stronger than that of the water extract. However, the other antioxidative activities, such as hydrogen peroxide and hydrogen peroxide radical scavenging activities, as well as enzyme inhibitory activities were very low at 20 mg/mL of water and ethanol extracts. Based on the results of the sensory evaluation, the quality of low-salted fermented squid *Jeot-gal* was almost similar to that of commercial squid *Jeot-gal* with a high salt concentration.

Key words: antioxidative activity, fermentation, low-salted *Jeot-gal*, shelf-life, squid

서 론

젓갈류는 어패류에 15~20%의 고식염을 가하고 염장하여 자가소화효소 또는 미생물의 효소작용에 의해 분해된 육질에 의해 독특한 감칠맛과 특유의 향미를 가진 우리 전통 수산발효식품이다(1,2). 또한 첨가된 식염에 의해 부패균의 번식이 억제되고 일정기간 발효 및 숙성을 시켜 원료 육질의 부분적 가수분해에 의해 조직감의 변화와 특유의 향미성분을 생성하여 식미 기호성을 증가시킨다(2).

최근 한국인의 사망 원인 중 고혈압 및 혈관질환에 의하여 사망률이 증가하고 있으며, 과다한 식염의 섭취가 문제되고 있다. 또한 국민 소득수준의 증가와 식품에 대한 의식 향상으로 소비자의 기호패턴이 건강 지향적으로 변화하고 있기 때문에 젓갈의 식염농도는 종래의 15~20%의 고식염 젓갈에서 7~10%의 저식염 젓갈로 대부분 변화되고 있는 추세이다(2,7). 이러한 소비패턴의 변화에 맞추어 지금까지 젓갈의 저염화를 위한 연구로는 저온숙성(3) 및 수분활성 조절(4) 등의 방법과 maltitol(5), glycerin 및 xylose(6) 등의 첨가제를 이용한 연구가 수행되었으나 이러한 첨가물의 사용은 향미를 저하시켜 전통 수산발효식품을 조미단순식품으로

격하시키기 때문에 저식염 오징어 젓갈에 대한 보충 연구가 필요하다(7).

젓갈류는 육질에 분포하는 cathepsin류의 효소가 자가소화에 깊이 관여를 하며, 미생물이 분비하는 효소에 의해 육질이 분해된다. 그러나 종래의 고식염 젓갈은 일부 내염성 미생물을 제외한 대부분의 미생물은 생육이 불가능하나 저식염 젓갈은 어육 단백질의 절단 부위가 고식염 젓갈과 다르며 생성되는 펩타이드의 종류에 큰 차이가 있고, 젓갈의 풍미 및 생리활성에도 다양한 영향을 줄 것으로 판단되어 최적 발효조건에서 제조한 저식염 젓갈의 생리활성을 측정하였다(8,10).

따라서 본 연구에서는 전통수산발효식품의 소비와 확산에 기여하기 위하여 염 농도 3 및 5%의 저식염 오징어 젓갈을 제조하고 염농도 및 발효기간별 품질특성을 측정하여 최적발효조건 및 유통기한을 설정하고 최적발효조건에서 제조한 저식염 젓갈의 생리활성을 함께 측정하여 저식염 오징어 젓갈의 제조공정 및 이의 생리활성에 대한 과학적 자료로 확보에 이어서 제공하고자 수행하였다(9).

[†]Corresponding author. E-mail: smkim@gwnu.ac.kr
Phone: 82-33-640-2343, Fax: 82-33-640-2882

재료 및 방법

실험재료

-25°C에 저장된 동해산 특산 어종인 오징어(*Todarodes pacificus*, 수협, 강릉, 한국)를 4°C 저온실에서 해동한 후, 내장, 다리, 귀를 제거하여 몸통만을 폭 1 cm 간격으로 썰고 부재료(원료 중량당 고춧가루 5%, 생강 3%, 마늘 1%, 양파 3%, 올리고당 8%)를 혼합하여 염 농도 3, 5 및 10%의 젓갈을 제조하였으며, 저장기간 및 온도를 달리하여 저장 중 품질변화를 측정하였다(11).

품질특성

pH: 젓갈 시료 10 g을 채취하여 10배 희석한 후 10,000 rpm에서 15분간 분쇄기로 마쇄한 다음 pH meter(Istek, Seoul, Korea)로 pH를 측정하였다(12).

아미노질소(NH₂-N): 아미노질소의 분석은 Adler-Nissen의 방법(13)에 따라 측정하였다. 즉, 0.2125 M sodium phosphate buffer(pH 8.2) 2 mL, 0.01% trinitrobenzenesulfonic acid(TNBS) 1 mL 및 증류수로 희석한 농도별 시료 0.25 mL를 시험관(15×150 mm)에 혼합하여 50°C에서 60분간 반응시킨 후 0.1 N HCl 용액 4 mL를 첨가하여 반응을 종결시키고 10초간 Vortex mixer로 교반한 다음, 340 nm에서 흡광도를 측정하여 L-leucine을 이용한 표준곡선에서 농도를 구하였다.

휘발성 염기질소: 휘발성 염기질소량은 Conway 미량화산법(14)을 수정하여 측정하였다. 즉, 증류수 30 mL을 시료 10 g에 가하고 10분간 마쇄한 뒤 단백질을 침전시키기 위해 20% trichloroacetic acid(TCA) 용액 20 mL을 가한 후 100 mL로 정용한 다음 원심분리(4°C, 8000×g, 10 min)를 하였고, 0.45 μm syringe filter(ADVATEC, Tokyo, Japan)로 여과하여 상층액을 증류수로 10배 희석하였다. Conway unit 내실에는 0.01 N H₂SO₄ 용액 1 mL, 외실에 시료 희석액 1 mL 및 포화 K₂CO₃ 1 mL를 각각 넣고 37°C에서 1시간 반응한 다음 내실에 Brumswick(0.07% methyl red, 0.03% methylene blue) 지시약 1~2 방울을 첨가한 다음 0.01 N NaOH로 적정하여 휘발성 염기질소량을 구하였다. 공시험은 시료 대신 20% TCA 용액을 사용하였으며, 시료 중의 휘발성 염기질소량은 다음 식으로 계산하였다.

$$\text{휘발성 염기질소량(mg/100 g)} = 0.14 \times (V_1 - V_0) \times F \times D \times 100 / S$$

V₁: 시료의 0.01 N NaOH 용액의 적정소비량

V₀: 공시험의 0.01 N NaOH 용액의 적정소비량

F: 0.01 N NaOH의 역가

D: 희석배수

S: 시료의 채취량

0.14: 0.01 N H₂SO₄ 1 mL에 상당하는 휘발성 염기질소량

유통기한 설정

유통기한은 Arrhenius equation을 이용하여 설정하였다

(15). 다른 연구에서는 pH 5.0~7.0을 기준으로 각각 다르게 기준을 설정하였으나(1,2), 전보에서는 pH 5.0을 기준으로 유통기한을 설정하였으나, 본 연구에서는 pH 5.0을 기준으로 유통기한을 설정하였다(9).

