

## 새우젓 숙성중의 단백질 특성변화에 관한 연구

김병목

중앙대학교 식품가공학과

## Changes in the Properties of Protein during the Fermentation of Salted Shrimp

Byung-Mook Kim

Department of Food Science & Technology, Chung-Ang University, Seoul

### Abstract

The salted small shrimps (*Acetes japonicus*) were fermented for 3 months at room temperature. During the period of fermentation, the changes of shrimp protein properties were determined. The extractability of soluble protein was slightly decreased in 1 month fermentation, but thereafter increased. The contents of 10% TCA soluble fraction were gradually increased during 3 month fermentation, and the rate of 10% TCA soluble fraction/total soluble protein was also greatly increased during the period of fermentation. Sephadex G-100 gel filtration pattern was changed after 1 month fermentation, showing the disappearance of low molecular weight protein peaks, the decomposition and the delay of elution time of main shrimp protein peaks. Polyacrylamide gel disc electrophoresis patterns showed the degradation of main protein bands into lots of smaller bands after 1 month fermentation. The contents of total free amino acids were slightly decreased in 1 month fermentation and then gradually increased during the period of fermentation. The rate of free amino acids/soluble protein was steadily increased during the period of fermentation, but the rate of free amino acids/10% TCA soluble fraction was decreased continually during the period of fermentation. The contents of most free amino acids were increased during the period of fermentation, but those of histidine and arginine were greatly decreased in 1 month fermentation. Ammonia was increased after 1 month fermentation. The pH value of salted shrimp was slowly changed during 3 months of fermentation, showing increase from 7.8 to 8.2.

Key words : shrimp, protein properties, fermentation

### 서 론

젓갈(salted fermented sea foods)은 어패류의 육, 내장, 생식소 등을 염장하여 자가 소화 및 미생물의 작용에 의하여 일정기간 발효시켜 만드는 우리나라 전통적인 수산발효식품이며 독특한 풍미가 있어 예로부터 즐겨 먹어 왔다.

우리나라 연간 젓갈 생산량은 약 8천톤에 이르고 있는데 가장 많이 생산되고 있는 젓갈은 멸치젓과 새우젓으로 각각 전체 생산량의 47%와 25%를 차지하고 있다. 최근 들어서 성게젓, 굴젓, 오징어젓, 갈치내장젓, 대구순대젓, 해삼장자젓, 정어리젓 등 수 많은 종류의 젓갈이 개발 제조되고 있다<sup>(1)</sup>.

젓갈은 오랜 세월을 걸쳐 제조되어 왔으면서도 숙성과정에서 일어나는 식품화학적 mechanism이 아직 체계

있게 연구되어 있지 못한 것이 사실이며 젓갈의 제조방법 및 숙성 도중의 과학적인 관리요령도 아직 체계있게 확립되어 있지 못한 실정이다. 그러므로 젓갈 제조의 재래적인 원시방법을 탈피하고 보다 합리적이고 공업적인 제조방법을 개발하기 위해서는 젓갈 숙성의 기본적인 mechanism을 연구하지 않으면 안된다.

이제까지 우리나라에서 주로 연구된 것은 젓갈류의 증미성분에 대한 연구<sup>(2,3,4)</sup>, 저염 수산발효식품에 관한 연구<sup>(5,6,7,8)</sup>, 젓갈 숙성중의 어육단백질 분해에 관한 연구<sup>(9)</sup>, 젓갈 제조에 있어 소금을 KCl로 대체시키는 연구<sup>(10)</sup>, 젓갈의 풍미와 저장성을 증가시키기 위하여 sorbitol, glycerin, 젓산, ethanol 등을 첨가하는데 따른 연구<sup>(11)</sup>, 젓갈에 첨가한 부원료 및 항산화제의 영향<sup>(12)</sup> 등이다. 이와 비슷한 연구는 가까운 일본에서도 많이 연구되어 왔으며 구미 지역에 있어서는 주로 low sodium/high

potassium fermented sauces, 염장품 중의 halophilic bacteria 등에 관한 연구<sup>(17,18,19)</sup> 등이 이루어져 왔다.

