

博士學位論文

초고압처리에 따른 고추장의  
품질 변화



제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY  
濟州大學校 大學院

食品工學科

金 奉 五

2002年 12月

# 초고압처리에 따른 고추장의 품질 변화

指導教授 任 尙 彬  
金 奉 五

이 論文을 工學 博士學位 論文으로 提出함

2002年 12月

金奉五의 工學 博士學位 論文을 認准함

審査委員長 宋 大 鎭 印  
委 員 金 洙 賢 印  
委 員 河 璫 桓 印  
委 員 金 正 煥 印  
委 員 任 尙 彬 印

濟州大學校 大學院

2002年 12月

# Quality Changes in *Kochujang* treated by High Hydrostatic Pressure

Bong-Oh Kim

(Supervised by professor Sangbin Lim)



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
DOCTOR OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND ENGINEERING  
GRADUATE SCHOOL  
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

December, 2002

# 目 次

List of Figures .....	IV
List of Tables .....	V
Summary .....	1
I. 序 論 .....	3
II. 研 究 史 .....	6
2.1. 고추장 .....	6
2.1.1. 고추장의 역사 .....	6
2.1.2. 공장산 고추장의 생산 추이 .....	7
2.1.3. 고추장의 제조 방법과 품질 .....	9
2.1.3.1. 고추장의 제조 방법 .....	9
2.1.3.2. 고추장의 품질 특성 .....	9
2.1.3.3. 고추장의 숙성 과정 중 품질 변화 .....	13
2.1.3.4. 고추장의 저장성 증진 .....	16
2.1.3.5. 고추장의 기능성 .....	20
2.1.3.6. 공장산 고추장의 문제점 .....	20
2.2. 초고압 가공 .....	21
2.2.1. 고압처리의 원리 .....	21
2.2.2. 미생물에 대한 초고압 처리효과 .....	22
2.2.2.1. 형태적 변화 .....	22
2.2.2.2. 미생물에 대한 작용 양상 .....	23

2.2.2.3. 식품의 고압살균 .....	24
2.2.2.4. 내열성 포자의 고압살균 .....	25
2.2.3. 발효식품에 고압처리의 응용 .....	26
<b>Ⅲ. 材料 및 方法 .....</b>	<b>29</b>
3.1. 고추장 제조 방법 .....	29
3.2. 고추장의 열처리 방법 .....	29
3.3. 고추장의 초고압처리 방법 .....	29
3.4. 저장 실험 방법 .....	30
3.5. 생균수 측정 .....	30
3.6. pH, 적정산도, 아미노태질소 측정 .....	31
3.7. 에탄올 정량 .....	31
3.8. 환원당 정량 .....	32
3.9. 색도 측정 .....	32
3.10. 통계처리 .....	32
<b>Ⅳ. 結果 및 考察 .....</b>	<b>33</b>
4.1. 초고압 처리에 따른 고추장의 품질 변화 .....	33
4.1.1. 초고압 처리조건에 따른 고추장의 생균수 변화 .....	33
4.1.2. 초고압 처리조건에 따른 고추장의 이화학적 성질의 변화 .....	36
4.1.3. 초고압 처리조건에 따른 고추장의 색도 변화 .....	39
4.1.4. 초고압 처리조건에 따른 고추장의 저장 중 생균수 변화 .....	41
4.1.5. 초고압 처리조건에 따른 고추장의 저장 중 이화학적 성질의 변화 .....	43
4.1.6. 초고압 처리조건에 따른 고추장의 저장 중 색도의 변화 .....	47
4.2. 열과 초고압으로 처리한 고추장의 저장 중 품질 변화 .....	49
4.2.1. 열과 초고압으로 처리한 고추장의 저장 중 생균수 변화 .....	49

4.2.2. 열과 초고압으로 처리한 고추장의 저장 중 pH와 적정산도의 변화	52
4.2.3. 열과 초고압으로 처리한 고추장의 저장 중 아미노태질소, 환원당, 에탄올 함량의 변화	55
4.2.4. 열과 초고압으로 처리한 고추장의 저장 중 색차의 변화	58
要 約	60
參考文獻	62



## List of Figures

- Fig. 1. Schematic diagram of high pressure processor ..... 30
- Fig. 2. Changes in viable cell counts of *Kochujang* treated with different high hydrostatic pressures at 73°C during storage at 37°C ..... 42
- Fig. 3. Changes in viable cell counts of *Kochujang* treated with heat and high hydrostatic pressure during storage at 37°C ..... 51



## List of Tables

Table 1. Annual <i>Kochujang</i> production .....	8
Table 2. Changes in viable cell counts of <i>Kochujang</i> treated with high hydrostatic pressure .....	35
Table 3. Changes in pH and titratable acidity of <i>Kochujang</i> treated with high hydrostatic pressure .....	37
Table 4. Changes in amino nitrogen, reducing sugar and ethanol content of <i>Kochujang</i> treated with high hydrostatic pressure .....	38
Table 5. Changes in Hunter L, a and b values of <i>Kochujang</i> treated with high hydrostatic pressure .....	40
Table 6. Changes in pH and titratable acidity of <i>Kochujang</i> treated with high hydrostatic pressure at 73°C during storage at 37°C .....	45
Table 7. Changes in amino nitrogen, reducing sugar and ethanol of <i>Kochujang</i> treated with high hydrostatic pressure at 73°C during storage at 37°C .....	46
Table 8. Changes in Hunter L, a and b values of <i>Kochujang</i> treated with high hydrostatic pressure at 73°C during storage at 37°C .....	48
Table 9. Changes in pH and titratable acidity of <i>Kochujang</i> treated with heat and high hydrostatic pressure during storage at 37°C .....	54
Table 10. Changes in amino nitrogen, reducing sugar and ethanol content of <i>Kochujang</i> treated with heat and high hydrostatic pressure during storage at 37°C .....	57

Table 11. Changes in Hunter L, a and b values of *Kochujang* treated with heat and high hydrostatic pressure during storage at 37°C .....59



## Summary

*Kochujang*, fermented hot pepper paste, was treated with combined high hydrostatic pressure and heat. Viable cell counts and chemical compositions of *Kochujang* were determined as a function of high pressure processing conditions such as temperature, pressure and time, and during storage for 120 days at 37°C. Viable cell counts decreased with the increase of temperature, pressure and time. Viable cell counts in the treated *Kochujang* decreased up to 0~3 log cycle with the temperature of 49~73°C, 0~3 log cycle with the pressure of 380~680 MPa, and 2~5 log cycle with the treatment time of 10~70 min, compared with the untreated. pH, titratable acidity, amino nitrogen, reducing sugar and ethanol content in the treated *Kochujang* were comparable to the untreated regardless of the treatment condition. Hunter L, a and b values in the treated *Kochujang* were higher than those of the untreated. Viable cell counts decreased with the increase of the storage period at 37°C. Viable cell counts in *Kochujang* treated at 380 MPa/30 min decreased up to 2 log cycle from  $1.8 \times 10^6$  to  $1.9 \times 10^4$  CFU/g after 120 days of storage, while those at 680 MPa/70 min were not detected after 60 days from the initial stage of  $4.0 \times 10^1$  CFU/g. pH, amino nitrogen and ethanol content decreased, and titratable acidity increased significantly as the increase of the storage period. Hunter L, a and b values also decreased significantly. The changes in physicochemical properties of *Kochujang* treated at 680 MPa/70 min were greater than those at 380 MPa/30 min.

Effects of high pressure and thermal pasteurization on the survival of microorganisms and quality changes of *Kochujang* during 120 days of

storage at 37°C were investigated. Viable cell counts were  $1.4 \times 10^6$  CFU/g in the heat-treated, and  $1.5 \times 10^3$  CFU/g in the pressure-treated, and decreased up to 3 log cycle, compared with  $3.7 \times 10^6$  CFU/g in the untreated *Kochujang*. Viable cell counts decreased up to 2 log cycle from  $3.7 \times 10^6$  to  $5.4 \times 10^4$  CFU/g in the untreated *Kochujang*, 4 log cycle from  $1.4 \times 10^6$  to  $3.1 \times 10^2$  CFU/g in the heat-treated after 120 days of storage, while those in the pressure-treated were not detected after 90 days from the initial stage of  $1.5 \times 10^3$  CFU/g. pH decreased significantly during storage. Titratable acidity increased significantly during storage, and the pressure-treated *Kochujang* showed lower values than the untreated and higher values than the heat-treated. Amino nitrogen content decreased significantly during storage, and the pressure-treated *Kochujang* showed higher values than the heat-treated and lower values than the untreated.

There were no significant changes in reducing sugar and ethanol content regardless of the treatment condition and the storage period. Hunter L, a and b values decreased significantly during storage. In the untreated *Kochujang*, the changes in color accelerated compared with the heat and pressure-treated.

## I. 序 論

우리나라 고유의 전통 발효식품인 고추장은 고추의 매운맛, 소금의 짠맛, 전분질 분해산물인 당류에 의한 단맛, 콩단백질 분해산물인 아미노산과 핵산에 의한 구수한 맛이 서로 조화를 이루어 고유의 풍미를 자아낸다. 고추장의 맛을 내는 발효산물은 주로 고추장 메주에 함유되어 있는 효소와 미생물에 의하여 생성되는데, 고추장에는 약  $10^7 \sim 10^8$  CFU/g의 미생물이 존재하는 것으로 알려져 있다(Kim 등, 1998a). 고추장은 메주 중의 세균이나 곰팡이류가 분비하는 효소작용에 의하여 전분질이나 단백질 등의 원료성분이 저분자 물질로 분해되고, 숙성과정 중에 내염성 효모와 젖산균의 작용으로 유기산, 알콜 등의 발효 대사산물이 맛이나 향에 관여하여 풍미의 조화를 이룬다(Shin 등, 1996b). 고추장 발효 중 미생물의 증식 양상은 세균의 경우 일정수준을 유지하거나 감소하는 경향이고, 곰팡이는 발효 초기부터 균수가 급격히 감소하나 효모는 발효 초기에 그 균수가 증가한다(Kim 등, 1998a).

고추장은 유통 중에 미생물에 의한 과도한 발효와 미생물 유래 효소에 의한 성분의 분해 및 변질로 인하여 품질 저하를 초래한다. 이를 방지하기 위하여 공장산 고추장인 경우 살균을 하거나 소량의 알콜을 첨가하지만 유통 중 가장 큰 문제는 포장내 가스 발생과 변색으로 알려져 있는데, 이는 고추장 특유의 물성에 따른 살균의 어려움(Yoo와 Choi, 1999)과, 콩단백질의 분해산물과 고농도의 당이 다량 함유되어 있기 때문에 열처리과정 중 변색이 그 요인으로 지적되고 있다(Jung 등, 1996).

지금까지 식품의 안전성과 저장성을 향상시키기 위하여 식품의 살균은 대부분 가열처리에 의하여 행하여져 왔는데, 가열처리로 공유결합이 절단 또는 생성되어 식품의 풍미변화를 일으키고, 조직의 연화, 갈변 및 영양성분의 손실에 의한 품질저하 등의 문제점을 갖고 있다(Lee 등, 1996). 특히 고추장은 반고체 상태의 유동성 식품으로 점성이 큰 슬러지 상태의 식품이기 때문에 가열에 의

한 살균 또한 용이하지 않으므로(Yoo와 Choi, 1999; Jung 등, 1994) 가열 살균한 공장산 고추장의 경우에도 유통기간 중 부풀어오르거나 품질이 나빠지는 문제점을 안고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위한 비가열 처리법에는 전자기 조사, 전자파 조사, 광 펄스, 초고압 처리, CO<sub>2</sub> 처리, 양이온 고분자 물질의 첨가, 항균제, 항균성 효소의 이용 등이 있다. 그 중 특히 초고압 처리기술은 미생물의 살균, 효소의 불활성화, 단백질의 변성, 전분의 호화 등 다양한 효과를 가지므로 새로운 식품가공법으로 기대를 모으고 있다(Mertens와 Knorr, 1992; Knorr, 1993). 그 중 특히 초고압 처리기술은 미생물의 살균, 단백질의 변성, 효소의 불활성화, 전분의 호화 등 다양한 효과를 가지므로 새로운 식품가공법으로 기대를 모으고 있다. 일정 수준의 고압 처리는 미생물의 성장과 증식을 감소시키거나, 매우 높은 초고압은 완전히 불활성화시킨다. 이러한 미생물의 증식 지연 및 사멸을 유발하는 역치 압력(threshold pressure)은 미생물의 종류에 따라 다르다. 일반적으로 20~25℃에서 400 MPa 이상의 초고압 처리로 미생물의 영양세포는 파괴하지만 포자를 제거하기 위해서는 900 MPa의 고압과 더불어 고온 병합 처리가 요구되는 것으로 알려져 있다(Lechowich, 1993). 초고압 처리시 세균 포자의 사멸효과는 온도에 의하여 크게 좌우되는 것으로 알려져 있으며, 그 외에 pH, 수분활성도, 이온강도 등에 의해서도 영향을 받는다. 특히 세포막은 초고압에 의한 미생물 사멸을 좌우하는 핵심 부위이며, 그밖에도 amino acyl-tRNA와 ribosome 및 mRNA의 결합, 주요 세포내재 효소의 불활성화 등이 압력에 민감하게 작용을 받는다. 미생물의 압력에 대한 민감성은 그람양성 세균, 효모, 그람음성 세균 순으로 증가한다(Farkas와 Hoover, 2001). 초고압 처리로 미생물은 불활성화되지만, 식품의 향미에는 영향을 미치지 않으며, 또한 압력이 골고루 가해지므로 국부적인 변질 가능성이 없어 균일한 상태로 식품을 보존할 수 있는 것으로 알려져 있다(Zimmerman와 Bergman, 1993).

압력에 의한 미생물의 손상은 주로 세포막에서 일어나는데, 세포막의 기능 상실은 세포막 단백질의 변성으로 인하여 아미노산의 섭취가 저해되기 때문이며, 또한 압력 처리에 의하여 미생물 세포내 구성분들이 유출되면 세포막에 손상을 입히게 되고, 용출되는 양이 많을수록 세포의 사멸과 상해는 가속화된 다(Farkas와 Hoover, 2001).