오징어 젓갈 추출물 제조

식염농도 3, 5 및 10% 젓갈 300 g을 20°C에서 각각 6, 16 및 22일간 발효한 다음 냉수 및 에탄올(1:9, v/v) 혼합용매를 가하여 3,000 mL로 정용한 다음, 4°C 저온실에서 24시간 추출하였다. 추출물을 원심분리(10,000×g, 15 min)하여 상층액을 농도별로 농축하여 생리활성 시료로 사용하였다.

항산화활성

DPPH radical 소거능: 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical 소거능은 Nanjo 등의 방법(16)을 수정하여 측정하였다. 즉, 0.15 mM DPPH 용액 0.2 mL 및 시료 0.05 mL를 혼합하여 실온에서 30분간 반응한 후 microplate reader(Biotek, Winooski, VT, USA)로 515 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH radical 소거능은 다음식에 의하여 계산하였다.

$$\text{DPPH radical 소거능(\%)} = [(C - (S - SB)) / C] \times 100$$

C(control): 시료 미첨가구

S(sample): 시료 첨가구

SB(sample blank): DPPH 용액과 같은 용량의 ethanol에 시료 첨가구

Hydrogen peroxide radical 소거능: Halliwell 등(17)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, hydrogen peroxide 0.02 mL, 0.1 M phosphate buffer(pH 5.0) 0.1 mL 및 각 농도별 시료 용액 0.1 mL를 96 micro wall plate에 첨가한 후 37°C에서 5분간 반응하였다. 그 후 peroxidase(1 unit/mL) 0.03 mL와 1.25 mM 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS) 0.03 mL를 첨가하여 37°C에서 10분간 반응한 다음 ELISA reader(EL-800, Biotek)로 405 nm에서 흡광도를 측정하였다. Hydrogen peroxide radical 소거능은 다음식에 의하여 계산하였다.

$$\text{Hydrogen peroxide radical 소거능(\%)} = [(C - (S - SB)) / C] \times 100$$

C(control): 시료 미첨가구

S(sample): 시료 첨가구

SB(sample blank): DPPH 용액과 같은 용량의 증류수에 시료 첨가구

Hydroxyl radical 소거능: Joung 등(18)의 방법을 다소 수정하여 측정하였다. 즉, 시험관(1.8×150 mm)에 10 mM 2-deoxyribose 용액 0.2 mL, 시료 0.2 mL 및 1 mM FeSO₄/EDTA 용액 0.2 mL를 첨가하여 37°C에서 1시간 반응하였다. 그 후 2.8% TCA 용액 1 mL를 가하여 반응을 정지하였고, 1% TBA 용액 1 mL를 가하고, 100°C 수조에서 10분 동안 가열한 다음 급냉하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Hydroxyl radical 소거능은 다음식에 의하여 계산하였다.

$$\text{Hydroxyl radical 소거능(\%)} = \frac{[C - (S - SB)]}{C} \times 100$$

C(control): 시료 미첨가구

S(sample): 시료 첨가구

SB(sample blank): DPPH 용액과 같은 용량의 증류수에 시료 첨가구

α -Glucosidase 저해활성: α -Glucosidase 저해활성은 Kim 등(19)의 방법을 수정하여 측정하였다. 즉, 다양한 농도의 시료 0.1 mL와 0.01 M phosphate buffer에 녹인 0.25 U/mL α -glucosidase 0.1 mL를 0.01 M phosphate buffer(pH 7.0) 2.2 mL에 첨가한 후 37°C에서 5분 동안 반응을 하였다. 같은 buffer에 3 mM pNPG 0.1 mL를 가하고, 37°C에서 30분간 반응한 다음 0.1 M Na₂CO₃ 용액 1.5 mL를 가하여 반응을 정지하였고, 400 nm에서 흡광도를 측정하였다. α -Glucosidase 저해능은 다음식에 의하여 계산하였다.

$$\alpha\text{-Glucosidase 저해활성(\%)} = \frac{[C - (S - SB)]}{C} \times 100$$

C(control): 시료 미첨가구

S(sample): 시료 첨가구

SB(sample blank): 3.9 mL의 10 mM phosphate buffer에 시료 첨가구

β -Glucuronidase 저해활성: β -Glucuronidase 저해활성은 Vitha(20)의 방법을 수정하여 사용하였다. 즉, 10 mM phosphate buffer(pH 7.0) 2.2 mL 및 20 U/mL *E. coli* β -glucuronidase 0.1 mL에 농도별로 조정된 시료 0.1 mL를 가하여 37°C에서 5분간 반응하였다. 그런 다음 40 mM p-nitrophenyl- β -D-glucuronide 0.1 mL를 가하여 37°C에서 30분간 반응하였으며, 0.25 M Na₂CO₃ 용액 1.5 mL를 가하여 반응을 종료한 다음 405 nm에서 흡광도를 측정하였다. β -Glucuronidase 저해능은 다음 식에 의하여 계산하였다.

$$\beta\text{-Glucuronidase 저해활성(\%)} = \frac{[C - (S - SB)]}{C} \times 100$$

C(control): 시료 미첨가구

S(sample): 시료 첨가구

SB(sample blank): 3.9 mL의 10 mM phosphate buffer에 시료 첨가구

최적발효조건 설정

식염농도 3%에서는 염의 농도가 낮아 부패속도가 빠르고, 10% 부근에서는 식염의 농도가 높기 때문에 최적식염농도는 5%로 설정하였고, 온도가 상승할수록 부패 속도가 빨라지므로 -1°C로 숙성온도를 설정하였다. 또한 전보와 같이 Arrhenius equation에서 pH가 5.0에 도달하는 시점을 기준으로 -1°C에서 53일을 최적숙성기간으로 설정하고 향미와 깊은 관련이 있는 아미노질소량의 최고치를 기준으로 발효 최적조건을 설정하였다(21).