그러나 젓갈의 숙성은 일반적으로 자가효소의 작용에 의한 어육단백질의 분해 과정이며 이 때 생성되는 아미노산과 각종 미생물의 작용에 의하여 생성되는 풍미성분과의 조화에 의하여 맛있는 제품이 형성되어가는 일련의 식품화학적 반응이다.

그러므로 젓갈 숙성의 원리를 바로 이해하고 젓갈 제조의 과학적인 근거를 확립하기 위해서는 젓갈 숙성중에 일어나는 단백질의 특성을 연구하는 것이 가장 중요하다.

따라서 본 연구에서는 젓갈 숙성 mechanism을 규명하고 이에 관련된 젓갈의 제조 및 품질관리상에 필요한 기술적인 자료들을 유출해냄으로서 합리적이고 체계적인 젓갈 제조기술을 개발할 목적으로 젓갈 숙성중의 단백질의 특성변화를 연구한 바 그 성적을 여기에 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 젓갈의 제조

실험에 사용한 젓새우(*Acetes japonicus*)는 경기도 인천 소라부두에서 신선한 것을 구입하여 즉석에서 깨끗한 물로 세척한 후 약 25%의 소금에 버무려 작은 유리병(300ml)에 나누어 넣은 후 밀봉하여 실온에서 숙성시켰다.

### 시료액의 조제

숙성기간 1개월 간격으로 각각 젓갈 100g씩을 취하여 증류수 100ml씩을 넣고 파쇄한 후 가체에 넣고 압착하여 얻어진 액을 5°C, 12,000rpm으로 20분 원심분리하여 투명한 액을 얻었다. 이 액은 visking tube(#30/32)를 사용하여 증류수에서 24시간 투석시킨 후 다시 5°C, 12,000rpm에서 20분간 원심분리하여 침전물을 제거한 다음 -20°C로 동결시켜 보관하면서 시료액으로 사용하였다.

### Sephadex G-100 gel 여과

농축된 시료액을 0.01M phosphate buffer(pH 7.0)로 평형시킨 Sephadex G-100 column(1.5×75cm)에 주입하고 7.0ml/h의 유속으로 gel 여과 시켰다.

### Polyacrylamide gel 전기영동

Polyacrylamide gel disc 전기영동은 주로 Ornstein<sup>(20)</sup>과 Davis의 방법<sup>(21)</sup>을 따랐다. 즉 7.5% acrylamide(pH 8.3)를 100×5mm pyrex tube에 넣고 gel 화 시켜 시료(단백질 약 200ug 상당)를 주입하고 tris-glycine buffer(pH 8.3)에서 bromophenol blue(BPB)를 tracer로 하여 3mA/tube의 전류를 통하여 영동시켰다. 영동이 끝난 gel은 1% amidoblack in 7% acetic acid로 4시간 염색한 후 7% acetic acid로 탈색하였다. 탈색이 끝난 gel은 Gelman Science ACD-18 Densitometer를 사용하여 파장 550nm, slit 2×5mm에서 scanning 하였다.

### 단백질 정량

단백질 함량은 Lowry 등의 방법<sup>(22)</sup>에 의하여 측정하였다. 표준 단백질로서는 bovine serum albumin을 사용하였다.