최근에 초고압 처리법이 식품살균의 한 방법으로 이용되고 있는데, 고추장과 같이 점도가 높은 식품에의 적용 가능성을 타진하기 위하여, 본 연구에서는 숙성이 완료된 고추장에 초고압-열 병합처리법을 적용하여 미생물 살균효과 및 품질변화와 37℃ 저장 중 품질 변화를 측정하였고, 숙성된 고추장을 열과 초고압으로 처리한 후 37℃에서 120일간 저장하면서 고추장의 생균수와 품질 변화를 측정하였다.



## II. 研究史

### 2.1. 고추장

고추장은 간장, 된장과 더불어 옛날부터 전래되어 내려오는 우리나라 고유의 전통적인 대두발효식품으로 amylase에 의한 당화작용으로 탄수화물에서 생성된 당류의 단맛, protease의 단백질 분해작용으로 생성된 아미노산의 구수한 맛, lipase의 작용으로 생성된 지방산과 고춧가루의 매운 맛 및 소금의 짠 맛 등이 잘 조화를 이루어 독특한 맛을 낸다.

고추장은 숙성기간 중 생육하는 효모나 젖산균의 작용으로 생성된 알코올과 유기산에 의해 특유의 향기와 향미가 부여되며, 식욕을 증진시킬 뿐 아니라 간장, 된장에 비하여 비타민 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C 및 folic acid 등이 많아 함유되어 있기 때문에 비타민 급원으로도 중요한 발효식품이다(Ahn과 Sung, 1987).

고추장 품질과 관련된 관능적 특성은 색, 향, 맛, 물성 등을 들 수 있으나 고추장은 다른 식품과는 달리 장기간의 발효 숙성과정을 통하여 독특한 맛과 향이 생기므로 발효와 숙성에 관여하는 미생물 균주의 작용이 매우 중요하다.

#### 2.1.1. 고추장의 역사

우리나라는 전통적인 농업국가이기 때문에 우리 민족의 식생활은 기후와 풍토의 특성에 따라 곡류가 주식이고 채소류가 부식으로 정착하게 되었다. 그런데 채소류는 독특한 향과 맛이 부족하기 때문에 향미를 부여하기 위하여 일찍부터 채소류에 어울리는 장류가 이용되었는데, 장류의 감칠맛과 함께 자극적인 매운맛도 요구하게 되었다. 장류는 한국, 일본, 중국 등지에서 옛날부터 대두를 이용하여 제조되어 온 전통적인 발효식품으로 육류 자원이 풍부하지 못한 이들 나라에서 대두의 활용은 곡류 단백질에 부족한 필수영양소를 보충해 주어 영양학적으로도 중요한 식품이라 할 수 있는데, 이에는 간장, 된장, 고추장, 청국장 등이 있다.

장류 중 간장과 된장은 삼국시대부터 이용되어 왔으나, 고추장은 비교적 근세기에 우리 식생활에 이용된 조미료로, 매운맛을 내는 고추가 도입되면서부터 정착하게 되었다. 일본, 중국 등지에서 널리 이용되고 있는 간장, 된장과는 달리 고추장은 우리나라에만 있는 장류로 각종 음식에 첨가되어 맛을 내는데 널리 쓰이고 있다. 이렇듯 중요한 식품으로서 고추장은 전통적으로 어느 가정에서나 자가 생산이 가능하였고, 또한 대를 이어 전래, 계승되는 동안에 제조하는 방법과 맛을 내는 기술의 특색이 생기고, 그것이 오랜 세월을 거치오면서 발전하여 왔다.

고추장은 된장과는 달리 콩과 쌀을 적당한 비율로 섞어 만든 메주와 함께 쌀 등 전분질 원료, 엿기름 그리고 고춧가루를 섞어 발효시킨 제품으로, 세계에서 그 유래를 찾아 볼 수 없는 고유하고 독특한 향신 발효 조미료이다. 고추장은 고추에서 오는 매운맛과 함께 전분질이 분해되어 생성된 당류에 의한 단맛, 그리고 콩 단백질 분해산물로 인한 구수한 맛과 감칠맛이 극히 잘 조화된 복합 향신 조미료이다.

고추장의 제조 방법은 재료와 생활 여건에 따라 많이 변화하여 왔는데, 전분질 원료에 따라 찹쌀 고추장과 보리쌀 고추장으로 분류되고, 엿기름에 의한 당화 과정 대신에 물엿으로 대체하기도 하고, 제조 공정을 단순화하기 위하여 고추장 메주 대신에 코오지를 이용하여 발효 기간을 단축시키기도 한다.

### 2.1.2. 공장산 고추장의 생산 추이

고추장은 전통적으로 고추장 메주를 근간으로 하였으나 만드는 과정이 번잡스럽기 때문에 근래 기업 규모의 공장에서는 코오지를 이용하여 제조 공정을 단순화, 대량생산이 가능하도록 하고 있는 바, 이들은 전통적인 방법과는 상당한 차이가 있으므로 코오지 고추장으로 분류하기도 한다(이, 1992). 고추장은 전통적으로 가정에서 제조하여 사용하여 왔으나 급속한 도시화, 산업화로 여성의 사회진출이 증가하고 아파트 거주인구가 급증하게 되면서 개량식(공장

산) 고추장의 수요가 근래 급격히 증가하고 있으며, 이런 추세는 앞으로도 더욱 가속화될 것으로 보인다.

연도별 공장산 고추장의 생산량을 보면(Table 1) 전체 고추장 소요량 중 공장제품이 차지하는 비율이 1991년 32.6%에서 1998년 55.6%로 증가하였으며, 또한 공장제품의 생산량도 1991년 48,833톤에서 1998년에는 86,515톤으로, 7년 사이에 77.2% 증가하여, 공장제품이 차지하는 비율, 즉 고추장의 상품화는 급격히 증가되고 있다(농수축산신보, 2000).

Table 1. Annual *Kochujang* production(unit: ton)

Year	Estimated consumption(A)	Factory production(B)	B/A(%)
1991	149,800	48,833	32.6
1992	156,500	56,200	35.9
1993	160,900	64,600	40.1
1994	165,700	70,434	42.9
1995	160,200	77,058	48.1
1996	160,200	85,046	53.1
1997	159,700	85,586	53.6
1998	156,200	86,515	55.6

### 2.1.3. 고추장의 제조 방법과 품질

#### 2.1.3.1. 고추장의 제조 방법

##### 재래식 고추장의 제조 방법

재래식 고추장은 아직까지 가정에 따라 각각 다른 방법으로 만들어지고 있으며, 고장에 따라 상당히 특색을 가지고 있다. 재래식 고추장에서 가장 큰 특색은 고추장용 메주를 별도로 만들어 사용하고 있다는 것이다.

고추장은 담글 때 사용되는 원료에 따라 찹쌀 고추장, 멥쌀 고추장, 보리 고추장 등으로 나눌 수 있으며 방법도 여러 가지가 있다. 일반적인 방법으로는 재래식 고추장도 재래식 간장 메주 담글 때와 같은 방법으로 찹쌀가루를 약 20% 혼합한 고추장용 메주를 만들어 띄우고 엿기름 가루를 물에 담가 당화효소액을 추출한 다음 이것을 녹말과 반죽하여 따뜻한 곳에 두면 당화를 일으킨다. 여기에 메주가루와 고춧가루, 소금 등을 넣어 숙성시켜 만든다.

##### 개량식 고추장의 제조 방법

개량식 고추장의 제조 방법에서 재래식 고추장의 제조 방법과 크게 다른 것은 고추장 메주 대신 코오지를 사용하는 것이며, 엿기름에 의한 당화보다는 감미원으로 물엿을 직접 첨가하여 제조한다.

공장에서 주로 제조되는 방법으로 소맥분을 연속 증자하여 제국한 것에 증자된 밀쌀 또는 쌀, 찹쌀 등을 혼합하여 식염과 물을 가하여 수분을 약 50%로 조절한다. 이를 마쇄하여 발효탱크에서 발효시킨 후 살균 솥에서 물엿, 고춧가루 등 첨가물을 넣어 60~70℃에서 살균하여 제품으로 한다(이, 1991).

### 2.1.3.2. 고추장의 품질 특성

#### 일반성분

고추장은 지금도 가정에서 만들어 소비하고 있는데 지역별로 제조 방법과 원부재료에 있어서 상당한 차이가 있다. 고추장의 수분 함량은 40.7~52.6%, pH는 4.3~4.8, 적정 산도는 16.2~38.2 mL/10g(0.1 N NaOH 소요량)로 수분과 적정 산도는 종류마다 차이가 크다. 총당 함량은 38.0~55.7%이고 이 중 환원당 함량은 20.2~34.8%이다. 조단백질 함량은 4.4~10.0%로 종류마다 차이가 크며, 아미노태질소의 함량은 0.11~0.41%인데, 식품공전상의 규격은 0.15%이다. 에탄올 함량은 0.34~5.04%로 상당량이 함유되어 있는데, 이로 보아 가정용 고추장에도 보존성 향상을 위하여 에탄올을 첨가하고 있음을 나타내고 있다. 소금 함량은 8.5~21.4%이다.



#### 유리당 함량

유리당은 고추장의 단맛으로 중요하며 메주 중의 효소나 숙성 중 미생물이 전분질을 가수분해하여 생성된다(Shin 등, 1996b). 재래식 고추장에 함유된 유리당은 glucose와 maltose가 각각 8.2, 6.9%로 가장 중요한 구성분이고, fructose와 sucrose가 각각 1.8, 1.0%로 소량 존재한다. 개량식 찹쌀 고추장인 경우(Chung 등, 1986) glucose가 대부분이지만 숙성 기간 동안 glucose 함량은 감소하고 fructose와 rhamnose 함량이 증가한다. 이로 보아 재래식 고추장은 개량식 고추장에 비하여 코오지나 고추장에 존재하는 미생물의 amylase 중  $\beta$ -amylase의 활성이 높고 glucose isomerase, glucoamylase의 활성이 미약한 것으로 보인다.

#### 유기산

재래식 고추장에는 유기산으로 succinic acid가 가장 많고 다음으로 citric

acid, lactic acid, acetic acid, oxalic acid, formic acid 순으로 많다. 반면 개량식 고추장인 경우 주요 유기산은 pyroglutamic acid, pyruvic acid, citric acid, malic acid이며 숙성기간에 따라 조성이 심하게 변한다. 이와 같이 고추장 중의 유기산은 담금 방법에 따라 조성 차이가 심하며, 재래식이 개량식에 비하여 유기산의 조성이 다양하고 그 함량이 많다.

### 유리아미노산

재래식 고추장의 유리아미노산은 proline, glutamic acid, aspartic acid, serine, lysine 순서로 많이 들어 있으며, histidine과 methionine은 소량 함유되어 있다. Kim 등(1993)은 재래식 고추장의 경우 밀을 사용한 사천 고추장은 총 유리아미노산이 554 mg%, 찹쌀을 사용한 고추장은 48mg%, 보리를 사용한 보은 고추장은 260 mg%이었고, 공장산은 1089 mg%였으며, 조성비는 glutamic acid, proline, leucine, aspartic acid 순이었다고 보고하였다. 재래식과 개량식 고추장의 아미노산 조성은 대체적으로 유사하나 총 유리아미노산 함량은 재래식 고추장이 개량식 고추장에 비하여 상당히 낮았다.

### 핵산관련물질

핵산관련물질은 아미노산과 다른 감칠맛을 주는 물질로 고추장의 풍미에 큰 영향을 주는 성분이다. 재래식 고추장의 핵산관련물질은 CMP가 대부분이고 다음으로 hypoxanthine, IMP, inosine, GMP 순이었다.

### 미생물수

고추장 중의 호기성 세균과 혐기성 세균, 효모는 고추장 숙성 중에 맛이나 향기 생성에 관여한다. 재래식 고추장의 호기성 세균수는  $1.0 \times 10^8$  CFU/mL 수준으로  $2.2 \times 10^7$  CFU/mL 수준인 혐기성 세균에 비하여 많으며 효모수는  $5.9 \times 10^5$  CFU/mL 수준이다(Lee 등, 1976; Ahn과 Sung, 1987). 이는 효모를

첨가한 개량식 고추장에서 호기성과 혐기성 세균수는  $10^6$  CFU/mL 수준이었다는 보고(Lee, 1979)에 비하여 세균수가 월등히 높은 수치를 나타내고 있으므로, 각 가정에서 제조하는 재래식 고추장의 경우 숙성시 세균의 영향이 큰 것으로 생각된다.

### 효소 활성화도

효소는 고추장 숙성 중 전분질이나 단백질을 분해하여 단맛이나 구수한 맛을 생성시켜 고추장 품질에 밀접한 영향을 준다. Kim 등(1993)은 재래식 고추장의 효소활성을 측정된 결과  $\alpha$ -amylase와  $\beta$ -amylase는 사천지역 고추장이 보은지역 고추장에 비하여 숙성 전기간에서 월등히 높았으며, protease 중 산성 protease는 순창지역 고추장이, 중성 protease는 보은지역 고추장이 전반적으로 약간 높았다. 개량식(Lee, 1979)인 경우 amylase는 숙성 초기(10~14일)에, protease는 중기(40~50일)에 비교적 높고 그 이후 감소하나 재래식(Lee 등, 1980a)은 숙성초기(20~30일)에 높았으나 숙성후기까지 효소 활성화의 감소폭이 적었다.

### 맛·향·색

고추장에 적당히 매운맛이 있을 때 맛이나 전체적인 기호도가 양호하다. 고추장의 품질특성은 고추 품종에 따른 차이는 적었지만, 고추의 매운맛 성분인 capsaicin이 코오지균(Lee와 Park, 1976)과 효모(Sim, 1964), 세균의 생육을 조절할 수 있기 때문에 고추 품종이나 고추 첨가량에 따라 발효조건에 변화가 일어나 고추장의 성분 특성에 차이가 발생한다.

고추장은 콩이나 쌀 단백질, 전분질에 분해되어 아미노산이 생기고, 소금과 어울려 발효되어 유기산의 향기롭고 새콤한 맛이 생긴다. 음식에 간을 맞추기 보다는 발효된 감칠맛과 매운맛으로 향신료 역할도 해준다.

맛은 전분이 amylase에 의해 당화되어 단맛을 내는 것이 상품이다. 콩단백

질은 protease에 의해 분해되어 glutamic acid가 생성되고, 이는 감칠맛을 부여한다. 고추의 매운맛 성분인 alkaloid의 성분인 capsaicin은 매운맛을, 소금은 짠맛을 냄으로써 고추장 특유의 맛을 만든다.