일반성분 분석

일반성분은 AOAC(22)에 따라 분석하였다. 즉, 탄수화물은 가감법, 수분은 상압가열건조법, 조지방은 Soxhlet법, 조

회분은 직접회화법, 조단백질은 Micro-Kjeldahl법 으로 측정하였다.

구성 및 유리아미노산

최적발효조건에서 제조한 젓갈의 구성아미노산 조성은 다음과 같이 분석하였다. 6 N HCl 20 mL에 시료 100 mg을 첨가하여 105°C 정온건조기에서 24시간 분해하였다. 분해한 시료를 감압농축기(R-114, BÜCHI, Flawil, Swiss)로 농축한 다음 25 mL로 정용하여 아미노산자동분석기(L-8800, Hitachi, Tokyo, Japan)로 분석하였다. 유리아미노산 측정은 75% ethanol 40 mL에 시료 1 g을 첨가하여 24시간 교반한 다음 원심분리(10,000×g, 15 min)하여 상층액을 분리하였고 이를 3회 반복하였다. 3회째부터는 상층액이 무색에 가까워질 때까지 1시간 단위로 교반, 원심분리 과정을 반복하였다. 상층액을 감압농축기로 농축하여 증류수 25 mL로 정용한 다음 아미노산자동분석기로 분석하였다(23).

관능검사

최적발효조건에서 제조한 오징어 젓갈을 관능검사 시료로 사용하였다. 식품학을 전공하는 대학원생 및 학부생 총 20명(20대 여자 8명, 20대 남자 12명)으로 관능검사패널을 구성하여 맛, 냄새, 색 및 전체적 기호도의 4가지 항목에 대하여 5단계 평판법(5점: 매우 좋다, 4점: 좋다, 3점: 보통이다, 2점: 나쁘다, 1점: 매우 나쁘다)으로 측정하였다(19). 관능검사 대조구로는 시판용 젓갈류로 비교 평가하였으며 모든 검사는 3회 반복하여 실시하였다(24).

통계분석

통계적 유의성 분석은 Statistical Packages for Social Science(ver. 10.0, SPSS, Chicago, IL, USA)를 이용하여 Duncan's multiple range test로 유의수준 5% 이내(p<0.05)로 각각 평균값에 대한 유의적 차이를 조사하였다. 실험 결과는 실험치의 평균값과 표준편차로 나타내었다(24).

결과 및 고찰

일반성분

본 실험에 사용한 원료 오징어의 일반성분 분석 결과는 Table 1과 같다. 원료오징어의 수분함량, 조단백질, 조지방, 조회분 및 탄수화물의 함량은 각각 79.2, 17.3, 1.0, 1.7 및 0.8%이었다. 각각 염농도 3, 5 및 10% 젓갈 제조시의 수분함량은 71.3, 70.3 및 67.1%로 식염의 첨가로 인해서 약 9~11% 정도 감소하였으며, 조단백질, 조지방 및 조회분의 함량은 15.7~16.8, 0.8~1.5 및 3.8~9.1%로 대체로 일정하게 유지되었다. 탄수화물의 함량은 각각 6.5~7.3%로 부재료의 첨가로 인하여 약 6~7% 정도 증가하였다. 식염농도 5% 젓갈의 6주 숙성 후의 일반성분의 변화는 수분함량, 조단백질, 조지방, 조회분 및 탄수화물이 각각 68.5, 15.6, 2.0, 5.7 및

Table 1. Changes of proximate composition of raw squid and squid *Jeot-gal* of different fermentation periods (%)

Sample	Moisture	Crude protein	Crude fat	Ash	Carbohydrate
Raw squid	79.2±1.3	17.3±0.5	1.0±0.0	1.7±0.0	0.8±0.0
3% (0 week)	71.34±1.4	16.81±0.4	1.52±0.2	3.85±0.3	6.48±0.2
5% (0 week)	70.36±1.2	16.25±0.6	1.34±0.1	5.51±0.2	6.54±0.1
10% (0 week)	67.07±0.8	15.73±0.8	0.84±0.1	9.10±0.2	7.26±0.1
5% (6 weeks)	68.49±1.5	15.61±0.7	1.99±0.0	5.65±0.4	8.26±0.2

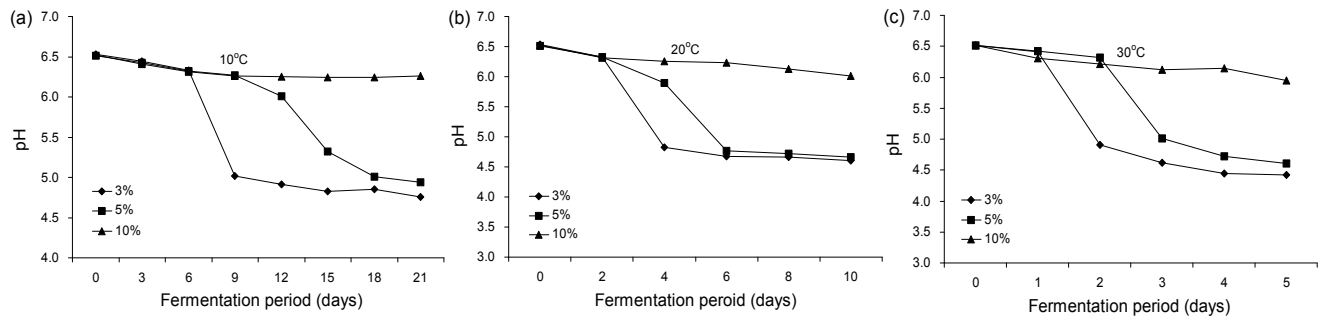


Fig. 1. Changes in pH of squid fermented products at different fermentation temperature and period. (a) fermented *Jeot-gal* at 10°C; (b) fermented *Jeot-gal* at 20°C; (c) fermented *Jeot-gal* at 30°C.