### 총 유리아미노산의 정량

시료액 5ml에 95% ethanol 20ml를 넣고 하루동안 방치하여 단백질, peptide 등을 침전시킨 다음 여과하여 얻은 액을 감압 농축시킨 후 증류수로 5ml 정용하여 총 유리아미노산을 정량하였다. 총 유리아미노산은 Cocking과 Yemm의 ninhydrine 법<sup>(23)</sup>에 의하여 측정하였다. 즉 아미노테질소 0.05~5.6μg을 함유하는 시료 1ml에 0.2M citrate buffer(pH 5.0) 0.5ml를 섞고 여기에 ninhydrin 시약(ninhydrin 2.5g/methylcellosolve 250ml) 0.2ml, KCN 용액(0.01M KCN 5ml + methyl-cellosolve 250ml) 1ml를 섞은 후 15분간 가열비등시킨 후 60% ethanol 3ml를 가하여 570nm에서 흡광도를 측정하고 표준곡선에서 유리아미노산량을 계산하였다.

### 아미노산 조성 측정

시료 0.5g에 75% EtOH 40ml를 가하여 하루밤을 두었다가 상등액을 모으고 다시 40ml를 가하여 70°C 물통에서 30분간 환류추출(2회)하여<sup>(24,25)</sup> 상등액을 모아 35°C에서 감압 건조시켰다. 다시 70% acetone을 넣어 원심분리하여 상등액을 감압 건조한 후 0.01N HCl로 녹여 5ml로 정용하였다. 처리된 시료액은 milipore filter(Gelman 사)를 통과시킨 후 10μl를 HPLC(Varian 5020, USA)에 주입시켜 아미노산을 정량하였다.<sup>(26,27)</sup>

HPLC에 의한 아미노산 정량은 LC post column reaction programming method for hydrolysate amino acid analysis에 의하였으며 Fluorichrom 350nm ex' 450nm em에서 Fluorescence detection 하였다.

**pH 측정**

pH meter(Fisher Model 325)를 사용하여 측정하였다.

**결과와 고찰**

**가용성 단백질의 추출물**

젓갈 숙성중의 가용성 단백질의 추출율을 측정한 결과는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 신선한 원료의 것보다 숙성 1개월 된 것이 크게 떨어지나 그 이후 숙성이 더 진행됨에 따라 추출율은 점차 증대되었다. TCA 가용성 획득(trichloro acetic acid soluble fraction)은 숙성 1개월 이후 서서히 증가되며 총 가용성 단백질에 대한 백분율도 크게 증대되었다.

이 현상은 주로 젓갈의 숙성 기간중 단백질의 변화가 숙성 1개월을 고비로 이루어지고 있음을 나타내는 것으로 해석된다. 숙성 초기에는 고농도의 식염첨가로 어육단

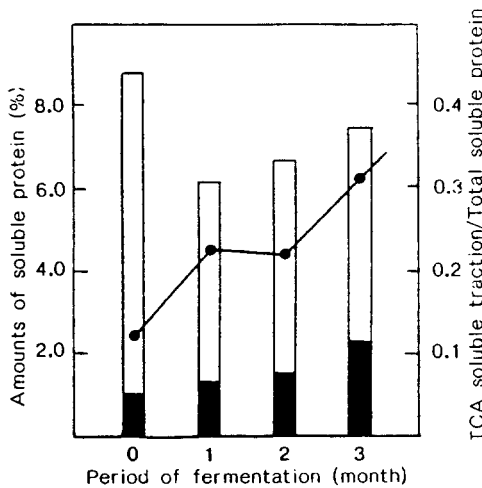


Fig. 1. Amounts of soluble protein extracted from salted shrimp during fermentation. □: total soluble protein, ■: TCA soluble fraction. ●—●: TCA soluble fraction/total soluble protein.

백질이 염석등 물리적 변성을 일으켜 용해도가 떨어지나 숙성 1개월이 지나면 자가효소 등의 작용으로 화학변화를 일으켜 점차 용해도가 증대되고 특히 TCA 가용성 획득의 함량이 현저히 증대되는 것으로 보여진다.