향은 발효에 의해 생성된 유기산류의 향과 미량의 알코올이 내는 향, 그리고 효모 생육에 의해 생성되는 향 등이 있는데, 효모 첨가시에 향기성분이 더 상승한다. 붉은 색소는 lutein, capsanthin 성분이며, 햇볕에 장기간 노출시나 건조시에 검붉은 색으로 변색된다.

### 2.1.3.3. 고추장의 숙성 과정 중 품질 변화

#### 당과 알콜의 변화

환원당의 경우 *Aspergillus oryzae*를 접종하여 제조한 메주를 사용한 개량식 고추장의 경우 숙성 20일까지 증가하다가 그 이후 서서히 감소하는 경향을 보였으나, 재래식 고추장의 경우 처음부터 감소하는 양상을 보였다. 고추장 숙성 중 환원당은 증가한다는 보고(Shin 등, 1997a, 1997c, 1997d; Oh와 Park 1997)와 감소한다는 보고(Kim 등, 1994; Jung 등, 1994)가 있는데, 이는 관여하는 미생물과 존재하는 효소, 그리고 발효 조건과도 깊은 관계가 있는 것으로 보인다. 한편 숙성 중 알콜의 함량은 숙성 100일까지 계속 증가하다가 그 이후 일정량을 유지하고 있는데, 재래식 고추장에서도 알콜 함량이 1.98~4.58%(Shin 등, 1996a)이었고, 또 대부분의 경우 고추장 발효 숙성 과정에서 알콜은 상당량이 생성(Shin 등 1997d; Jung 등, 1994) 되는데, 이에 관여하는 효모가 당을 소모하므로 고추장 숙성 중 환원당의 감소 경향과 관계가 있다.

#### 아미노태질소의 변화

아미노태질소 함량은 고추장 원부재료에 함유된 미생물과 이들이 생성한 단백질 분해효소에 의존할 것이며 발효 고추장의 특징이 되고 있다. 재래식 고

추장 중 아미노태질소의 함량은  $0.26 \pm 0.15\%$ 에 이르며(Shin 등, 1996a) 품질지표로 아미노태질소를 선택하고 그 하한선을 170 mg%내외로 제안하기도(Shin 등, 1994; Lee 등, 1997)하였다.

고추장의 법적 규격은 아미노태질소의 함량을 150 mg%(단, 찹쌀 또는 쌀 고추장은 100이상)(식품공전, 1997)으로 규제하고 있으며, 고추장의 품질 평가 기준으로 아미노태질소 함량이 이용되므로(Kim 등, 1994; Lee 등, 1997; Shin 등, 1994), 고추장 숙성 과정 중 아미노태질소의 함량은 중요하다.

고추장의 발효 숙성 과정에서 아미노태질소의 함량은 숙성 80일까지 계속 증가하는 경향을 보였고 사용한 메주의 종류에 따라 상당한 차이를 보였다. *A. oryzae*를 접종하여 제조한 메주를 사용한 경우 숙성 80일에 640 mg%에 이르렀으나 재래 고추장 메주의 경우 490 mg%에 불과하였다(Shin 등, 1996a, 1997c; Park, 1993, 1994). 따라서 고추장의 품질 기준인 아미노태질소의 함량을 높이기 위해서는 균주의 관리가 필요하다.

### 효소 활성의 변화

고추장 발효 숙성 과정에서 맛 성분의 생성과 직접 관계가 있는 효소들은 amylase와 protease로 이들 효소의 활성은 고추장 품질 결정에 중요한 인자로 작용한다. 고추장의 숙성은 원부재료에 들어있는 미생물과 효소의 작용에 의해 이루어지므로 고추장 구성분 중 전분과 단백질 분해효소의 활성은 고추장의 품질 결정에 중요한 인자가 된다. *A. oryzae*를 접종한 고추장 메주로 담근 고추장의  $\beta$ -amylase 활성은 처음부터 높을 뿐만 아니라 숙성 기간 동안 일정 수준을 유지하였으나, 재래식 메주로 담근 고추장의 경우 숙성 20일 이후 급격히 떨어지는 경향을 보였다. 이와 같은 경향은  $\alpha$ -amylase의 경우에도 비슷하였다. 공장산 고추장의 경우  $\alpha, \beta$ -amylase의 효소 활성은 안정한 상태를 유지하였으나 재래식 고추장의 숙성 과정에서는 활성이 감소하는 현상을 보였다(Shin 등, 1997b; Kim 등, 1994; Oh와 Park, 1997b).

한편 단백질 분해효소인 protease의 활성 변화를 보면 산성 protease는 숙성 60일에 최고치를 보이다가 약간씩 감소하는 경향이었고, 중성 protease는 숙성 기간 동안 미미한 증가를 보였다. 산성 protease의 경우 분리 균주로 제조한 고추장 메주를 사용한 고추장의 효소 활성은 자연 발효 메주를 이용한 고추장에서보다 높은 경향을 보였는데, 이는 분리 균주의 효소 활성이 높음을 나타낸다. 고추장 발효 숙성 과정에서 protease 역가는 초기보다는 숙성 30~40일 사이에 최고로 증가(Shin 등, 1997b; Oh와 Park, 1997; Park과 Oh, 1995)하다가 숙성 후기에는 다시 감소하는 경향을 보인다(Kim 등, 1994; Jung 등, 1994).

다른 연구결과에 의하면 고추장의 protease 활성은 숙성 기간 동안 증가하다가 감소하는 경향(Park과 Oh, 1995; Oh와 Park, 1997)을 보여, 고추장 발효 과정은 서로 다른 원료의 조합과 관여 미생물, 그리고 이에 따른 효소의 특성이 각각 다르기 때문에 일정한 경향을 제시하기는 어려울 것으로 판단된다.

### 미생물수의 변화

고추장에는 보통 총균수로  $10^6 \sim 10^9$  CFU/g 정도의 미생물이 함유 되어있고, 발효과정 중 총균수가 감소하는 경향을 보이는 것으로 알려져 있다(Park과 Oh, 1995; Oh와 Park, 1997; Lee 등, 1996). 세균의 수는 숙성 과정 중 큰 변화가 없는 양상을 보여 대체적으로  $10^7 \sim 10^8$ /g 수준을 유지한다(Shin 등, 1996a; Kim 등, 1994; Shin 등, 1994; Lee 등, 1997; Park과 Oh, 1995). 세균수는 전반적으로 분리 균주를 이용하여 제조한 고추장 메주를 사용한 고추장에서는 낮은 경향이였다. 효모수는 숙성 초기에 급격히 증가하는 양상을 보였고 숙성 8일 이후  $10^4$  CFU/g 내외로 일정 수준을 유지하였다. 이와 같은 결과는 당 함량 및 알콜 생성량과 관계 있을 것으로 보인다(Park과 Oh, 1995; Oh와 Park, 1997). 한편 재래식 고추장의 효모수는  $10^5$  CFU/g(Shin 등, 1996a)으로 높은 경향이였다.

한편 발효 숙성 과정에서 곰팡이 수를 보면 숙성 시작부터 급격히 감소하는 경향을 보였는데(Kim 등, 1994; Lee 등, 1997; Oh와 Park, 1997), 이는 호기성 균인 곰팡이가 혐기성 상태인 고추장에서 증식할 수 없기 때문이다.

#### 2.1.3.4. 고추장의 저장성 증진

##### 저장 온도에 따라 고추장의 품질 변화

Shin 등(1994)은 고추장의 유통기간 중 품질변화를 예측하기 위하여 숙성 완료된 고추장을 13°C, 27°C, 37°C에 저장하면서 품질의 변화를 측정하였다. 수분, 조단백질, capsaicin 함량은 저장 중 거의 변화하지 않았으나, 아미노태질소, 표면색도, pH는 감소하는 경향을 나타내었으며, 암모니아태질소, 산도는 증가하였다. 이러한 증감현상은 저장온도가 높을수록 더욱 뚜렷하여 저장 온도가 고추장의 품질변화에 밀접한 관련이 있었다. 이화학적 품질 특성과 관능 검사와의 상관관계를 구한 결과 아미노태질소의 변화가 가장 높은 상관 관계를 보였다.

##### 고추장의 유통기간 예측

Lee 등(1997)은 고추장을 온도별(10°C, 20°C, 35°C)로 저장하는 동안에 이화학적 및 관능적 변화의 측정을 통하여 유통기간을 예측하였다. pH는 저장기간 및 온도가 증가할수록 감소하였다. 저장기간 중 미생물수는 저장기간이 증가할수록 감소 경향을 보였으며, 온도의 증가에 따라서도 감소하였다. 표면색도는 저장기간이 경과할수록 L, a 및 b 값이 저하되었다. 아미노태질소는 저장기간 및 온도에 따라 감소하였으며 상관계수가 가장 높아 유통기간을 설정하는 품질특성으로 삼을 수 있었다. 고추장의 관능적 품질 하한선은 아미노태질소 함량이 170.6 mg%일 때이며, 이를 1차 회귀방정식에 온도별로 대입하여 유통기간을 예측하였는데, 10°C에서 467일, 20°C에서 261일, 35°C에서 133일로

나타났다.

### 가열 처리에 의한 고추장의 품질 변화

Kim 등(2000)은 고추장 제품의 유통시 문제가 되는 가스 발생을 억제하고자 주요 미생물은 존재하면서 효모를 사멸시킬 수 있는 방법으로 50~70℃에서 5~15분 동안 열처리하였다. 고추장을 담근 직후 60℃에서 15분 가열한 처리구는 발효 전과정에서 효모가 전연 증식되지 않았고 세균수의 변화는 거의 없었다. 이 열처리 조건에서  $\alpha$ -amylase는 열처리에 따른 변화가 없었으나  $\beta$ -amylase는 열처리로 역가가 상승하는 경향을 보였고 산성 protease는 가열처리로 60일 이후 대조구보다 증가하였으나 중성 protease는 80일 이후 감소하는 경향을 보였고, 아미노산성 질소량은 비열처리구 보다 낮은 경향을 보였다. 고추장의 색도는 L, a, b 값이 감소하나 발효전 열처리 조건에서는  $\Delta E$  값의 차이가 있고 색소물질인 5-hydroxy-2-methyl furfural(HMF)은 증가하였고 총 carotenoid 및 capsanthin 함량은 가열처리로 감소하는 경향을 보였다.

### Ohmic heating에 따른 고추장의 품질 변화

Cho 등(1994)은 점성이 높고 열전도도가 낮아 기존의 열전도 가열 방식으로는 효과적인 살균이 어려운 고추장, 된장 등의 페이스트상 식품의 효율적인 살균 공정을 개발하기 위하여 전기 저항열(Ohmic heating) 가열 시스템을 고안하였다. 고추장과 된장의 수분함량이 습량 기준으로 30% 이하일 때는 전류가 흐르지 않아 Ohmic heating의 적용이 불가능하였으나, 30% 이상에서는 수분함량의 증가에 따라 가열속도는 급속히 증가하였다.

### 방사선 조사 고추장의 발효 특성

Kim 등(1998b)은 전통적 방법으로 고추장을 담근 후  $^{60}\text{Co}$ 의 감마선을 15±

1.5 kGy에 해당하는 선량으로 조사한 후 25℃에서 60일간 저장하면서 미생물의 변화와 성분변화를 측정하였다. 방사선 조사된 고추장의 미생물수는 비조사구에 비하여  $10^4$  정도 감소되었지만 amylase와 protease의 역가에는 영향을 주지 않아 고추장의 품질지표인 아미노산성 질소량은 발효 후 큰 차이가 없었다. 방사선 조사에 의한 살균으로 알콜 생성이 완전히 억제되었고 이에 따라 고추장 저장 중 가장 큰 문제인 가스는 발생되지 않았다. 비조사 고추장의 발효 중 가스 발생량은 453 mL/300 g이었고 발생가스의 90% 이상이 탄산가스였다. 이상의 결과로 고추장 발효는 존재하는 효소에 의해서 일어날 수 있으나 적절한 냄새의 발현을 위하여 미생물의 역할도 필요하였다.

Kim 등(2001)은 고추장의 보존성 향상을 목적으로 고추장에 5, 10, 20 kGy의 선량으로 감마선을 조사하고 25℃에 12주간 저장하면서 고추장의 미생물 및 품질 변화를 측정하였다. 고추장의 *Bacillus*는 감마선 조사에 대하여 3.94 kGy의  $D_{10}$  값을 보여 감마선에 대한 저항성이 높았으나 효모와 젖산균은 10 kGy의 선량에서 완전 사멸에 가까운 살균효과를 보였다. 고추장 저장 보존 중 아미노산성질소, 환원당, protease 및 amylase 활성, pH, 색도는 감마선 조사에 의하여 영향을 받지 않았다. 따라서 감마선 조사는 고추장의 품질에 영향을 주지 않고 미생물만을 선택적으로 사멸시켜 제품의 보존·유통 및 가공에서 미생물 관점의 품질을 유지하는데 유용한 방법이 될 것으로 평가되었다.

### 유기산 첨가에 따른 고추장의 품질 변화

Kim 등(1997)은 고추장의 저장 중 이화학적 및 관능적 변화를 통해 효과적인 향갈색화제로 유기산을 선별하며 유통기간 연장을 시도하였다. 0.03% ascorbic acid와 0.06% citric acid를 첨가한 고추장의 저장 중 아미노태질소 함량은 관능적 품질과 밀접한 상관관계가 있었다. 저장기간에 따른 아미노태질소값의 변화율은 1차 반응식으로 해석되었으며, 유통기간 첨가 고추장이 유통기간 예측에서 무첨가구보다 유통기간을 45℃일 때 69%, 55℃일 때 56% 연장

시킬 수 있었다.

### 천연물 첨가에 의한 고추장의 저장성 증진

Jeong 등(2001)은 순창 전통 고추장 저장 및 유통 중 품질저하 요인이 되는 가스발생을 억제하기 위해 겨자와 고추냉이 분말을 고추장 제조시 첨가하여, 전통용기에서 180일 동안 숙성하면서 성분 변화와 가스발생 유무를 측정하였다. 양고추냉이를 0.6% 첨가한 고추장은 대조구에 비하여 발효 중 산생성이 억제되었고 겨자와 양고추냉이 첨가시 아미노산성질소함량은 오히려 높았다. 색택은 겨자 첨가시에는 변화가 없었으나 양고추냉이를 첨가하는 경우 L값과 a값이 증가하는 경향을 보였다. 유리당은 겨자와 양고추냉이 첨가시에 비첨가구와 비교하여 차이가 없었고, 양고추냉이를 0.6% 첨가하면 유통 중 문제되는 가스발생을 완전히 억제할 수 있었다. 따라서 순창 전통 고추장에 0.6 % 수준의 양고추냉이 분말을 첨가하면 완제품의 유통 중 가스발생 억제는 물론 품질 개선 효과도 기대할 수 있었다.