8.3%로 일반성분 각각의 함량이 대체적으로 일정하게 유지되는 것으로 나타났다. 또한 전보인 Cho와 Kim(9)의 결과와 유사하고, Oh 등(2)은 저식염 오징어 젓갈의 숙성에 따른 휘발성염기질소 변화 연구에서 수분함량은 79.2%, 조단백질, 조지방 및 조회분의 함량은 각각 17.3, 1.0 및 1.7%로 본 실험의 결과와 유사하였다.

pH변화 및 최적유통기한 설정

숙성온도 및 저장기간에 따른 pH 변화는 Fig. 1과 같다. 저식염 오징어 젓갈은 발효 온도가 높고, 식염의 농도가 낮을수록 pH가 급격하게 감소하였다. Kim 등(25)은 강릉지방의 오징어 식해 개발에 관한 연구에서 젓갈의 숙성 중 염 농도가 낮을수록, 온도는 높을수록 미생물의 활성 증가에 따른 유기산의 증가로 인해 pH는 급격히 감소하였다고 하였는데, 이는 본 연구와 유사하였다. 또한 대조구인 10% 젓갈은 온도 변화에 따른 pH 변화가 거의 없는 반면 식염 3 및 5% 젓갈은 숙성 중의 pH가 급격히 감소하였으나 pH 5를 기점으로 서서히 감소하였다. Kim 등(3)은 저식염 오징어 젓갈에 관한 연구에서 유통기한 설정의 지표로 pH 7로 설정하였고, Cho 등(1)은 젓갈류의 유통기한 연장을 위한 연구에서는 산 생성균으로 인한 신맛을 내기 시작하는 pH 5.5를 유통기한 설정의 지표로 보고하였지만, 식염 농도에 따라 그 기준이 다르기 때문에 pH 4.5~5를 기준으로 유통기한 설정의 지표로 사용하고 있고, 본 실험에서는 pH 5를 유통기한 설정의 지표로 사용하였다. Table 2와 같이 저식염 젓갈의 고온 발효 및 상온유통은 젓갈의 pH를 급속 감소시켜 품질을 급격히 저하시키므로 저온에서 발효 및 유통하는 것이 적합하다고 판단되며, 저식염 오징어 젓갈의 최적 유통기한은 -1°C에서 염 농도 3 및 5%일 때 각각 45 및 52일이었다. 이는 실제 제품의 유통기한과 동일한 결과를 나타내었다.

Table 2. The shelf-life of squid *Jeot-gal* at different fermentation temperatures determined by Arrhenius equation

Salt concentration (%)	Shelf-life (days)			
	-1°C	4°C	10°C	20°C
3	45	31	23	6
5	52	36	25	16
10	67	51	37	22

아미노질소 및 최적발효조건

숙성온도 및 저장기간에 따른 아미노질소 변화 결과는 Fig. 2와 같다. 아미노질소 함량은 젓갈을 비롯한 수산발효 식품 숙성도의 지표로 사용될 뿐 아니라 향미와 깊은 관련이 있기 때문에 중요한 품질 지표로 인식되고 있다(1). 본 실험에서는 모든 실험 온도에서 아미노질소량은 숙성기간이 증가함에 따라 급격하게 증가하다가 각각 15, 8 및 4일을 기점으로 완만하게 증가하였다. Kim 등(26)은 저염 오징어 젓갈에 관한 연구에서 아미노질소량은 숙성온도가 높을수록, 염 농도가 낮을수록 아미노질소량의 생성 속도는 빨라졌으며, Oh 등(2)은 초기 발효기간에 아미노질소량이 급격히 증가하였다가 일정량 이상 시 완만히 증가한 다음 감소한다고 하였는데, 이는 본 실험과 유사하였다. 또한 발효 시 아미노질소량이 최고치를 나타낼 때 맛이 가장 우수하다고 보고된 바가 있으며(21), 본 실험에서는 아미노질소량 최고치를 기준으로 최적발효조건을 설정하였다. 저식염 오징어 젓갈의 최적 유통기한 -1°C에서 염 농도 3 및 5%일 때 각각 41 및 44일로 저식염 오징어 젓갈의 염 농도에 따라 큰 차이가 보이지 않았다.

휘발성 염기질소

숙성온도 및 저장기간에 따른 휘발성 염기질소의 변화는 Fig. 3과 같다. 본 실험에서 휘발성 염기질소(VBN, volatile

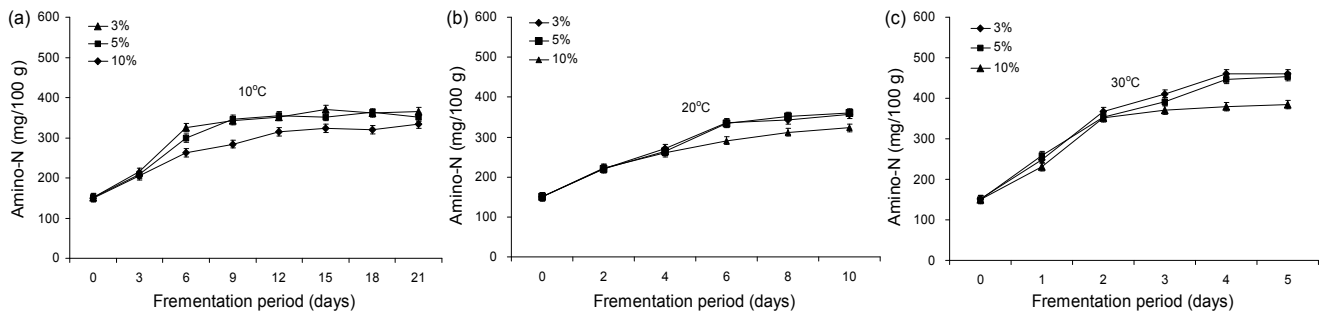


Fig. 2. Changes in Amino-N of squid fermented products at different fermentation temperature and period. (a) fermented *Jeot-gal* at 10°C; (b) fermented *Jeot-gal* at 20°C; (c) fermented *Jeot-gal* at 30°C.