**Sephadex G-100에 의한 Gel여과**

젓갈 숙성중의 단백질의 Sephadex G-100에 의한 gel 여과 pattern은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 숙성 초기의 것은 6개의 크고 작은 peak로 나타내고 있으나 숙성 1개월 이후에는 앞쪽의 peak 2개만 남게 되고 뒷쪽의 peak 4개는 소멸되었다. 이는 앞서 가용성 단백질의 추출물에서도 고찰된 바와 같이 단백질의 변화가 숙성 1개월을 고비로 이루어지고 있음을 나타내고 있다. 즉 숙성 1개월에 이미 뒷쪽 4 peak 부분에 해당하는 분자량이 작은 단백질은 모두 가수분해되어 peptide나 아미노산 등의 형태로 분산 유출된 것으로 해석된다. 또 남아 있는 앞

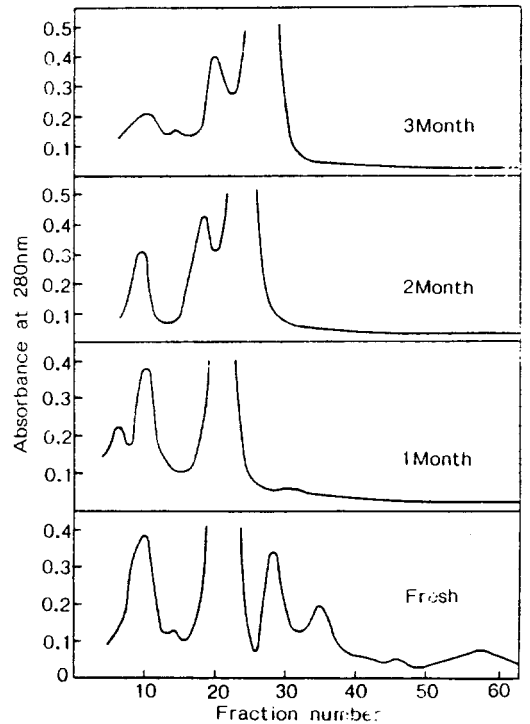


Fig. 2. Gel-filtration of salted fermented shrimp protein through Sephadex G-100. Column size: 1.3×60cm, eluting solvent: 0.01M Na-phosphate buffer(pH 7.0), flow rate: 12ml/h, fraction volume: 4.5ml/tube.

쪽의 peak 2개는 다시 숙성기간이 흐름에 따라 변화를 일으켜 앞쪽의 것은 점차 높이가 낮아지고 편만해 가는 경향을 보였으며 뒷쪽의 것은 2개의 peak로 갈라지면서 뒤로 밀려 나오는 경향을 나타내었다.

이는 앞쪽 peak 부분에 해당하는 분자량이 큰 단백질도 숙성기간이 더욱 길어짐에 따라 그의 말단 부분이 분해 절단되어 이탈되기 때문에 다소 왜소화 되어 용출속도가 늦어진 것으로 해석되며 일부 다른 단백질은 숙성중 분해되어 분자량이 작은 단백질로 분리 용출되고 있는 것으로 생각된다. 또 흔히 사용하는 Sephadex gel 여과의 경우 단백질의 형태(shape)나 점성(viscosity)의 변화도 그의 용출속도에 영향을 주는 것으로 알려져 있는데 여기서 용출속도가 늦어진 것이 이들 원인과 관련되어 있는가 하는 점에 대해서는 아직 확인된 바 없다.