Kim과 Kwon(2001)은 고추장의 저장성 향상을 목적으로 숙성이 완료된 고추장에 마늘, 에탄올, 키토산, K-sorbate, 겨자를 첨가하거나 저온살균 처리를 하여 포장하고 30℃에서 24주간 저장하면서 미생물과 이화학적 특성의 변화를 측정하였다. 점조성은 저장 중 증가하였는데 겨자와 마늘 첨가구에서 높았다. 고추장의 색도는 저장 중에 a와 b값의 감소가 심하였고, ΔE 값의 증가는 키토산 첨가구에 비하여 알콜 첨가구에서 높았다. 가스발생은 저장 20일 이내에 대조구와 키토산 첨가구에서 높았다. 고추장 중의 효모와 호기성 세균수는 저장 12주 전후까지 증가하였으나 그 이후 감소하였고, 효모수는 K-sorbate와 알콜 첨가구에서 적은 경향을 나타내었다. 고추장의 α-amylase 활성은 저장 중 감소하여 미약하였으나 β-amylase 활성은 알콜이나 마늘, K-sorbate, 저온살균 고추장에서 높았고, protease 활성은 저장 중 낮았고 불규칙한 증감을 보였다.

### 2.1.3.5. 고추장의 기능성

고춧가루에 함유된 카로틴과 비타민 C는 항돌연변이 및 항암작용을 하며, 고춧가루에서 추출한 회분은 aflatoxin B의 돌연변이 효과를 저해한다. 고추의 매운맛 성분은 알칼로이드의 일종인 capsaicin( $C_{18}H_{27}O_3N$ )이라고 하는 염기 때문이다. 고추씨에 가장 많으며 나머지는 껍질에 있는데 붉은 색소는 주로 캡산틴이라고 한다. 고추와 고추씨의 성분인 capsaicin, capsicidin은 *Bacillus subtilis*에 대한 항균 작용이 있다. 또한 운동시 에너지대사를 촉진시키고 지방 조직 속의 유리지방산 동원작용을 통해 비만의 예방과 치료에 도움을 준다. 그밖에 적당량 섭취 시에는 비위를 가라앉히고 안정감을 주며 땀이 나도록 하여 노폐물의 배설을 촉진, 감기 등 각종 질병의 예방과 치료에 좋다.

고추장은 곡류의 함량이 많아 당질식품임을 알 수 있다. 또한 고추장도 콩 가공식품이므로 단백질 급원 식품임을 말할 필요도 없다. 고추장은 발효·저장식품으로서 조미, 향신 두 가지 목적이 겸비된 식품이고, 고추장의 성분 중 ascorbic acid가 자동산화 억제 및 증가를 도와준다.

### 2.1.3.6. 공장산 고추장의 문제점

현재 유통되고 있는 공장산 고추장의 경우 살균처리가 부적절하여 상온 유통 중 가스의 생성으로 제품이 부풀어오르거나 때에 따라서는 곰팡이가 발생하여 상품적 가치를 손상시키고 있다. 이와 같은 현상은 고추장 생산 업체가 영세하여 적절한 살균처리 기법의 도입이 어려운 점과 고추장 특유의 물성으로 인한 살균의 어려움이 그 요인이 지적되고 있다. 재래식 고추장을 상품화하여 유통하는 경우 가장 큰 문제는 포장내 가스 발생과 변색으로 알려져 있다. 재래식 고추장은 발효 후 살균과정이 없기 때문에 고추장 유통중 가스 발생은 주로 효모에 의해서 일어나며 주요 관여 효모는 *Zygosaccharomyces rouxii*와 *Saccharomyces cerevisiae*로 보고된 바 있다.

또한 고추장은 콩단백질 분해 산물과 고농도의 당이 함유되어 있기 때문에 열처리 과정과 저장 유통 중 변색으로 품질이 저하되고 있다.

## 2.2. 초고압 가공

### 2.2.1. 고압처리의 원리

소비자들이 최소로 가공되면서 미생물적으로 안전하고 첨가물이 없는 안전한 식품을 요구함에 따라 전통적인 열처리법의 개발보다는 이와 같은 효력을 가진 물리적인 처리법의 개발을 촉진시키고 있다. 이것을 대행할 수 있는 새로운 방법으로 ohmic heating, microwave heating, 방사선 처리, 높은 전기장 이용, 초고압가공에 대한 관심이 증가하고 있다(Farr, 1990).

초고압처리는 1세기 전부터 가능성 있는 저장기술로 알려져 왔는데, 1899년 Hite가 우유의 미생물에 의한 오염을 고압을 응용하여 지연됨을 확인하면서부터이다. 고압은 많은 세월동안 ceramic의 생산, 물질의 합성, 탄소의 제도나 성형에 이용되어 왔다. 이런 기술의 발달은 식품영역에서 상업적인 응용을 증가시켰다.

심해의 압력은 10미터 깊어짐에 따라 약 0.1 MPa 씩 증가하며, 가장 깊은 해저에서 발생하는 압력은 약 110 MPa 정도이다. 초고압 식품가공은 300~900 MPa 정도의 압력을 사용하며 응용범위가 심해의 압력에 비하여 매우 높다(Marquis, 1976). 일반적으로 식품과 생물재료에 대한 초고압의 효과는 100 MPa 부터 일어나는데 200 MPa 정도에서는 단백질의 해리, 세포막의 파괴, 효소 반응 속도 등의 변화가 일어난다. 400~500 MPa에서는 전분이 호화되고 단백질의 변성과 침전이 일어나며, 500 MPa 이상에서는 효소가 비가역적으로 불활성화되고 내열성포자의 사멸 등의 변화가 일어난다(Heramans, 1983). 초고압 식품가공은 압력 포텐셜을 이용하는 방법으로, 높은 정수압(high hydrostatic pressure)하에서 나타나는 식품의 물리적 및

생화학적 변화를 이용하는 것이다(Hayashi, 1989).

압력(P)도 온도(T) 처럼 하나의 에너지량으로 존재하므로, 물질의 상태를 변화시키는 열역학적 인자로서 온도와 동일하게 이용될 수 있다. 따라서 압력처리에 의해서도 열처리에 의하여 얻어지는 효과를 기대할 수가 있다.

초고압의 일반적인 원리는 Le Chatelier 법칙에 따르며 상태변화 인자로서 열과 압력은 물질의 상태변화에 역으로 작용한다. 즉 어떤 화학반응이 일어날 때 반응 이전 반응물의 몰 부피합과 반응이후 생성물의 몰 부피합에 차이가 나는데, 고압하에서는 몰 부피합이 감소하는 방향으로 반응이 촉진된다는 것이다. 일반적으로 가열에 의하여 체적, 분자간 거리, 미세구조의 혼란은 증가되지만, 가압에 의해서는 감소한다. 또한 고압처리의 특징은 공유결합의 절단 및 생성은 일어나지 않고 비공유결합만 영향을 받는다. 따라서 상온에서 열처리에 의하여 영양성분의 파괴, 이취의 발생, 향기성분의 변화가 야기되는 반면, 초고압 처리의 잇점은 식품의 고유의 풍미를 가진다는 것이다(Yen과 Lin, 1996).

## 2.2.2. 미생물에 대한 초고압 처리효과

### 2.2.2.1. 형태적 변화

압력은 세포의 형태에 영향을 미칠 수 있는데, Zobell과 Cobet(1962)는 세포내 gas vacuoles는 0.6 MPa의 압력에서 붕괴되며, *Escherichia coli*의 필라멘트는 대기압에서 생육하였을 때 1~2  $\mu\text{m}$ 가 정상적인 길이인데 반해, 40 MPa 처리시 10~100  $\mu\text{m}$ 의 긴 필라멘트를 형성하였다고 보고하였다. 처리 압력이 달라도 *Escherichia coli* 세포의 단위 길이당 생성되는 단백질의 양은 같으나, 정상적인 세포에 비해 고압처리한 경우 세포질의 RNA양은 증가하는 반면 DNA양은 현저하게 감소된다고 보고하고 있다. 또한 *Bacillus mycoides*는 약 27 MPa에서 2~3배 더 긴 세포를 형성하고, 정상적인

대기압에서 필라멘트의 약 100배 긴 필라멘트를 형성하였다(Zobell과 Cobet, 1962).

특히 Protozoa와 같은 운동성 생명체인 경우는 20~40 MPa의 압력으로 일정시간 처리하면 고압에 의한 구조의 변화로 운동기능이 정지된다. 예를 들면 *E. coli*, *Vibrio*, *Pseudomonas*는 10 MPa에서 flagella를 지니는 반면 40 MPa에서는 없어진다(Zobell과 Cobet, 1962). 이러한 현상은 종에 따라서 가역적으로 나타나며, 감압 후 원래의 상태로 전환되고 다시 운동성을 갖는 경우도 있다(Kitching, 1957).

#### 2.2.2.2. 미생물에 대한 작용 양상

일반적으로 미생물의 압력에 대한 민감성(baro-sensitivity)은 gram 양성 세균, 효모, gram 음성세균의 순서로 증가한다. 그리고 생육기의 영양세포는 정지기의 세포에 비하여 압력에 민감하고(Mackey 등, 1995), 열에 대한 저항성과 유사하게 그람 양성균이 그람 음성균에 비하여 압력에 대한 저항성이 높다. Larson 등(1918)은 300 MPa의 고압처리에 의하여 세균의 그람 염색성이 양성에서 음성으로 변하였는데, 이는 세균의 세포벽 구조가 영향을 받은 것으로 추정할 수 있다. 효모와 곰팡이는 압력에 매우 민감하나 세균의 포자는 압력에 강하다(Coughi, 1993). Shimada 등(1993)은 100 MPa 이하의 압력에서 효모의 핵막은 영향을 받으며, 400~600 MPa 이상에서는 미토콘드리아와 세포질의 변형을 가져오며, 300 MPa 이상의 압력에서는 금속이온을 방출된다고 보고하였다.

특히 세포막은 외부환경의 변화에 의해 가장 민감하게 영향을 받는 부분으로, 미생물 사멸을 좌우하는 핵심부위이다. 초고압처리는 세포막의 투과성을 증대시켜 세포내물질의 누출량을 늘리고 막에 위치한 ATPase의 기능을 저하시켜 amino acyl-tRNA와 ribosome 및 mRNA의 결합, 주요 세포 내재 효소의 불활성화를 초래하는 것으로 추정되고 있다. 또한 Yano

등(1998)은 호기성 호압성균과 혐기성 호압성균의 세포막이 압력에 노출될수록 포화지방산에서 불포화지방산(DHA, 22:6n-3)으로 변화되었는데, 이로 보아 DHA와 같은 불포화 지방산은 고압하에서 세포막의 유동성을 유지하는 중요한 인자로 추정할 수 있다.

Perrier-Cornet 등(1995)은 가압하는 동안 세포의 체적을 광학현미경 이미지 분석장치를 이용하여 분석하였는데, *Saccharomyces*종은 250 MPa로 압력을 가하면 체적이 25%는 압축되었다가 대기압으로 되면 10%만이 비가역적으로 압축되었다고 보고하였다.

또한 초고압처리 후 세포의 복원이 일어날 수 있는데, 처리압력이 상대적으로 낮은 경우에는 세포의 원래 투과성은 회복되지만, 처리압력이 높은 경우에는 세포벽이 비가역적으로 분해되어 결과적으로 세포가 사멸되는 것으로 추정하고 있다(Farr, 1990).



### 2.2.2.3. 식품의 고압살균

식품에 대한 고압살균효과는 오래 전부터 가능성 있는 저장기술로 알려져 왔는데, 1899년 Hite가 우유를 690 MPa, 10분 처리한 결과 우유속의 미생물이 감소하였다는 보고가 있다.

Horie 등(1991)은 가압가공된 과일잼을 개발하였고 1991년에 처음으로 시판하기 시작하였는데, 효모(*S. cerevisiae*와 *Zygosaccharomyces rouxii*) 뿐만 아니라 세균(*Staphylococcus* sp., *Salmonella* sp., *Escherichia coli*) 까지도 살균되었다고 보고하고 있다. 또한 영양학적으로 볼 때 가압 가공된 딸기잼은 신선한 초기의 딸기에 비하여 95%의 비타민을 함유하고 있다.

Yukizaki(1994)는 비브리오속 3종(*V. parahaemolyticus*, *V. cholerae*, *V. mimicus*)을 성계에 접종하여 0°C에서 10분 고압처리한 결과 200~300 MPa에서 균수가 급격히 감소되었다고 보고하였다.

Parish(1998)는 무처리 Hamulin orange juice(pH 3.7)에 초고압을 적용한

결과, *S. cerevisiae*의 자낭포자를 350~500 MPa로 가압시 D-value는 4~76초로 계산였고, *S. cerevisiae* 영양세균의 D-value는 1~38초 였다. 단 한번의 5분간 초고압처리에 의하여 효모의 사멸이 관찰되었고, 그람양성 세균이 그람음성균으로 변화되었다고 보고하고 있다. 파인애플 slice는 340 MPa, 15분 처리에 의하여 저장성은 연장되었는데, 과실의 효모나 영양세균의 사멸은 과실 자체의 pH 때문에 더 효과적이었다(Aleman 등, 1994).

미생물에 대한 압력의 영향은 가압의 정도는 물론 생육단계 배지의 조성, pH 등에 따라 다르다. 즉 동일한 균에 있어서도 주변의 환경에 따라 살균조건이 달라지므로, 식품과 같은 복잡한 물질의 살균에는 고려해야 할 사항이 대단히 많다. 일반적으로 pH 4.6 이하의 산성식품의 보존에 초고압처리 가공기술의 응용은 매우 효과가 좋으며(Lechowich, 1993), 설탕 등의 당류는 압력에 대한 보호작용을 한다(Delfini 등, 1995). 따라서 어육과 같은 중성식품과 저산성 식품(pH>4.6)의 살균은 거의 대부분 압력과 온도를 병행하고 있으며 이에 대한 연구가 많이 진행되고 있다.