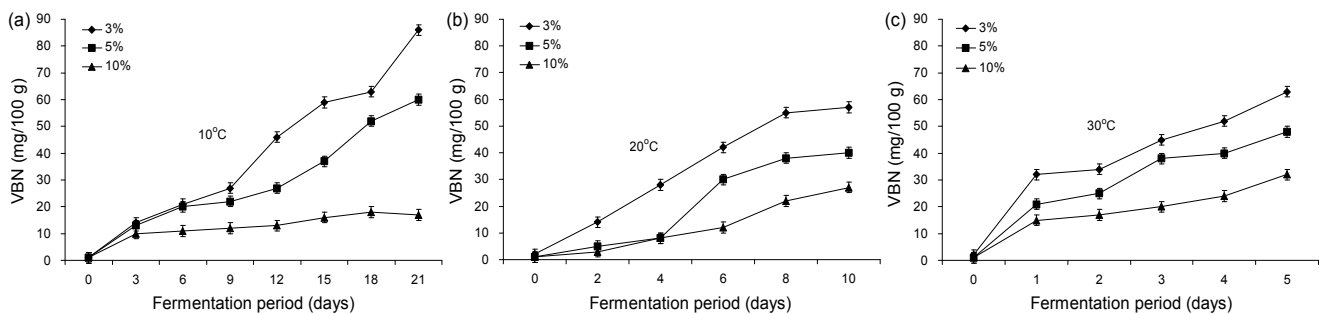


Fig. 3. Changes in VBN of squid fermented products at different fermentation temperature and period. (a) fermented *Jeot-gal* at 10°C; (b) fermented *Jeot-gal* at 20°C; (c) fermented *Jeot-gal* at 30°C.

basic nitrogen)는 발효온도가 높을수록, 식염의 농도가 낮을수록 급격하게 증가하였다. 이는 식염의 농도가 낮아지고 온도가 상승할수록 미생물에 의한 단백질 및 아미노산의 분해가 빨라져 휘발성 염기질소의 생성량이 증가하기 때문이며, Oh 등(2)은 저염 오징어 젓갈 숙성 연구에서 저장온도에 따라 휘발성 염기질소량의 차이가 분명하게 나타났고, 전반적으로 저장온도가 높을수록 휘발성 염기질소의 양이 증가하는 현상을 보였다고 하였는데, 이는 본 실험과 유사하였다. Kim 등(26)은 저식염 젓갈의 관한 연구에서 부패 판정치는 40 mg/100 g이나 발효 중기에 부패 판정치인 40 mg/100 g를 이미 초과하는 시료가 대부분이며, 발효식품에서는 휘발성 염기질소와 관련된 품질 및 저장성에 관하여 아직까지 보고된 것이 없었으며, 이에 대한 보충연구가 필요하다고 판단된다.

DPPH radical 소거능

오징어 젓갈 용매 추출물의 DPPH radical 소거능은 Table 3과 같다. 50%의 저해능을 보이는 IC₅₀ 값은 ethanol 추출

물이 1.75~1.98 mg/mL 범위로 6.09~9.08 mg/mL의 범위를 갖는 냉수추출물에 비하여 월등히 낮았다. 이는 대부분의 관련 연구에서 유기용매 추출물이 냉수추출물에 비하여 상대적으로 높은 DPPH 소거능을 보이는 것과 같은 결과이며, Lee 등(8)은 오징어육에 존재하는 단백질 분해 효능이 있는 자가소화효소와 호염성 미생물의 단백질 분해효소 작용에 의해 오징어육 단백질이 peptide 및 아미노산으로 분해된다고 하였고, 이렇게 생성된 peptide 및 아미노산이 오징어 젓갈에서의 DPPH 활성에 기여를 한다고 판단된다. 또한 Choi와 Kim(27)은 발효촉진제를 첨가하여 제조한 오징어 조미료의 품질특성 연구에서 농도 의존적으로 DPPH 소거능이 증가하였으나, 대조구인 α -tocopherol보다는 활성이 낮았고, 오징어 조미료의 DPPH 소거능은 낮다고 하였다. 이는 대부분의 항산화활성을 갖는 단백질 분해산물은 histidine, proline 등의 소수성 아미노산 및 저분자 peptide로 저식염 오징어 젓갈은 저분자로 정제된 물질이 아니며 유리 아미노산 중 소수성 아미노산의 함량이 낮았기 때문에 활성이

Table 3. Antioxidant activities of the water and ethanol extracts from squid *Jeot-gal*

Salt concentration (%)	IC ₅₀ (mg/mL)		Inhibitory activities (%) ²⁾			
	DPPH		Hydrogen peroxide radical		Hydroxyl radical	
	Water extract	Ethanol extract	Water extract	Ethanol extract	Water extract	Ethanol extract
3	6.9±0.2	1.75±0.4	94.6±2.3	12.0±0.7	22.4±0.4	25.2±0.8
5	8.25±0.5	1.98±0.2	88.3±3.4	25.7±1.1	19.2±0.9	22.9±1.8
10	9.08±0.6	1.95±0.4	79.6±1.5	40.3±1.7	16.1±0.4	20.4±1.1
α -Tocopherol ¹⁾ (μ g/mL)	19.7		131.5		443.9	

¹⁾Positive control. ²⁾At 20 mg/mL.

Table 4. α -Glucosidase and β -Glucuronidase activities of the water and ethanol extracts from squid *Jeot-gal*

Salt concentration (%)	Inhibitory activities (%) ²⁾			
	α -Glucosidase		β -Glucuronidase	
	Water extract	Ethanol extract	Water extract	Ethanol extract
3	14.0±0.5	31.2±0.7	41.3±0.9	40.0±0.9
5	10.8±0.4	27.9±0.6	41.6±1.7	34.9±1.1
10	14.0±0.4	20.9±0.4	39.7±0.9	37.2±0.9
Acarbose ¹⁾ (IC ₅₀)	3.1 mg/mL		-	

¹⁾Positive control. ²⁾At 20 mg/mL.

낮은 것으로 판단된다(28).