**Polyacrylamide gel 전기영동**

젓갈 숙성중의 단백질의 polyacrylamide gel 전기영동 pattern은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 숙성 초기의 것은 2개의 뚜렷한 band와 4개의 희미한 band를 나타내었으나 숙성 1개월 이후부터는 뚜렷했던 band들이 가느다란 band들로 쪼개어져 분산되는 경향을 나타내었다. 이들 band들은 숙성기간이 흐름에 따라 더욱 희미해지는 경향을 나타내었다. 결국 이것은 숙성이 진행됨에 따라 단백질 분자의 부분적인 분해나 또는 유리기의 변화가 일어나 분자량의 차이와 더불어 전하 차이를 일으켜 나타난 현상으로 보인다. 왜냐하면 이것은 일반적으로 전기영동에서의 단백질의 이동도(mobility)가 주로 단백질의 분자량과 전하량에 의해 결정되는 것이기 때문인데 우선 Fig. 3에서 이동도가 큰 ⊕ 전극쪽의 뚜렷한 band에 해당되는 단백질은 음전하가 크고 분자량이 작은 것일 가능성이 크고 또 이동도가 작고 ⊖ 전극쪽에 분포된 band들에 해당되는 단백질은 음전하가 작고 분자량이 큰 것일 가능성이 크다. 이러한 전제하에 보건데 숙성 1개월에는 주로 음전하가 크고 분자량이 작은 것의 변화가 크게 일어난 것으로 보이며 숙성기간이 길어지면서 음전하가 작고 분자량이 큰 단백질의 변화가 일어나 숙성 3개월에 현저한 차이를 나타내고 있는 것으로 보인다. 이러한 현상은 앞서 sephadex gel 여과에서의 결과와 일치되는 현상으로 해석된다. 그러나 이것이 곧 단백질의 분리 또는 해리를 의미하는지는 확실하지 않다.

**총 유리아미노산 함량과 조성**

젓갈 숙성중의 총 유리아미노산의 함량은 Fig. 4에서

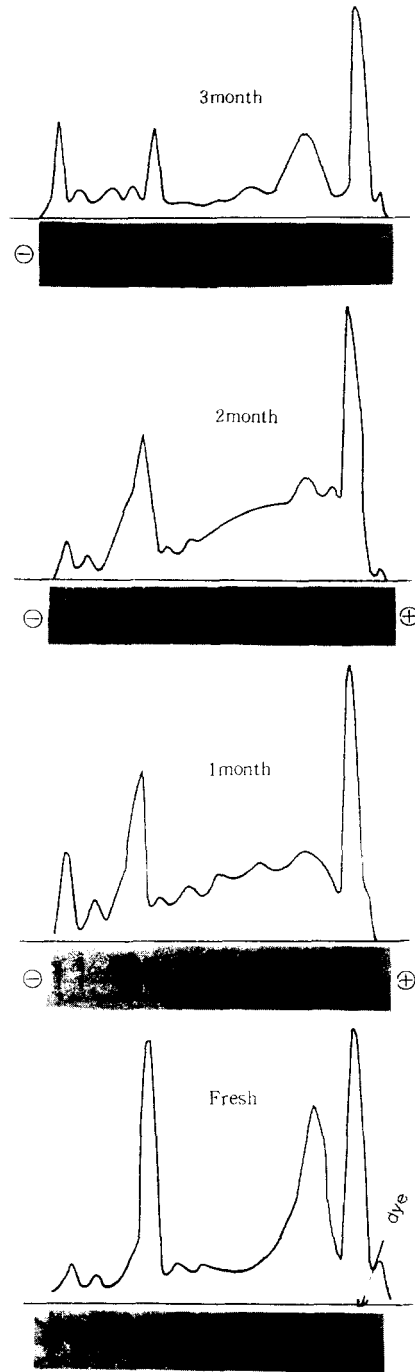


Fig. 3. Polyacrylamide gel disc electrophoresis patterns and densitometric tracing at 550nm of salted fermented shrimp protein. Electrophoresis was carried out in 7.5% polyacrylamide gel at pH 8.3.

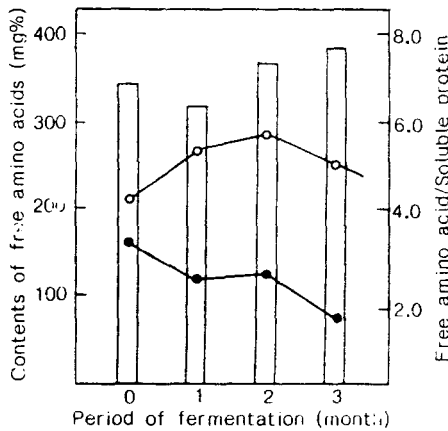


Fig. 4. Amounts of free amino acids extracted from salted shrimp during fermentation. □: free amino acid, ○: free amino acid/total soluble protein(×10), ●: free amino acid/TCA soluble fraction(×10).