#### 2.2.2.4. 내열성 포자의 고압살균

식품의 가공 및 저장에 있어 어려운 공정 중 하나가 세균 포자의 살균이다. 물론 레토르트와 같은 가열공정에 의하여 포자의 살균이 가능하지만, 고온의 열처리는 식품의 품질에 좋지 않은 영향을 미치기 때문에 바람직하지 않다.

대부분의 영양세포는 300~600 MPa에서 살균되지만, 세균의 포자는 1000 MPa 이상의 매우 높은 압력에서도 살아남을 수 있다(Smelt, 1998). Timson과 Short(1965)도 우유를 13℃에서 830 MPa의 고압처리 후 내압성 미생물을 분리하여 미생물 포자라고 보고하고 있다. Tagi 등(1990)은 완충액(pH 7)에서 600 MPa과 60℃에서 처리하여 세균의 포자사멸이 가능하다고 보고하였다. Johnson과 Zobell(1949)은 *B. subtilis*의 포자를 98.6℃에서 가열처리하면

불활성화 되었으나, 같은 온도에서 600 MPa로 처리시 포자를 불활성화 시키는데 약 4시간이 소요되었다고 보고하고 있다. 그러나 저온에서는 압력이 증가할수록 사멸 속도가 증가하여 25℃에서 60 MPa으로 처리한 경우 사멸속도가 증가하여 초기에 비하여 10% 이하로 포자의 생존수가 감소하였다고 보고하고 있어, 상온에서도 포자의 살균이 가능함을 제시하였다.

이와 같이 상온에서는 초고압에 의한 포자의 살균효과가 거의 불가능하였으나 고온이나 저온을 병용할 경우 현저하여, 포자의 살균은 온도에 의하여 크게 좌우됨을 알 수 있다.

한편 Sale 등(1969)은 *Bacillus*속 포자의 살균시험에서 1,180 MPa의 압력으로 직접 살균하기보다는 100~300 MPa의 가압에서 포자의 발아를 촉진시킨 후 계속적으로 살균하는 방법이 유효하다고 보고하고 있다. 포자를 발아시키기 위한 최적온도는 압력에 따라 달라지는데, 고압 조건에서 포자는 영양세포로 발아하고 이렇게 발아된 세포가 곧 불활성화 된다. pH의 경우 중성에 가까울수록 오히려 작아지고 중성부근일 때 압력에 의한 포자의 발아가 활발하며, 수분활성이 낮은 상태에서 비이온성 용질은 포자의 불활성화에 크게 영향을 미치지 않으나, 이온성 용질인 NaCl 특히 CaCl<sub>2</sub>는 압력에 의한 포자 불활성화를 억제한다. 또한 Cheftel(1991)은 상대적으로 낮은 압력에서 포자를 발아시킬 때는 현탁액의 구성성분에 의해 상당히 큰 영향을 받는데, 아미노산의 일종인 alanine과 riboside inosine은 *B. cereus* 포자 발아에 효과적인 상승 촉매제 역할을 한다고 보고하고 있다.

### 2.2.3. 발효식품에 고압처리의 응용

발효식품에 있어 가장 맛있는 기간이 짧은 이유는 미생물에 의한 과도한 발효와 미생물 유래효소에 의한 성분의 분해 및 변질이 진행되기 때문이다.

초고압 처리에 의하여 발효식품의 숙성제어 및 정지에 의해 보존기간을 연장시킬 수 있는데, Tanaka와 Hatanaka(1992)는 요구르트를 10~20℃에서

200~300 MPa로 10분간 고압처리한 결과 포장 후 일어나는 산생성을 방지할 수 있었으며, Matsumoto(1991)은 피클을 가압처리시 종래의 가열처리와 같은 살균효과를 얻었고, 보존에 있어서도 풍미나 물성이 우수하였는데 그 적용압력은 400 MPa이 적당하였으며, 처리 후 7일간 실온저장에서 종래 2개월간 숙성과 동일한 품질을 얻었다고 보고하고 있다.

김치류는 유산균이 생성하는 젖산, 초산 등의 유기산들에 의하여 특유의 맛이 생성되지만, 유통중에 발효가 계속 진행될 경우에는 과도하게 산이 생성되어서 품질을 유지하는 것이 곤란하다. 김치를 100~500 MPa의 고압처리를 한 결과 생균수는 400 MPa 이상의 처리에서 크게 감소되었으며, 산의 생성도 300 MPa 이상의 압력처리로 억제되었다. 한편 고압처리에 의하여 물성 및 외관의 변화는 거의 나타나지 않았다(손, 1996). 또한 Hong과 Park(1998b)은 pH 4.0까지 발효시킨 동치미를 400 MPa에서 5분간 처리하여 저장하는 동안 젖산균과 효모의 검출은 없었고, pH 저하와 과도숙성에 의한 김치의 산패는 일어나지 않았으며, 조직감에 관여하는 효소인 pectinesterase(PE)와 polygalacturonase(PG)는 압력에 의해 활성이 증가하여(Hong과 Park, 1998a) 조직의 단단한 정도를 유지하였다고 보고하고 있다.

Delfini 등(1995)은 *S. cerevisiae*와 젖산균을 포함한 sweet wine과 적포도주는 350~600 MPa에서 성공적으로 살균되었다고 보고하고 있다. Castellari 등(2000)은 맥주에 생기는 혼탁물질(crude cloudy)을 600 MPa/5 min, 60°C/10 min 처리하여 안정성을 시험한 결과, 열처리와 초고압처리 후 총균수는 처리 전에 비해 4 log cycle 감소하였으며 효모와 젖산균은 검출되지 않았다. 또한 초고압처리 맥주는 열처리와 비교하여 일반성분은 무처리 성분과 비슷하였지만 열처리 시료인 경우 a-value와 b-value가 변하였으며 초고압 처리시료의 쓴맛은 저장 중 감소하는 반면, 열처리시료의 쓴맛은 처리전과 거의 유사하거나 약간 증가하였으며 가열처리한 맥주는 haze를 감소시켰지만 초고압처리구

는 저장기간에 걸쳐서 높은 혼탁을 유지하였다고 보고하고 있다.

좁쌀탁주를 초고압으로 처리한 결과 젖산균과 효모는 400 MPa에서는 완전히 사멸되었으며, 일반세균은 66°C/400 MPa/60 min, 600 MPa/10 min 처리로 멸균되었다.  $\alpha$ -Amylase의 활성은 상온에서 처리압력의 증가에 따라 감소한 반면, glucoamylase의 활성은 증가하는 경향을 보였으며, 젖산균과 효모의 사멸로 후발효에 의한 품질변화를 최소화시켜 유통기간을 연장시킬 수 있을 뿐만 아니라, 유통기간 중 glucoamylase의 활성화로 환원당 함량이 증가하여 탁주의 맛을 유지할 수 있었다(Jwa 등, 2001).

전통식품인 저염 멸치젓을 초고압처리한 결과 위생적 안정성과 품질향상을 위해서는 20°C/300 MPa/15 min 처리가 적합하다고 보고하고 있다(Lim 등, 2000). Mok 등(2000)도 저염 새우젓의 저장성 증진을 위해 650 MPa에서 초고압 처리를 하였을 때 일반세균보다 호염성 세균의 압력에 의한 사멸속도상수의 변화가 크다고 보고하고 있다.

이와 같이 풍미가 중요시되는 발효식품에 있어 발효 및 숙성의 억제에 유효한 수단으로 초고압처리가 살균과 동시에 효소불활성화가 가능할 것으로 기대된다.

### Ⅲ. 材料 및 方法

#### 3.1. 고추장 제조 방법

고추장은 밀가루((주)제일제당의 중력분) 6.4%, 메주가루 6.4%, 고춧가루 15.3%, 소금((주)오복식품(함량 88% 이상)) 7.7%, 물엿 29.8%에 물을 34.4% 혼합하여 제조한(Kim 등, 1993) 후 약 150 g씩 폴리에틸렌 필름(0.15 mm thickness, 15 cm × 20 cm)으로 진공 포장하여 30℃에서 90일 숙성 후 시험 재료로 사용하였다. 또한 시판되고 있는 S사 제품을 구입하여 분석하였다.

#### 3.2. 고추장의 열처리 방법

고추장을 얇게 편 다음 80℃의 항온수조에서 30분간 살균한 후 즉시 냉각시켰다.



#### 3.3. 고추장의 초고압처리 방법

고추장을 pressure medium으로 증류수가 채워진 고압기(MFP-7000, 내용적 600 mL, Mitsubishi Heavy Industries Co., Japan)의 processing chamber에 넣고, hydraulic pump로 pressurizing piston을 상승시켜 가압하였다. 고추장의 초고압 처리는 680 MPa/30분에서 처리온도(49, 57, 66, 73℃)를 달리하여, 73℃/30분에서 처리압력(380, 480, 580, 680 MPa)을 달리하여, 73℃/680 MPa에서 처리시간(10, 30, 50, 70분)을 달리하여 실시하였다. 처리온도는 순환항온조를 이용하여 조절하였으며, 처리압력에서 처리시간 동안 매분마다 chamber 내부의 온도를 측정하여 평균한 값으로 나타내었다.

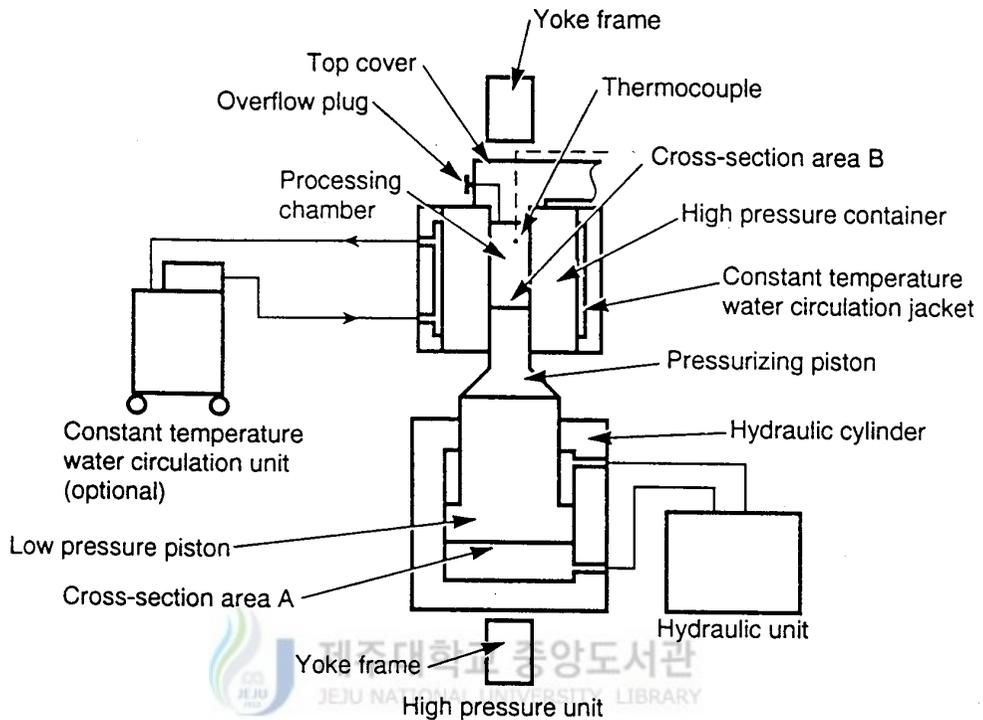


Fig. 1. Schematic diagram of high pressure processor.

### 3.4. 저장 실험 방법

가속실험을 위하여 고추장 제국실의 관리 온도대에 근접한 37°C에서 4개월 간 저장하면서 매15일 마다 시료를 취하여 분석하였다.

### 3.5. 생균수 측정

시료 10 g에 멸균된 생리식염수(0.8% NaCl, 0.1% Tween 80) 90 mL를 가 하고 상온에서 15분간 진탕한 후 시료를 단계별로 희석하여, nutrient agar(Difco Lab. 염농도 7%)에서 평판 배양하여 37°C에서 24시간 배양한 후에 나타나는 colony의 수를 계수하였으며, 3회 반복 측정하여 평균하였다.

### 3.6. pH, 적정산도, 아미노태질소 측정

고추장 약 5 g에 증류수 25 mL를 100 mL 비이커에 넣어 교반하여 균질화시킨 후 pH를 측정하였고, 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.4가 될 때까지 적정하여 이 때 소비된 0.1 N NaOH 용액의 mL수를 시료 고추장 10 g 당으로 환산하여 적정산도를 나타내었다. 여기에 미리 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.4로 조정된 36% 포름알데히드 용액 20 mL를 가하여, pH가 떨어지면 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.4 까지 다시 적정하였다(A). 같은 조작으로 0.1 N NaOH 용액의 바탕시험을 실시하여(B) 다음 식에 따라 계산하였다(Lee 등, 1997).

$$\text{Aminonitrogen(mg\%)} = \frac{(A - B) \times 1.4 \times F}{\text{시료량}(g)} \times 100$$

A: 0.1 N NaOH용액의 시료 적정량(mL)

B: 0.1 N NaOH 용액의 바탕시험(mL)

F: 0.1 N NaOH 용액의 factor

### 3.7. 에탄올 정량

고추장의 에탄올 함량은 산화환원적정법으로 측정하였다(Shin 등, 1997d). 즉, 250 mL 환저플라스크에 고추장 약 10 g과 탄산칼슘 1 g 및 증류수 150 mL를 가하고, 수기로 100 mL 메스플라스크를 사용해서 수증기 증류를 행하였다. 증류액이 메스플라스크의 목선에 이르면 수기를 장치에서 떼내어 100 mL로 정용하였다. 이 증류액 10 mL를 250 mL 삼각플라스크에 취한 후 0.2 N 중크롬산칼륨 용액을 10 mL 가하고, 다시 진한 황산 10 mL를 조용히 가하여 뚜껑을 닫고 반응시켰다. 증류수 100 mL와 8% 요오드화칼륨 용액 6.5 mL

을 가하고, 1% 전분용액 약 1 mL을 가한 후 즉시 0.1 N 티오황산나트륨 용액으로 적정한 후 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\text{알콜분(wt\%)} = 2.3 \times \frac{(10 - H/2) \times F}{\text{시료량(g)}}$$

H: 0.1 N 티오황산나트륨 용액의 소요량(mL)

F: 0.1 N 티오황산나트륨 용액의 factor

### 3.8. 환원당 정량

고추장 약 1 g에 증류수를 가하여 분쇄 혼합하여 500 mL로 정용한 후 Whatman No. 2로 여과하고, 여액 1 mL을 취하여 3 mL의 DNS 시약을 가한 후 5분간 중탕하고 상온 냉각한 후 550 nm에서 흡광도를 구하고 glucose 표준곡선을 이용하여 환산하였다(Miller, 1959).