Hydrogen peroxide radical 및 hydroxyl radical 소거능

오징어 젓갈 용매 추출물의 hydrogen peroxide radical 및 hydroxyl radical 소거능은 Table 3과 같다. Hydrogen peroxide 및 hydroxyl 소거능은 활성산소 중에서 반응성이 강하여 생체 내 각종 조직 및 세포막 등의 산화에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(27). 20 mg/mL 농도에서 각각 냉수 및 에탄올 추출물의 hydrogen peroxide radical 소거능은 79.6±1.5~94.6±2.3 및 16.1±0.4~22.4±0.4%, hydroxyl radical 소거능은 각각 12.0±0.7~40.3±1.7 및 20.4±1.1~25.2±0.8%의 범위로 낮은 값을 보였다. Hydrogen peroxide radical 소거능은 benzene ring의 공명효과에 의한 stability 증가 및 radical scavenging 작용 등에 의해 활성이 강하게 나타나며(29,30), Song 등(31)은 유산균 발효에 의한 톳 추출액의 항산화 활성 연구에서 0.5 및 1.0 mg/mL의 농도에서 각각 41.27 및 44.36%의 hydroxyl radical 소거능을 보였으며, 본 실험보다 매우 높은 소거능을 보였다. 또한 전보에서는(9) 20 mg/mL 농도에서 hydrogen peroxide radical 및 hydroxyl radical 소거능은 각각 47.9±0.8~75.6±3.4 및 29.6±1.3~44.6±1.9%의 범위로 본 연구결과와 비슷한 결과를 보였다. 이는 총 페놀 함량과 상관관계가 있다고 판단되며, 오징어 젓갈 추출물의 천연 항산화 소재로서의 이용 가능성은 다소 미미하다고 보인다.

α -Glucosidase 저해활성

젓갈 용매 추출물의 α -glucosidase 저해활성은 Table 4와 같다. α -Glucosidase는 소장 상피세포의 brush-border membrane에 존재하는 효소로서 이당류나 다당류를 탄수화물이 소화 흡수되기 위한 상태인 단당류로 가수분해하는 역할을 하며 이 효소의 저해는 탄수화물 식이 후 혈당상승을 억제할 수 있어 항당뇨활성 측정법으로 이용된다(32). 20 mg/mL의 농도에서 저식염 오징어 젓갈 냉수 및 에탄올 추출물의 α -glucosidase 저해활성은 각각 10.76±0.39~14.11±0.68 및 20.88±0.37~38.22±0.93%의 범위였다. Kim 등(33)은 발효더덕의 유용생리활성 비교 연구에서 1.0 mg/mL 농도에서 55.1%의 본 실험 결과보다 높은 α -glucosidase 저해활성을 보였다. 또한 α -glucosidase 저해제로서 positive control로 사용한 acarbose와 비교하였을 때 활성이 매우 낮

았기 때문에, 오징어 젓갈 용매 추출물은 천연 생리활성 소재로서의 활용 가능성이 미미하다고 판단된다.

β -Glucuronidase 저해활성

젓갈 용매 추출물의 β -glucuronidase 저해활성은 Table 4와 같다. β -Glucuronidase는 간에서 생성되는 유독성 물질을 glucuronic acid conjugate 등으로 무독화 될 때 장에서 이 결합을 끊어 주고 발암원인을 제공하여 대장암을 일으키므로, 항대장암 활성의 지표로 사용이 된다(34). 20 mg/mL의 농도에서 저식염 오징어 젓갈 냉수 및 에탄올 추출물의 β -glucuronidase 저해활성은 각각 39.7±0.9~41.6±1.7 및 34.9±1.1~40.0±0.9%의 범위로 매우 낮은 범위로 측정되었다. Choi와 Kim(24)의 koji를 첨가하여 발효한 오징어 내장 조미료 연구에서 β -glucuronidase 저해활성은 농도 의존적으로 증가하였으며, 본 실험의 결과 값보다 높은 12.89 mg/mL의 농도에서 IC₅₀ 값을 보였으나 활성이 매우 낮았다고 보고하였다. 본 실험에서도 이와 마찬가지로 오징어 젓갈 용매 추출물의 β -glucuronidase 저해활성은 미미하다고 보인다.

구성 및 유리아미노산

저식염 젓갈의 구성아미노산 및 유리아미노산 조성은 Table 5와 같다. 아미노산은 화학 구조에 따라 여러 유형으

Table 5. The compositional and free amino acids of the squid *Jeot-gal*

Amino acid compositional	Content (%)	Free amino acid	Content (%)
Asp	9.1	Asp	5.9
Thr	7.5	Thr	2.5
Ser	6.0	Ser	2.7
Glu	4.1	Glu	6.4
Gly	5.9	Gly	3.5
Ala	6.3	Ala	8.6
Val	5.8	Val	4.7
Cys	2.1	Cys	3.5
Met	2.3	Met	3.3
Ile	5.5	Ile	2.6
Leu	10.0	Leu	6.2
Tyr	4.0	Tyr	2.2
Phe	4.5	Phe	3.7
Lys	9.6	Lys	0.8
His	2.8	Try	4.0
Arg	9.7	His	3.6
Pro	4.8	Arg	14.6
		Pro	21.2
Total	100.0	Total	100.0

Table 6. Sensory evaluation of squid *Jeot-gal* at different salt concentrations

Complex seasoning (salt content, %)	Taste	Odor	Color	Overall
Squid <i>Jeot-gal</i> (10)	3.37±0.08 ^a	3.45±0.05 ^a	3.47±0.15 ^a	3.30±0.10 ^a
<i>Octopus Jeot-gal</i> (7~8)	3.40±0.10 ^a	3.47±0.16 ^a	3.50±0.10 ^a	3.33±0.12 ^a
Squid <i>Jeot-gal</i> (5)	3.18±0.08 ^b	3.08±0.03 ^b	3.12±0.08 ^b	3.10±0.13 ^b

^{a,b}The mean values with different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

로 존재하며, 영양성분뿐만 아니라 맛 성분에도 기여한다 (34). 구성아미노산은 leucine(10.0%), arginine(9.7%), lysine(9.6%) 및 aspartic acid(9.1%) 순으로 함량이 높았으며, 이들 아미노산은 전체 아미노산 조성의 38.4%를 구성하였다. 유리아미노산은 젓갈류의 향미에 가장 중요한 영향을 미치는 단백질의 분해산물로 알려져 있고, 발효 시에도 중요한 품질지표로 활용되고 있다(25). 유리아미노산의 조성은 proline(21.2%), arginine(14.6%), alanine(8.6%) 및 aspartic acid(5.9%) 순으로 아미노산 전체의 51.3%를 구성하였다. 맛과 아미노산 조성을 살펴보면 단맛을 내는 glycine, alanine, serine, proline의 함량은 36%, 감칠맛과 신맛, 짠맛을 내는 glutamic acid, aspartic acid, lysine의 함량은 14.1%로 전체 아미노산의 50.1%가 맛과 연관성이 있었으며, 쓴맛과 관련된 valine, methionine, leucine, phenylalanine 및 histidine 등의 소수성 아미노산 함량은 약 36.1%였다. 정미성분 중 유리아미노산류가 무기질과 더불어 가장 중요한 정미발현 성분이며, 이 중 특히 glycine, arginine, alanine 및 glutamic acid 등이 중요한 정미발현 성분으로 알려져 있다(35). 본 연구인 저식염 오징어 젓갈의 taste-active components의 함량은 전체 유리아미노산의 절반 이상을 차지하기 때문에 맛에서 우수하다고 판단된다.