보는 바와 같이 숙성 1개월에는 다소 감소되었으나 그 이후에는 다시 증가되었다. 총 유리아미노산/가용성 단백질의 비는 숙성 도중 계속 증대되다가 숙성 3개월에는 다소 감소되는 경향을 보였으며 총 유리아미노산/10% TCA 가용성 획분의 비는 숙성 도중 계속 감소되는 경향을 나타내었다.

이것은 젓갈 숙성중 생성되는 유리아미노산 함량의 증가율이 가용성 단백질 함량 증가율보다 더 큰 것을 의미하며, 한편 숙성 도중 단백질 분해 생성물은 유리아미노산 이외에 소분자의 peptides 가 더욱 많이 생성되는 것으로 고찰된다.

젓갈 숙성중의 각(各) 유리아미노산 함량은 Table 1에서 보는 바와 같이 숙성 1개월에 급격히 변화되어 증가 또는 감소 추세를 나타내었고 그 이후에는 숙성 3개월 동안 계속 증가되는 추세를 보였다. 특히 threonine, glutamic acid, isoleucine, leucine, tyrosine, phenylalanine 등은 숙성 1개월에 약 2배 정도에 이르렀고, aspartic acid, lysine 등도 1.5배 정도에 이르렀다. Serine, alanine, valine 등은 숙성 1개월에는 큰 증가율은 나타내지는 않았으나 역시 꾸준한 증가율을 보여 숙성 3개월에는 1.5-2배 정도에 이르렀다. 한편 새우젓에 특히 많은 함량을 가지고 있는 glycine 과 arginine 은 숙성기간중 조성변화가 일정치 않았으나 대체로 감소된 경향을 나타내었고 histidine 과 arginine 은 숙성 1개월에 크게 감소되었으며 그 이후에도 크게 증가되지 않았

Table 1. Amounts of free amino acids extracted from salted shrimp during fermentation (mg/100g)

Amino acids	Period of fermentation (month)			
	0	1	2	3
Aspartic acid	2.1	3.5	4.0	4.4
Threonine	5.3	10.9	9.7	14.7
Serine	6.1	6.9	9.2	9.7
Glutamic acid	14.9	24.0	26.5	34.2
Glycine	129.6	76.9	120.3	91.9
Alanine	26.1	32.0	44.9	38.1
Valine	5.5	7.2	10.2	12.9
Methionine	0.0	0.0	0.6	0.0
Isoleucine	2.8	5.0	6.0	0.0
Leucine	4.9	12.0	14.0	14.2
Tyrosine	0.7	2.3	2.3	2.4
Phenylalanine	1.4	3.4	4.3	4.5
Ammonia	21.7	43.2	28.4	39.7
Lysine	16.4	26.3	23.6	44.2
Histidine	14.3	2.8	2.1	5.3
Arginine	47.3	15.2	23.3	18.4
Total	301.1	271.6	329.4	340.0

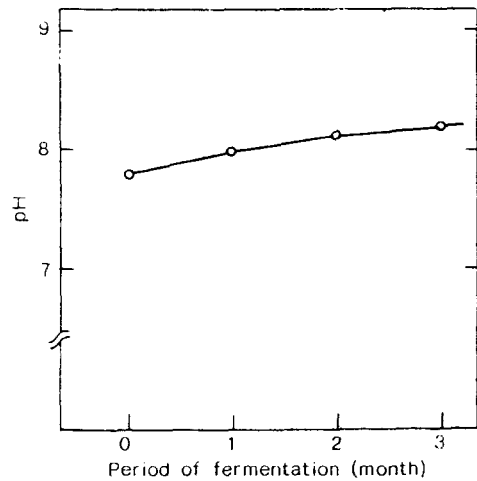


Fig. 5. pH changes of salted shrimp during fermentation.