### 3.9. 색도 측정

고추장의 색도는 color and color difference meter(Tokyo Denshoku Co., Ltd., Japan)로 3회 측정하여 L값(명도), a값(적녹도), b값(황청도)으로 나타내었으며,  $\Delta E$ 는  $(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$  이었다. 이 때 백색판의 L, a, b값은 각각 96.25, -0.18, 0.24 이었다.

### 3.10. 통계처리

본 실험의 측정 결과는 SAS package(SAS, 1996)를 이용하여 통계 처리하였으며, Duncan's multiple range test에 의하여 분석하였고, 유의성 검정은  $\alpha = 0.05$ 에서 시행하였다.

## IV. 結果 및 考察

### 4.1. 초고압 처리에 따른 고추장의 품질 변화

#### 4.1.1. 초고압 처리조건에 따른 고추장의 생균수 변화

먼저 예비실험을 통하여 고추장을 상온과 40℃에서 압력을 400, 600, 680 MPa로 처리하여 생균수의 변화를 측정하였는데, 미생물 살균효과는 매우 미약하였다. 따라서 고추장 중의 미생물 살균을 위해서는 초고압-열 병합처리가 요구될 것으로 추정하였다. 이를 위하여 먼저 고압에서 처리온도의 효과를 측정하기 위하여(Table 2) 고추장을 680 MPa/30분에서 49, 57, 66, 73℃로 처리하였는데, 생균수는 무처리 고추장에 비하여 0~3 log cycle 감소하였다. 상온에서 고압처리할 경우에는 살균효과가 적었는데 반하여 고온을 병용할 경우 살균효과가 높게 나타났는데, 이는 고온과 고압의 조건에서 세균 포자각의 결합이 느슨해지거나 균열이 나타나, 세포벽 및 포자 내부의 원형질이 변성되었기 때문인 것으로 추정하고 있다(Kinugasa 등, 1992). tagi 등(1993)은 실온에서는 가압에 의한 살균효과가 거의 없는 *Bacillus* 속 아포세균에 대하여 60℃의 가온을 병용하여 현저한 살균효과를 얻었고, Miyama 등(1993)도 절임을 600 MPa/10분에서 60℃로 온도를 높여 처리하였을 때 초기 세균수가 약 10<sup>4</sup>에서 10<sup>1</sup> CFU/mL까지 감소하였다고 보고하였다. 따라서 고추장의 발효에는 100℃의 대두 증자온도에서도 살아남아 viable cell colony를 형성하는 *Bacillus*속 아포세균 등이 관여되어 있는 것으로 알려져 있는바(Kim 등, 1999a), 포자 생성균에 의한 내열 및 내압성이 고추장의 초고압 살균의 어려움으로 지적될 수가 있다.

처리 압력의 효과를 측정하기 위하여 고추장을 73℃/30분에서 380, 480, 580, 680 MPa로 처리하였는데, 생균수는 무처리 고추장에 비하여 0~3 log cycle 감소하여, 미생물 살균효과는 처리압력의 증가에 따라 증가한 것으로 보아 고

추장 중의 미생물 살균을 위해서는 동일 온도에서는 높은 압력이 요구되었다. 고추장에는 식염과 당이 다량 함유되어 있는데, 이들 성분은 초고압 처리시 그 효과를 억제하는 것으로 알려져 있는바(Farkas와 Hoover, 2001), 이에 의한 압력 살균 억제효과도 한 요인으로 지적될 수 있다.

고추장을 고온/고압하에서 즉, 73°C/680 MPa에서 10, 30, 50, 70분으로 시간을 달리하여 처리하였는데, 생균수는 무처리 고추장에 비하여 처리시간이 증가함에 따라 2~5 log cycle 감소하였다. 이는 식품을 초고압으로 처리하면 압력이 순간적으로 전달되기 때문에 높은 살균효과를 얻기 위해서는 그에 상당한 압력 유지시간이 필요하기 때문이다(Ogawa, 1989).

한편 동일한 고추장을 공장산 고추장의 살균방법과 같은 조건으로 항온수조에서 열처리(80°C/30분)하였는데, 생균수는  $1.4 \times 10^6$  CFU/g으로 무처리 고추장의  $3.7 \times 10^6$  CFU/g과 비교하여 볼 때 그 살균효과는 미미하였다. 이는 시판되고 있는 S사의 고추장을 분석한 결과 생균수가  $8.3 \times 10^6$  CFU/g인 것으로 보아, 열처리만으로는 고추장의 미생물 살균에 효과가 적음을 보여주고 있다. 이상의 결과로부터 고추장 중의 미생물 살균을 위해서는 고온·고압에서 처리시간을 길게 하여야 그 효과를 극대화시킬 수 있음을 알 수 있었다.

Table 2. Changes in viable cell counts of *Kochujang* treated with high hydrostatic pressure

Temperature (°C)	Pressure (MPa)	Time (min)	Viable cell count (CFU/g)
untreated			$3.7 \times 10^6$
49	680	30	$1.8 \times 10^6$
57	680	30	$1.5 \times 10^6$
66	680	30	$2.0 \times 10^5$
73	680	30	$1.5 \times 10^3$
73	380	30	$1.8 \times 10^6$
73	480	30	$5.4 \times 10^5$
73	580	30	$3.8 \times 10^4$
73	680	30	$1.5 \times 10^3$
73	680	10	$3.4 \times 10^4$
73	680	30	$1.5 \times 10^3$
73	680	50	$3.2 \times 10^2$
73	680	70	$4.0 \times 10^1$

#### 4.1.2. 초고압 처리조건에 따른 고추장의 이화학적 성질의 변화

고추장을 초고압-열 병합처리한 후 이화학적 성질의 변화를 측정하였다. 고추장의 pH(Table 3)는 무처리 고추장과 비교하여 처리온도, 압력, 시간에 관계없이 유의적인 차이가 없었다. 고추장의 적정산도는 일부 처리조건을 달리 한 시료들 간에는 차이가 있었으나 전체적으로 볼 때 무처리군과 비교하여 처리온도, 압력, 시간에 관계없이 유의적인 차이가 없었다.

고추장의 감칠맛과 관련이 있는 아미노태질소 함량(Lee 등, 1980b)은 일부 처리조건을 달리한 시료들간에는 차이가 있었으나 전체적으로 볼 때 무처리 고추장과 비교하여 처리온도, 압력, 시간에 관계없이 유의적인 차이가 없었다 (Table 4). 고추장의 단맛에 영향을 미치는 환원당 함량은 pH, 적정산도, 아미노태질소보다는 처리조건간에 보다 많은 차이를 보였으나 전체적으로 볼 때 무처리 고추장과 비교하여 처리조건에 따라 유의적인 차이가 없었다. 고추장의 풍미와 관련이 있는 에탄올 함량은 무처리 고추장과 처리조건간에 유의적인 차이가 없었다. 이상의 결과로부터 초고압-열 병합처리는 고추장의 pH, 적정산도, 아미노태질소 함량, 환원당 함량, 에탄올 함량 등 이화학적 성질에 커다란 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다.

Table 3. Changes in pH and titratable acidity of *Kochujang* treated with high hydrostatic pressure

Temperature (°C)	Pressure (MPa)	Time (min)	pH	Titratable acidity (mL/10 g)
untreated			4.76±0.08 <sup>a</sup>	15.4±0.1 <sup>ab</sup>
49	680	30	4.81±0.01 <sup>a</sup>	15.8±0.1 <sup>ab</sup>
57	680	30	4.78±0.01 <sup>a</sup>	15.6±0.1 <sup>ab</sup>
66	680	30	4.80±0.07 <sup>a</sup>	15.3±0.3 <sup>ab</sup>
73	680	30	4.75±0.04 <sup>a</sup>	15.8±0.2 <sup>ab</sup>
73	380	30	4.77±0.01 <sup>a</sup>	15.6±0.3 <sup>ab</sup>
73	480	30	4.79±0.06 <sup>a</sup>	15.6±0.2 <sup>ab</sup>
73	580	30	4.78±0.02 <sup>a</sup>	15.2±0.9 <sup>b</sup>
73	680	30	4.75±0.04 <sup>a</sup>	15.8±0.2 <sup>ab</sup>
73	680	10	4.75±0.01 <sup>a</sup>	16.1±0.5 <sup>ab</sup>
73	680	30	4.75±0.04 <sup>a</sup>	15.8±0.2 <sup>ab</sup>
73	680	50	4.73±0.02 <sup>a</sup>	16.0±0.1 <sup>ab</sup>
73	680	70	4.73±0.02 <sup>a</sup>	16.1±0.1 <sup>a</sup>

The same superscripts in the same column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

Table 4. Changes in amino nitrogen, reducing sugar and ethanol content of *Kochujang* treated with high hydrostatic pressure

Temp. (°C)	Press. (MPa)	Time (min)	Amino nitrogen (mg%)	Reducing sugar (%)	Ethanol (%)
untreated			158.0±5.7 <sup>ab</sup>	18.6±1.2 <sup>abcd</sup>	1.32±0.05 <sup>a</sup>
49	680	30	161.0±1.3 <sup>ab</sup>	17.4±2.1 <sup>cd</sup>	1.29±0.04 <sup>a</sup>
57	680	30	161.2±2.8 <sup>ab</sup>	17.4±2.3 <sup>cd</sup>	1.26±0.02 <sup>a</sup>
66	680	30	159.1±6.4 <sup>ab</sup>	19.2±1.4 <sup>abc</sup>	1.31±0.06 <sup>a</sup>
73	680	30	159.4±3.3 <sup>ab</sup>	19.3±0.1 <sup>abc</sup>	1.32±0.16 <sup>a</sup>
73	380	30	159.9±2.4 <sup>ab</sup>	20.7±1.7 <sup>ab</sup>	1.28±0.16 <sup>a</sup>
73	480	30	157.3±4.1 <sup>ab</sup>	15.8±3.7 <sup>d</sup>	1.31±0.01 <sup>a</sup>
73	580	30	167.4±1.3 <sup>a</sup>	17.7±1.9 <sup>bcd</sup>	1.33±0.01 <sup>a</sup>
73	680	30	159.4±3.3 <sup>ab</sup>	19.3±0.1 <sup>abc</sup>	1.32±0.16 <sup>a</sup>
73	680	10	164.8±0.1 <sup>ab</sup>	17.7±2.1 <sup>bcd</sup>	1.29±0.01 <sup>a</sup>
73	680	30	159.4±3.3 <sup>ab</sup>	19.3±0.1 <sup>abc</sup>	1.32±0.16 <sup>a</sup>
73	680	50	162.0±4.5 <sup>ab</sup>	21.3±1.1 <sup>a</sup>	1.26±0.01 <sup>a</sup>
73	680	70	156.8±5.0 <sup>b</sup>	18.1±2.2 <sup>abcd</sup>	1.34±0.13 <sup>a</sup>

The same superscripts in the same column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

#### 4.1.3. 초고압 처리조건에 따른 고추장의 색도 변화

고추장을 초고압-열 병합처리하여 색차 변화를 측정하였다(Table 5). 초고압-열 병합처리한 고추장의 L값은 무처리 고추장에 비하여 유의적으로 높은 것으로 보아, 초고압-열 병합처리로 고추장의 색이 밝아지는 경향을 나타내는 것을 알 수 있었다. 초고압 처리 조건간에는 일부 유의적인 차이가 있었으나, 처리 조건에 따른 뚜렷한 경향을 찾을 수 없었다. 고추장의 a와 b값은 일부 처리조건간에 유의적인 차이가 있었으며 무처리 고추장과는 뚜렷한 유의적 차이를 보여 초고압-열 병합처리로 적색과 황색이 짙어지는 경향을 나타내었다.

Maillard 반응은 일차적으로 아미노 화합물과 카보닐 화합물이 축합 반응을 일으킨 후에 이차적으로 melanoidin 형성과 중합 과정을 통하여 갈색화 반응을 거치게 되는데, melanoidin으로부터 stable free radicals의 생성이 압력에 의하여 억제되므로, 초고압 처리는 Maillard 반응에 의한 갈색화를 억제하는 것으로 알려져 있다(Tamaoka 등, 1991).