관능검사

발효 최적조건에서 제조한 저식염 오징어 젓갈의 관능검사 결과는 Table 6과 같다. 염 농도 5% 오징어 젓갈의 산업적 이용 가능성을 검토하기 위하여 시판되고 있는 식염 7~8% 낙지 젓갈 및 7~8% 오징어 젓갈을 대조구로 하고 맛, 향, 색 및 전체적인 기호도를 비교하였다. 관능검사 결과 식염 7~8% 낙지 젓갈의 맛, 색 및 향은 각각 3.40±0.10, 3.47±0.16 및 3.50±0.10, 식염 10% 오징어 젓갈은 3.37±0.08, 3.45±0.05 및 3.47±0.15 및 식염 5% 오징어 젓갈은 각각 3.18±0.08, 3.08±0.03 및 3.12±0.08로 7~8% 낙지젓갈이 맛, 색 및 향에서 가장 우수한 평가를 받았으며, 10% 오징어 젓갈이 그 뒤를 이었다. 본 연구에서 제조한 5% 오징어 젓갈은 시판되고 있는 젓갈에 비하여 맛, 향 및 색에서 유의수준 5%($p < 0.05$)보다 낮은 값을 보였으나 모두 3점 이상으로 평균 이상의 평가를 받았다. 맛, 색 및 향의 전체적인 기호도는 10% 오징어 젓갈, 7~8% 낙지젓갈 및 5% 오징어 젓갈 각각 3.33±0.12, 3.30±0.10 및 3.10±0.13이었으며, 본 연구에서 제조한 5% 오징어 젓갈은 전체적인 평가 면에서 시판중인 다른 수산발효식품과 큰 차이가 없어 저식염 수산발효식품의 보급 및 정착에 크게 기여할 수 있을 것이라고 판단된다.

요 약

본 연구는 저식염 오징어 젓갈에 대한 과학적 자료를 제공함과 동시에 전통수산발효식품 소비의 확산에 기여하기 위하여 염 농도에 따른 발효기간별 품질특성 측정, 발효최적조건, 유통기한 설정 및 발효최적조건에서 제조한 저식염 오징어 젓갈의 생리활성 등을 연구하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다. 숙성온도가 증가할수록 pH는 급격히 감소하였으며, 기간에 따라 대조구인 10% 젓갈의 pH 변화는 거의 없는 반면 3 및 5% 첨가군은 급격히 감소하였으나 pH 5 이하에서는 서서히 감소하였다. 아미노질소와 휘발성염기질소 또한 발효온도가 증가할수록 각각의 함량이 급격히 증가하였으며 식염의 농도가 낮을수록 휘발성 염기질소의 함량은 증가하였다. 아미노질소의 함량이 최고치가 되는 시점을 최적발효조건 지표로 산출하였으며 그 결과 -1°C에서 저장한 염 농도 3% 젓갈일 때 41일의 최적발효기한을 나타내었다. 저식염 오징어 젓갈의 냉수 및 에탄올 추출물의 항산화 활성, 항당뇨 및 항대장암은 뚜렷한 활성을 보이지 않았으며, 일반성분 함량은 식염과 부재료 첨가로 수분과 회분의 함량에 변화를 보였지만 그 이후 저온저장 하는 기간 동안에는 일정하게 유지된다. 구성아미노산 및 유리아미노산은 glycine, arginine, alanine 및 glutamic acid 등의 함량이 절반 이상을 차지함으로써 맛에서 우수하였고, 관능검사결과는 시중에서 판매하고 있는 젓갈과 비교했을 때 큰 차이를 보이지 않았다. 이상의 결과를 고려할 때 염 농도 3% 젓갈을 -1°C에서 제조, 숙성시킨다면 최근 소비자의 건강상 기호패턴의 변화에 부응시킴과 동시에 전통 수산발효식품의 보급 및 소비 확산에 기여할 수 있을 것이라 판단된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 지방기술혁신사업(RTI05-01-02) 지원으로 수행되었음. 이경국은 교육과학기술부 2단계 BK21핵심사업의 수혜학생임을 밝히며 사의를 표합니다.

문 헌

1. Cho HR, Park UY, Chang DS. 2002. Studies on the shelf-life extension of *Jeotkal*, salted and fermented seafood. *Korean J Food Sci Technol* 34: 652-660.
2. Oh SC, Cho JS, Nam HY. 2000. Changes of the volatile basic nitrogen and free amino acids according to the fermentation of low salt fermented squid. *Korean J Soc Food Sci*