다. 결국 이것이 원인이 되어 총 유리아미노산 함량이 숙성 1개월에 다소 감소된 결과를 나타내게 되었다.

**pH 변화**

젓갈 숙성기간중 pH 변화는 Fig 5에서 보는 바와 같이 숙성기간이 흐름에 따라 조금씩 증가되어 초기 pH 7.

8 이었던 것이 숙성 3개월에 가서는 pH 8.2가 되었다.

이는 숙성기간이 흐름에 따라 lysine 등의 염기성 아미노산의 증가와 특히 암모니아의 증가에 기인된 것으로 해석된다.

## 요 약

신선한 젓새우(*Acetes japonicus*)를 재료로 하여 상법에 의해 젓갈을 담근후 실온에서 3개월간 숙성시켰다. 숙성 도중 어육단백질의 특성 변화를 검토해 본 결과, 가용성 단백질의 추출율은 숙성 초기보다 1개월 숙성품이 다소 떨어지나 그 이후는 점차 증가되었다. 10% TCA 가용성 획분은 숙성 1개월 이후 서서히 증가되며 총 가용성 단백질에 대한 백분율도 점차 증대되었다. Sephadex G-100에 의한 gel 여과 pattern은 숙성 초기의 것은 6개의 크고 작은 peak를 나타내고 있으나 숙성 1개월 이후에는 뒷쪽의 peak 4개는 사라지고 다시 숙성기간이 흐름에 따라 남은 두 peak 중 앞쪽의 것은 점차 편만해지는 경향을, 그리고 뒤의 것은 다시 두개의 peak로 분해되면서 유출속도가 늦어지는 경향을 나타내었다. Polyacrylamide gel 전기영동의 pattern은 숙성 초기의 것은 2개의 뚜렷한 band와 4개의 희미한 band를 나타내었으나 숙성 1개월 이후부터는 뚜렷했던 band들이 가느다란 band들로 조개어져 분산되는 현상을 나타내었다. 이들 band들은 숙성기간이 흐름에 따라 더욱 희미해지는 경향을 나타내었다. 총 유리아미노산의 함량은 숙성 1개월에는 감소되었다가 그 이후에는 다시 증가되었으며 유리아미노산/가용성 단백질의 비는 숙성 도중 계속 증대되다가 숙성 8개월에 다소 감소되는 경향을 나타내었으나 유리아미노산/10% TCA 가용성 획분의 비는 숙성기간중 계속 감소되는 경향을 나타내었다. 숙성기간중 대부분의 유리아미노산 함량은 숙성 1개월에 급격히 증가되어 2배 정도에 이르렀으나 histidine과 arginine은 숙성 1개월에 급격히 감소되었다. 새우젓에 많은 함량을 가지고 있는 glycine과 arginine은 숙성기간중 조성변화가 일정하지 않았다. 암모니아 함량은 숙성 1개월 이후에 현저히 증가되었다. 젓갈의 pH도 숙성기간중 서서히 증가되었다.

## 감사의 말

이 연구는 중앙대학교 교내연구비 지원으로 이루어졌음을 밝히며 감사사를 드린다. 또한 본 연구 수행에 있어 실

험실 편의를 제공해 주시고 많은 조언을 해 주신 미국 Univ. of Arkansas 교수 Dr. Ron W. Buescher에게 감사사를 드린다.