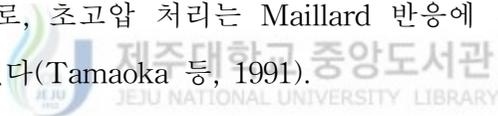


Table 5. Changes in Hunter L, a and b values of *Kochujang* treated with high hydrostatic pressure

Temp. (°C)	Press. (MPa)	Time (min)	L	a	b	△E
untrt			15.38±0.21 <sup>e</sup>	16.53±0.19 <sup>e</sup>	9.26±0.14 <sup>e</sup>	83.09±0.15 <sup>a</sup>
49	680	30	16.11±0.08 <sup>c</sup>	17.94±0.14 <sup>abc</sup>	9.76±0.05 <sup>bcd</sup>	82.74±0.11 <sup>bc</sup>
57	680	30	15.58±0.28 <sup>de</sup>	17.14±0.69 <sup>de</sup>	9.29±0.40 <sup>e</sup>	83.03±0.10 <sup>a</sup>
66	680	30	15.94±0.12 <sup>cd</sup>	17.53±0.24 <sup>abcd</sup>	9.71±0.12 <sup>cd</sup>	82.80±1.04 <sup>ab</sup>
73	680	30	16.38±0.37 <sup>bc</sup>	17.69±0.49 <sup>abcd</sup>	9.97±0.30 <sup>abcd</sup>	82.45±0.24 <sup>cd</sup>
73	380	30	16.65±0.40 <sup>b</sup>	17.26±0.49 <sup>cd</sup>	10.16±0.30 <sup>ab</sup>	82.11±0.25 <sup>e</sup>
73	480	30	16.35±0.34 <sup>bc</sup>	17.40±0.41 <sup>bcd</sup>	10.08±0.23 <sup>abc</sup>	82.42±0.21 <sup>d</sup>
73	580	30	16.32±0.23 <sup>bc</sup>	17.42±0.22 <sup>bcd</sup>	9.98±0.12 <sup>abcd</sup>	82.44±0.17 <sup>cd</sup>
73	680	30	16.38±0.37 <sup>bc</sup>	17.69±0.49 <sup>abcd</sup>	9.97±0.30 <sup>abcd</sup>	82.45±0.24 <sup>cd</sup>
73	680	10	16.07±0.01 <sup>c</sup>	17.77±0.21 <sup>abcd</sup>	9.59±0.08 <sup>de</sup>	82.72±0.05 <sup>bc</sup>
73	680	30	16.38±0.37 <sup>bc</sup>	17.69±0.49 <sup>abcd</sup>	9.97±0.30 <sup>abcd</sup>	82.45±0.24 <sup>cd</sup>
73	680	50	17.27±0.10 <sup>a</sup>	18.20±0.09 <sup>a</sup>	10.36±0.08 <sup>a</sup>	81.74±0.10 <sup>f</sup>
73	680	70	16.33±0.11 <sup>bc</sup>	18.04±0.10 <sup>ab</sup>	9.96±0.09 <sup>abcd</sup>	82.57±0.07 <sup>bcd</sup>

The same superscripts in the same column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

#### 4.1.4. 초고압 처리조건에 따른 고추장의 저장 중 생균수변화

숙성된 고추장을 초고압-열 병합처리한 후 37℃에서 저장하는 동안 생균수의 변화를 측정하였다(Fig. 2). 산업적으로 적용할 것을 고려하여 낮은 압력으로 380 MPa/30분의 처리조건을 선택하였고, 680 MPa/70분의 처리조건은 미생물 살균효과가 가장 높았기에 선택하여 저장 실험을 행하였다. 고추장의 생균수는 저장기간에 따라 서서히 감소하는 경향을 보였다. 생균수의 감소 정도는 380 MPa/30분 처리군이 처리 직후  $1.8 \times 10^6$ 에서 저장 120일 후  $1.9 \times 10^4$ 로 약 2 log cycle 감소한 반면, 680 MPa/70분 처리군은 저장 초기  $4.0 \times 10^1$ 에서 60일 후 검출되지 않았다. 고추장 저장중 생균수가 감소하는 이유는 초고압-열 병합처리로 미생물이 상해를 받아 활성이 저하되었으며(Farkas와 Hoover, 2001), 또한 저장 중 pH의 감소 및 적정산도의 증가로 세균의 성장이 저해를 받았기 때문인 것으로 추정된다(Lee 등, 1997; Kim 등, 1993) Tanaka와 Hatanaka(1992)는 요구르트를 초고압으로 처리하여 10℃ 저장 중 젖산균수는 무처리군과 100~300 MPa 처리군은 저장기간 동안 거의 변화 없이 일정수를 유지한 반면, 400 MPa 처리군은 저장기간에 따라 감소하였고, 처리압력의 증가에 따라 그 감소폭이 컸으며, 700 MPa 처리군은 초기 약  $10^9$  CFU/mL에서 5일 후에는 약  $10^2$  CFU/mL으로 급격히 감소하였고 13일 후에는 검출되지 않았는데, 이는 고압처리에 의하여 젖산균이 손상을 받아 대사기능이 저하되어 시간의 경과에 따라 사멸된 것으로 추정하였다.

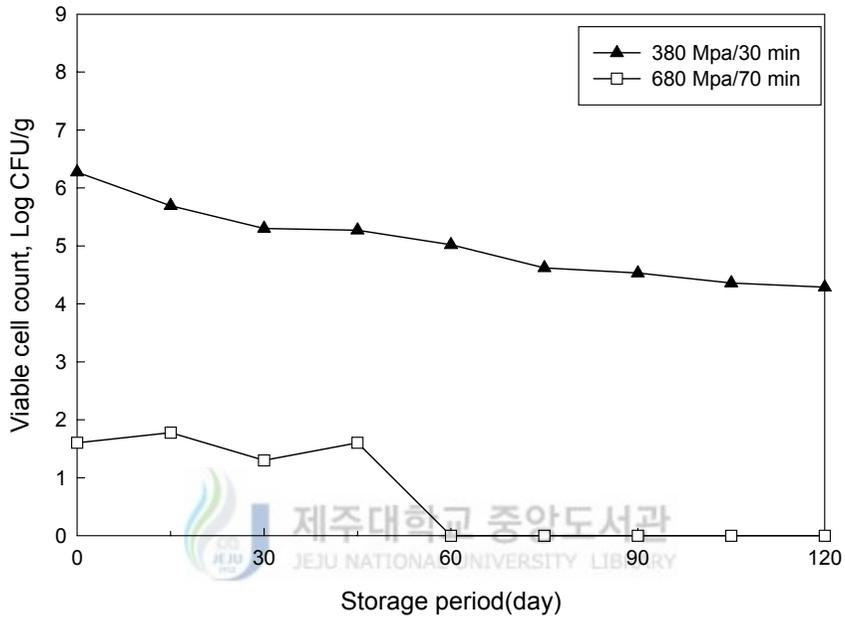


Fig. 2. Changes in viable cell counts of *Kochujang* treated with different high hydrostatic pressures at 73°C during storage at 37°C.

#### 4.1.5. 초고압 처리조건에 따른 고추장의 저장 중 이화학적 성질의 변화

초고압-열 병합처리한 고추장의 저장 중 이화학적 성질의 변화를 측정하였다. 고추장의 pH(Table 6)는 저장기간에 따라 유의적으로 감소하였다. 380 MPa/30분 처리군보다 680 MPa/70분 처리군의 감소폭이 더 컸다. 380 MPa/30분 처리군은 저장 45일까지는 서서히 감소하였다가 105일까지는 유의적 차이가 없었으나 그 이후 급격히 감소하였다. 680 MPa/70분 처리군도 저장 45일까지는 서서히 감소하였다가 90일까지는 유의적 차이가 없었으나 그 이후 감소하였다. 적정산도는 저장기간에 따라 유의적으로 서서히 증가하였다. 즉 pH가 높은 저장 초기에는 적정산도가 낮았으며, 저장기간의 경과에 따라 pH의 저하와 더불어 적정산도는 증가하였다. 380 MPa/30분 처리군보다 680 MPa/70분 처리군의 증가폭이 더 컸다. Miyama 등(1993)은 김치를 100, 200 MPa 처리구는 10℃에서 30일 저장 중 pH는 감소하였고, 적정산도는 증가하였으나, 300 MPa 이상 처리구는 변화가 없어 산생성이 억제되었다고 보고하였다. 본 연구에서는 특히 680 MPa/70분 처리군인 경우 미생물 살균효과가 높았으며 또한 60일 저장후 미생물이 검출되지 않아 저장 중 품질의 변화가 미약할 것으로 기대하였으나 pH 및 적정산도가 유의적으로 변화되었는데, 이는 미생물에 의한 효과라기보다는 잔존하는 효소들에 의한 화학반응에 의한 것으로 추정되며, 이에 대한 앞으로의 연구가 요망된다.

초고압-열 병합처리한 고추장의 저장 중 아미노태질소 함량(Table 7)은 저장기간에 따라 유의적으로 감소하였다. 380 MPa/30분 처리군보다 680 MPa/70분 처리군의 감소폭이 더 컸다. 380 MPa/30분 처리군은 저장 15일에 유의적으로 증가하였다가 저장 45일까지는 유의적 차이가 없이 그 수준을 유지하였으며, 그 후 다시 감소한 후 90일까지는 그 수준을 유지하였다가 감소하였다. 680 MPa/70분 처리군은 저장 45일까지 유의적인 차이를 보이지 않았다가 저장 60일에 감소하여 그 수준을 유지하였다가 105일 이후 다시 감소하였다. 고추장 저장 및 유통기간 중 아미노태질소 함량이 저하되면 비단백질성

질소성분인 암모니아태질소 성분으로 변화되어 바람직하지 못한 풍미를 유발하는 것으로 알려져 있다(Lee 등, 1997). 고추장의 환원당 함량은 저장기간에 따라 다소 증감을 반복하였는데, 이는 초고압 처리에 의하여 전분 또는 다당류의 분해가 거의 영향을 받지 않았기 때문인 것으로 추정된다(Hayashi 등, 1990). 대체적으로 380 MPa/30분 처리군이 680 MPa/70분 처리군보다 높은 함량을 유지하였다. 고추장의 에탄올 함량은 저장기간에 따라 간헐적으로 다소 감소하는 경향을 보였다. Park(1993)과 Kim 등(1994)은 고추장의 숙성 중 환원당 함량이 증가하는 것은 환원당이 알콜이나 유기산으로 전환되는 것보다는 밀가루의 전분이나 물엿의 맥아당이 분해되면서 생성되는 환원당량이 더 많기 때문이며, 환원당 함량이 감소하는 것은 전분이나 맥아당이 포도당으로 더 이상 전환되지 않았기 때문인 것으로 추정하고 있다.

Table 6. Changes in pH and titratable acidity of *Kochujang* treated with high hydrostatic pressure at 73°C during storage at 37°C

Treatment (MPa/min)	Storage period (day)	pH	Titratable acidity (mL/10g)
380/30	0	4.77±0.01 <sup>a</sup>	15.5±0.3 <sup>j</sup>
	15	4.75±0.01 <sup>a</sup>	16.7±0.4 <sup>hi</sup>
	30	4.62±0.01 <sup>bc</sup>	17.4±0.1 <sup>h</sup>
	45	4.57±0.01 <sup>d</sup>	18.2±0.1 <sup>g</sup>
	60	4.59±0.01 <sup>cd</sup>	19.1±0.1 <sup>ef</sup>
	75	4.57±0.09 <sup>d</sup>	18.9±0.4 <sup>efg</sup>
	90	4.59±0.01 <sup>cd</sup>	19.5±0.5 <sup>e</sup>
	105	4.54±0.01 <sup>d</sup>	19.5±1.3 <sup>e</sup>
	120	4.31±0.01 <sup>g</sup>	21.6±0.2 <sup>c</sup>
680/70	0	4.73±0.02 <sup>a</sup>	16.1±0.1 <sup>ij</sup>
	15	4.64±0.01 <sup>b</sup>	17.4±0.1 <sup>h</sup>
	30	4.54±0.01 <sup>d</sup>	18.6±0.1 <sup>fg</sup>
	45	4.45±0.02 <sup>ef</sup>	19.5±0.1 <sup>e</sup>
	60	4.43±0.01 <sup>f</sup>	21.2±0.1 <sup>cd</sup>
	75	4.48±0.02 <sup>e</sup>	20.5±0.2 <sup>d</sup>
	90	4.42±0.01 <sup>f</sup>	21.4±0.1 <sup>c</sup>
	105	4.35±0.01 <sup>g</sup>	22.4±0.4 <sup>b</sup>
	120	4.18±0.01 <sup>h</sup>	23.8±0.2 <sup>a</sup>

The same superscripts in the same column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

Table 7. Changes in amino nitrogen, reducing sugar and ethanol of *Kochujang* treated with high hydrostatic pressure at 73°C during storage at 37°C

Treatment (MPa/min)	Storage period (day)	Amino nitrogen (mg%)	Reducing sugar (%)	Ethanol (%)
380/30	0	159.9±2.4 <sup>b</sup>	20.7±1.7 <sup>a</sup>	1.28±0.16 <sup>ab</sup>
	15	168.0±2.0 <sup>a</sup>	19.7±0.2 <sup>ab</sup>	1.09±0.05 <sup>abcd</sup>
	30	167.8±0.9 <sup>a</sup>	18.0±0.1 <sup>bcd</sup>	1.09±0.01 <sup>abcd</sup>
	45	169.9±0.1 <sup>a</sup>	18.3±0.2 <sup>bcd</sup>	1.07±0.02 <sup>abcde</sup>
	60	161.0±1.7 <sup>b</sup>	18.5±0.1 <sup>bcd</sup>	0.79±0.01 <sup>cdef</sup>
	75	161.7±1.6 <sup>b</sup>	17.9±0.1 <sup>bcd</sup>	0.99±0.01 <sup>bcd</sup>
	90	157.8±2.7 <sup>b</sup>	19.9±0.2 <sup>a</sup>	0.93±0.01 <sup>cdef</sup>
	105	148.1±4.3 <sup>cd</sup>	19.8±0.2 <sup>ab</sup>	0.91±0.01 <sup>cdef</sup>
	120	144.1±3.6 <sup>d</sup>	17.2±0.3 <sup>d</sup>	0.80±0.01 <sup>cdef</sup>
680/70	0	156.8±5.0 <sup>b</sup>	18.1±2.2 <sup>bcd</sup>	1.34±0.13 <sup>a</sup>
	15	161.8±2.4 <sup>b</sup>	18.6±0.1 <sup>bcd</sup>	1.06±0.01 <sup>abcde</sup>
	30	162.4±1.1 <sup>b</sup>	19.4±0.1 <sup>abc</sup>	1.00±0.01 <sup>abcdef</sup>
	45	158.4±1.7 <sup>b</sup>	18.7±0.1 <sup>bcd</sup>	0.94±0.01 <sup>bcd</sup>
	60	149.0±2.0 <sup>cd</sup>	18.0±0.4 <sup>bcd</sup>	1.13±0.01 <sup>abc</sup>
	75	149.9±2.6 <sup>c</sup>	17.5±0.4 <sup>cd</sup>	0.79±0.01 <sup>cdef</sup>
	90	147.3±3.5 <sup>cd</sup>	19.7±0.1 <sup>ab</sup>	0.75±0.01 <sup>def</sup>
	105	138.9±1.2 <sup>e</sup>	19.5±0.4 <sup>abc</sup>	0.74±0.01 <sup>ef</sup>
	120	134.0±5.2 <sup>e</sup>	16.7±0.2 <sup>d</sup>	0.71±0.01 <sup>f</sup>

The same superscripts in the same column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

#### 4.1.6. 초고압 처리조건에 따른 고추장의 저장 중 색도의 변화

초고압-열 병합처리한 고추장의 저장 중 색차 변화는 Table 8과 같았다. 고추장의 L값은 저장기간에 따라 유의적으로 큰 폭으로 감소하여 급격히 흑변되는 경향을 보였다. 380 MPa/30분 처리군보다 680 MPa/70분 처리군의 감소폭이 더 컸다. 고추장의 a와 b값도 저장기간에 따라 유의적으로 감소하여 고추장 고유의 색을 잃어가는 경향을 보였으며, 380 MPa/30분 처리군보다 680 MPa/70분 처리군의 감소폭이 더 컸다. 이는 고춧가루에서 유래하는 capsanthin을 포함하는 carotenoids와 갈색화 반응의 산물은 고추장의 색을 구성하는 주요 요소인데, carotenoids는 불포화도가 매우 크므로 저장 중 산화에 의하여 파괴되었으며(Kim 등, 1999a; Lee 등, 1997), 또한 고추장에는 당과 아미노산이 다량 함유되어 있으므로 37°C와 같이 높은 온도에서 저장 중 Maillard 반응이 촉진되어 HMF(5-hydroxy methylfurfural)의 생성 및 그 산화, 중합체가 고추장의 변색에 기여한 것으로 추정된다(Kim과 Lee, 1994).