- Technol* 16: 173-181.
3. Kim YM, Lee WM, Jeong YM, Hur SH, Choi SH. 1995. Processing conditions of low-salt fermented squid and its flavor components 2. effects of temperature, salinity and pH on the growth of bacteria from isolated low-salt fermented squid. *J Korean Soc Food Nutr* 24: 631-636.
 4. Jo JH, Oh SW, Kim YM, Chung DH. 1998. Conditions of water activity of raw material and adding level of papain and glucose for processing fermented squid with low salt concentrations. *Korean J Food Sci Technol* 30: 62-68.
 5. Uno T. 1974. Studies on the fermental fishery product-III. Effect of maltitol on the shelf-life of "ika-shiokara". *Monthly Report of Hokkaido Fisheries Experimental Station* 31: 22-23.
 6. Uno T. 1976. Studies on the fermental fishery product-VII. Effect of glycerin and xylose on the shelf-life of "ika-shiokara". *Monthly Report of Hokkaido Fisheries Experimental Station* 33: 19-25.
 7. Son SM, Heo KY. 2002. Salt intake and nutritional problems in Korean. *Korean J Community Nutrition* 7: 381-390.
 8. Lee KH, Kim JH, Lee JW, Lee EM, Kim YJ, Byun MW. 1999. Effects of gamma irradiation on taste compounds in processing of low salted and fermented squid. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 1051-1057.
 9. Cho WI, Kim SM. 2012. The biofunctional activities and shelf-life of low-salt squid *Sikhae*. *Korean J Food Sci Technol* 44: 61-68.
 10. Choi YJ, Kim IS, Cho YJ, Seo DH, Lee TG, Park YB, Park JW. 1999. Peptide properties of rapid salted and fermented anchovy sauce using various proteases: 2. characterization of hydrolytic peptides from anchovy sauce and actomyosin. *Korean J Fish Soc* 32: 488-494.
 11. Kim SM, Bank OD, Lee KT. 1994. The development of squid (*Todarodes pacificus*) Sik-hae in the Kang-nung district 3. The effects of garlic concentrations on the properties of Sik-hae. *Bull Korean Fish Soc* 27: 357-365.
 12. Nissen JA. 1979. Determination of the degree of hydrolysis of food protein hydrolysates by trinitrobenzenesulfonic acid. *J Agric Food Chem* 27: 215-219.
 13. Kim SM, Jeong IH, Cho YJ. 1994. The development of squid (*Todarodes pacificus*) Sik-hae in the Kang-nung district: 1. The effects of fermentation temperatures and periods on the properties of squid Sik-hae. *Bull Korean Fish Soc* 27: 215-222.
 14. Japanese Ministry of Hygiene. 1973. Food sanitation indices. I. Volatile basic nitrogens. p 30-32.
 15. Chim YS. 1991. Analysis of plastics pyrolysis in a thermogravimetric analyzer by an Arrhenius-type rate equation including the effect of transfer lag. *J Korean Institute of Chemical Engineers* 29: 503-511.
 16. Nanjo F, Goto K, Seto R, Suzuki M, Sakai M, Hara Y. 1996. Scavenging effects of tea catechins and their derivatives on 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical. *Free Radic Biol Med* 21: 895-902.
 17. Halliwell B, Hohn M, Gutteridge C, Aruoma OI. 1987. The deoxyribose method: a simple "test-tube" assay for determination of rate constants for reactions of hydroxyl radicals. *Anal Biochem* 165: 215-219.
 18. Joung YM, Park SJ, Lee KY, Lee JY, Suh JK. 2007. Antioxidative and antimicrobial activity of *Lilium* species extracts prepared from different aerial parts. *Korean J Food Sci Technol* 39: 452-457.
 19. Kim KY, Nguyen H, Kurihara H, Kim SM. 2010. α -Glucosidase inhibitory activity of bromophenol purified from the red alga *polyopes lancifolia*. *J Food Sci* 75: 1484-1491.
 20. Vitha S. 2007. Histochemical localization of β -glucuronidase (GUS) reporter activity in plant tissues. Microscopy and Imaging Center, Texas A&M University, College Station, TX, USA.
 21. Kim WJ, Kim SM. 2003. The chemical and microbial characteristics of northern sand lance, *Ammodytes personatus*, sauce manufactured with fermentation acceleration agents. *Korean J Food Sci Technol* 35: 447-454.
 22. AOAC. 1984. *Official methods of analysis*. 13th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
 23. Sinha R, Radha C, Prakash J, Kaul P. 2007. Whey protein hydrolysate: functional properties, nutritional quality and utilization in beverage formulation. *J Food Chem* 101: 1484-1491.
 24. Choi SH, Kim SM. 2011. Quality properties of fermented squid viscera product with *Aspergillus oryzae* koji and its seasoning. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 94-101.
 25. Kim SM, Bank OD, Lee KT. 1994. The development of squid (*Todarodes pacificus*) Sik-hae in the Kang-nung district: 3. The effects of red pepper and grain contents on the properties of Sik-hae. *Bull Korean Fish Soc* 27: 366-372.
 26. Kim YM, Jeong YM, Hong JH. 1993. Processing conditions for low-salted squid Jeotkal. *Bull Korean Fish Soc* 26: 312-320.
 27. Choi SH, Kim SM. 2011. Quality properties of fermented squid seasoning manufactured with fermentation accelerator. *Korean J Food Sci Technol* 43: 334-340.
 28. Halliwell B, John MCG. 1986. Oxygen free radicals and iron in relation to biology and medicine: some problems and concepts. *Arch Biochem Biophys* 246: 501-514.
 29. Park SW, Kim SH, Chung SK. 1995. Antimutagenic effects and isolation of flavonoids from *Humulus japonicus* extract. *Korean J Food Sci Technol* 27: 897-901.
 30. Chang IS, Kim BH, Shin PK. 1997. Use of sulfite and hydrogen peroxide to control bacterial contamination in ethanol fermentation. *Appl Environ Microbiol* 63: 1-6.
 31. Song HS, Eom SH, Kang YM, Choi JD, Kim YM. 2011. Enhancement of the antioxidant and anti-inflammatory activity of *Hizikia fusiforme* water extract by lactic acid bacteria fermentation. *Korean J Fish Aquat Soc* 44: 111-117.
 32. Seo JH, Jeong YJ. 2001. Quality characteristics for Doenjang using squid internal organs. *Korean J Food Sci Technol* 33: 89-93.
 33. Kim SS, Ha HJ, Jeong MH, Ahn JH, Yoon WB, Park SJ, Seong DH, Lee HY. 2009. Comparison of biological activities of fermentate *Codonopsis lanceolata* and fresh *Codonopsis lanceolata*. *Korean J Medicinal Crop* 17: 280-285.
 34. Rhee YK, Kim DH, Han MJ. 1998. Inhibitory effect of *Zizyphi fructus* on β -glucuronidase and tryptophanase of human intestinal bacteria. *Korean J Food Sci Technol* 30: 199-205.
 35. Kang KT, Heu MS, Kim JS. 2007. Development of seasoned and dried squid slice. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 50: 116-120.

(2012년 1월 6일 접수; 2012년 4월 30일 채택)