## 문 헌

1. 김병목·이성갑 : 수산식품가공학, 진로연구사, 서울, p. 254(1982)
2. 이계호 : 젓갈 등속의 증미성분에 관한 미생물학적 및 효소학적 연구, 한국농화학회지, 11, 1(1969)
3. 정승용·이영호 : 새우젓의 증미성분에 관한 연구, 한국수산학회지, 9(2), 79(1976)
4. 이영호·김세권·전중균·김정균 : 멸치젓의 증미성분, 부산수산대연보, 22(1), 13(1982)
5. 차용준·조순형·오광수·이영호 : 저염 수산발효식품의 가공에 관한 연구 2. 저염 정어리젓의 증미성분, 한국수산학회지, 16(2), 140(1983)
6. 차용준·정수열·하재호·정인철·이영호 : 저염 수산발효식품의 가공에 관한 연구 3. 저염 정어리젓의 미생물상의 변화, 한국수산학회지, 16(3), 211(1983)
7. 차용준·박향숙·조순영·이영호 : 저염 수산발효식품의 가공에 관한 연구 4. 저염 멸치젓의 가공, 한국수산학회지, 16(4), 363(1983)
8. 이영호·박영호 : 수산식품의 가공 및 저장중의 핵산관련물질의 변화에 관한 연구, 한국수산학회지, 4(1), 31(1970)
9. 이강호 : 젓갈숙성중의 어육단백질 분해에 관한 연구, 부산수산대학연보, 8(1), 51(1968)
10. 차용준·이영호 : 저식염 수산발효식품이 가공에 관한 연구, 한국수산학회지, 18(3), 206(1985)
11. 이영호·차용준·이종수 : 저염 수산발효식품의 가공에 관한 연구 1. 저염 정어리젓의 가공조건, 한국수산학회지, 16(2), 133(1983)
12. 조갑숙·김성준·이영호 : 어육소시지 부원료에 대한 세균학적 연구, 한국산업미생물학회지, 8(3), 155(1980)
13. 岡田安司, 天野武雄, 竹内徳男, 好井久雄 : 低食鹽たまりの試作について, 日食工誌, 28(4), 33(1981)
14. 宇野勉, 竹谷弘, 金兼吉 : 水産醗酵食品に關する試驗, 北水試月報, 20(2), 23(1972)
15. 森勝美, 信濃晴雄, 秋場稔 : イカ鹽辛熟成中の好氣性細菌について, 日水誌, 45(6), 771(1979)
16. 清水康美, 吉橋樹雄, 西雄陽子 : 糖アルコールが微生物の發育抑制に及ぼす效果, New Food Ind., 17(8), 8(1975)
17. Cafmirand, W., Randall, J., Papper, K. and Andich, B. : Low sodium-high potassium fermented sauces, Food Technol., 37(4), 81(1983)

18. Dussaut, H.P. : The fate of red halophilic bacteria in solar salt during storage, *Intern. symposium of food microbiol.*, p.66(1957)
19. Flennarry, W.L. : Currant status of knowledge of halophilic bacteria. *Bacteriol. Review.*, **20**, 40(1956)
20. Ornstaun, L. : Disc electrophoresis I. Background and theory, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **121**, 321(1964)
21. Davis, B.J. : Disc electrophoresis II. Method and application to human serum proteins. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **121**, 404(1964)
22. Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L., and Randall, R.J. : Protein measurement with the Folin-phenol reagent, *J. Biol. Chem.*, **193**, 265(1951)
23. Cocking, E.C. and Yemm, E.W. : Estimation of amino acid by ninhydrin, *Biochem. J.*, **58**, xii (1954)
24. 박훈·전재근·조인호 : 비중선별 현미중 유리아미노산 함량, *한국농화학회지*, **15**, 35(1972)
25. 황종규·양희천 : 인삼종자 형성에 대한 생화학적 연구 II. 최아과정에 있어서의 유리아미노산이 소장, 인삼문헌특집(중앙전매기연), **5**, 103(1974)
26. Amino acid analysis system operator's manual, Millipore Waters Chromatography Division(1983)
27. Heinkson, R.L. and Meredith, S.C. : Amino acid analysis by reverse-phase high-performance liquid chromatography : Precolumn derivation with phenylisothiocyanate, *Anal. Biochem.*, **136**, 65(1984)

---

(1988년 9월 22일 접수)