Table 8. Changes in Hunter L, a and b values of *Kochujang* treated with high hydrostatic pressure at 73°C during storage at 37°C

Treatment (MPa/min)	Storage period(day)										
	0	15	30	45	60	75	90	105	120		
380/30	L	16.65±0.40 <sup>a</sup>	13.18±0.33 <sup>c</sup>	11.95±0.13 <sup>e</sup>	11.57±0.10 <sup>f</sup>	10.61±0.06 <sup>g</sup>	10.26±0.12 <sup>h</sup>	9.66±0.27 <sup>i</sup>	8.65±0.15 <sup>i</sup>	8.35±0.16 <sup>i</sup>	
	a	17.26±0.49 <sup>b</sup>	12.78±0.35 <sup>c</sup>	10.96±0.22 <sup>e</sup>	9.84±0.12 <sup>f</sup>	9.18±0.11 <sup>g</sup>	7.38±0.23 <sup>i</sup>	6.58±0.14 <sup>j</sup>	5.90±0.19 <sup>k</sup>	5.29±0.43 <sup>l</sup>	
	b	10.16±0.30 <sup>a</sup>	7.40±0.22 <sup>c</sup>	6.55±0.04 <sup>e</sup>	6.22±0.04 <sup>f</sup>	5.67±0.03 <sup>g</sup>	5.21±0.09 <sup>i</sup>	4.89±0.06 <sup>j</sup>	4.21±0.09 <sup>lm</sup>	4.38±0.14 <sup>kl</sup>	
	△E	82.11±0.25 <sup>h</sup>	84.40±0.26 <sup>g</sup>	85.28±0.10 <sup>fg</sup>	85.51±0.09 <sup>ef</sup>	85.01±2.38 <sup>fg</sup>	86.50±0.14 <sup>de</sup>	87.30±0.31 <sup>cd</sup>	87.93±0.13 <sup>bc</sup>	88.19±0.13 <sup>abc</sup>	
680/70	L	16.33±0.11 <sup>b</sup>	12.86±0.07 <sup>d</sup>	11.74±0.04 <sup>ef</sup>	10.31±0.11 <sup>gh</sup>	8.97±0.11 <sup>k</sup>	9.30±0.11 <sup>j</sup>	8.53±0.14 <sup>j</sup>	7.36±0.13 <sup>n</sup>	7.94±0.16 <sup>m</sup>	
	a	18.04±0.10 <sup>a</sup>	12.12±0.12 <sup>d</sup>	10.78±0.09 <sup>e</sup>	7.82±0.05 <sup>h</sup>	6.59±0.06 <sup>j</sup>	5.65±0.24 <sup>kl</sup>	4.74±0.07 <sup>m</sup>	4.68±0.13 <sup>m</sup>	3.89±0.20 <sup>n</sup>	
	b	9.96±0.09 <sup>b</sup>	7.20±0.06 <sup>d</sup>	6.55±0.03 <sup>e</sup>	5.39±0.01 <sup>h</sup>	4.56±0.03 <sup>k</sup>	4.52±0.04 <sup>k</sup>	4.14±0.11 <sup>m</sup>	3.48±0.06 <sup>n</sup>	3.66±0.02 <sup>n</sup>	
	△E	82.57±0.07 <sup>h</sup>	84.59±0.08 <sup>fg</sup>	85.46±0.05 <sup>efg</sup>	86.50±0.12 <sup>de</sup>	87.66±0.11 <sup>bc</sup>	87.29±0.13 <sup>cd</sup>	87.93±0.15 <sup>bc</sup>	89.11±0.13 <sup>a</sup>	88.49±0.16 <sup>ab</sup>	

The same superscripts in the same row are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

## 4.2. 열과 초고압으로 처리한 고추장의 저장 중 품질 변화

### 4.2.1. 열과 초고압으로 처리한 고추장의 저장 중 생균수 변화

고추장을 열과 초고압으로 처리한 후 37℃에서 저장하는 동안 생균수의 변화를 측정하였다(Fig. 3). 초고압 처리조건은 예비실험을 통하여 고추장을 온도(49, 57, 66, 73℃), 압력(380, 480, 580, 680 MPa), 시간(10, 30, 50, 70분)을 달리하여 처리한 후 미생물 살균효과를 측정한 결과, 저온에서 고압처리인 경우 살균효과가 적었는데 반하여 고온을 병용하여 높은 압력에서 처리하였을 경우 살균효과가 높게 나타났으므로, 초고압 처리조건으로 73℃/680 MPa/30분을 선정하여 고추장을 처리한 후 저장기간 동안 품질변화를 무처리군, 열처리군과 측정 비교하였다.

처리 직후 생균수는 열처리군이  $1.4 \times 10^6$  CFU/g, 초고압 처리군이  $1.5 \times 10^3$  CFU/g으로 무처리군의  $3.7 \times 10^6$  CFU/g과 비교하여 볼 때 열처리에 의한 미생물 살균효과는 미약하였으나, 초고압 처리를 병행할 경우 생균수를 3 log cycle 감소시킬 수 있었다. 이는 시판되고 있는 S사 제품의 열처리 고추장을 분석한 결과 생균수가  $8.3 \times 10^6$  CFU/g인 것으로 보아, 열처리만으로는 고추장의 미생물이 그다지 감소되지 않고 있음을 시사하여 주고 있다.

고추장의 생균수는 저장기간이 증가함에 따라 감소하였다. 무처리군은 저장기간에 따라 생균수가 서서히 감소하여 저장 초기에  $3.7 \times 10^6$  CFU/g에서 저장 120일에는  $5.4 \times 10^4$  CFU/g으로 2 log cycle 감소하였다. 열처리군은 생균수가 저장 초기에  $1.4 \times 10^6$  CFU/g에서 저장 45일까지는 서서히 감소하였다가 그 후에 급격히 감소하여 저장 120일에는  $3.1 \times 10^2$  CFU/g으로 4 log cycle 감소하였다. 한편 초고압 처리군은 처리 직후 생균수가  $1.5 \times 10^3$  CFU/g에서 저장 45일까지는 서서히 감소하였다가 그 후 급격히 감소하였으며, 저장 90일 후에는 검출되지 않았다. 고추장 저장 중 생균수가 감소하는 이유로는 미생물 대사에 의한 유기산 생성으로 고추장의 pH의 감소 및 적정산도의 증가로

세균의 성장이 저해 받았기 때문이며(Lee 등, 1997; Kim 등, 1993), 초고압 처리한 고추장의 저장 중 미생물 사멸은 고압처리에 의하여 손상을 받아 대사기능이 저하된 미생물이 회복하지 못하고 환경이 악화됨에 따라 사멸된 것으로 추정된다(Tanaka와 Hatanaka, 1992). Miyama 등(1993)도 절임을 10℃에서 저장 중 세균수는 무처리군의 경우 다소 증가하였으나, 300과 500 MPa 처리군은 60과 40 CFU/mL에서 25일 후에는 검출되지 않았다고 보고하였다.



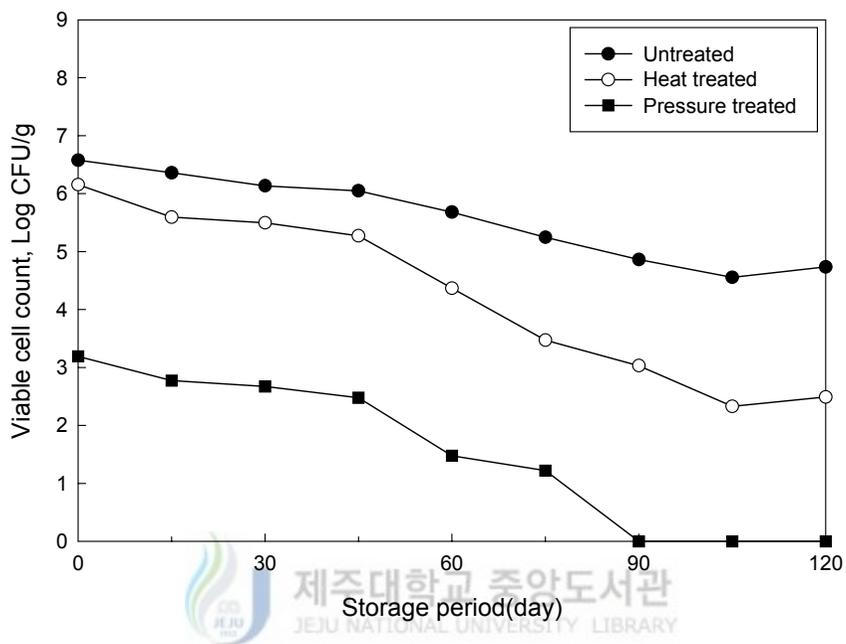


Fig. 3. Changes in viable cell counts of *Kochujang* treated with heat and high hydrostatic pressure during storage at 37°C.

#### 4.2.2. 열과 초고압으로 처리한 고추장의 저장 중 pH와 적정산도의 변화

열과 초고압으로 처리한 고추장의 저장 중 pH와 적정산도의 변화는 Table 9과 같았다. 고추장의 pH는 저장기간에 따라 유의적으로 감소하였는데, 저장 90일까지는 서서히 감소하였다가 그 후 급격히 감소하였으며, 저장 120일에는 무처리 고추장의 pH가 가장 낮았다. 동일 저장기간에서 처리방법에 따른 고추장의 pH는 저장 120일을 제외하고는 유의적인 차이가 없었다. Lee 등(1997)도 고추장의 pH는 저장기간에 따라 감소하였고, 저장온도가 증가할수록 빨리 감소하는 경향을 보였으며, Kim 등(1999a)은 무처리 된장의 pH가 낮은 것은 내포되어 있는 젖산균, 산생성세균 등에 의하여 유기산이 생성되었기 때문이라고 보고하였다. 한편 초고압 처리한 고추장의 경우 생균수의 급격한 감소로 인하여 저장기간 중 pH 변화 양상이 무처리군과는 다를 것으로 예상하였으나 그렇지 않았는데, 이는 미생물에 의한 효과라기보다는 잔존 효소들에 의한 화학반응에 의한 것으로 추정되며, 앞으로 이에 대한 연구가 요망된다. Kim 등(1998b)은 고추장을 제조한 직후 방사선 조사로 미생물을 살균시킨 후 발효시키면서 품질변화를 측정된 결과, 방사선조사에 의하여 고추장 중의 미생물 수가 감소되어도 발효기간 중에 상당량의 유기산이 생성되었으며, 발효기간에 따라 유기산의 종류와 그 구성비가 달라졌다는 연구보고도 있다.

고추장의 적정산도는 저장기간에 따라 유의적으로 증가하였다. 즉 pH가 높은 저장 초기에는 적정산도가 낮은 편이었으며, 저장기간에 따라 pH의 저하와 더불어 적정산도는 증가하였다. 저장 45일 후부터 열처리한 고추장의 적정산도는 무처리군에 비하여 낮은 값을 유지하였다. 초고압으로 처리한 고추장의 적정산도는 저장기간에 따라 무처리군보다는 다소 낮은 값을, 열처리군보다는 다소 높은 값을 유지하였다. 고추장의 저장기간 중 pH가 감소하고 적정산도가 증가하는 이유는 미생물에 의한 대사산물이 축적되었기 때문인 것으로 추정된다(Lee 등, 1997; Shin 등, 1994). Tanaka와 Hatanaka(1992)는 요구르트를 초고압 처리하여 10℃ 저장 중 적정산도는 무처리, 100, 200 MPa 처리군은 저장

기간에 따라 현저히 증가하였지만, 300 MPa 이상 처리구는 변화가 인지되지 않았으며, Miyama 등(1993)은 김치를 100, 200 MPa 처리구는 10℃, 30일 저장 중 pH는 감소하였고 적정산도는 증가하였으나, 300 MPa 이상 처리구는 변화가 없어 산생성이 억제되었다고 보고하였다.



Table 9. Changes in pH and titratable acidity of *Kochujang* treated with heat and high hydrostatic pressure during storage at 37°C

Treatment	Storage period (day)	pH	Titratable acidity (0.1 N NaOH mL/10g)
Untreated	0	4.76±0.08 <sup>a</sup>	15.4±0.1 <sup>l</sup>
	15	4.65±0.01 <sup>bc</sup>	16.4±0.4 <sup>jk</sup>
	30	4.55±0.01 <sup>ef</sup>	18.2±0.1 <sup>i</sup>
	45	4.50±0.01 <sup>fgh</sup>	19.3±0.3 <sup>h</sup>
	60	4.46±0.01 <sup>ghi</sup>	21.0±0.3 <sup>fg</sup>
	75	4.40±0.06 <sup>jk</sup>	21.8±0.2 <sup>e</sup>
	90	4.42±0.01 <sup>ij</sup>	21.9±0.1 <sup>de</sup>
	105	4.34±0.01 <sup>l</sup>	22.6±0.8 <sup>cd</sup>
Heat treated (80°C/30 min)	0	4.76±0.05 <sup>a</sup>	15.6±0.1 <sup>l</sup>
	15	4.62±0.01 <sup>bcd</sup>	17.5±0.1 <sup>i</sup>
	30	4.59±0.01 <sup>cde</sup>	17.6±0.1 <sup>i</sup>
	45	4.52±0.01 <sup>fg</sup>	18.3±0.3 <sup>i</sup>
	60	4.50±0.01 <sup>fgh</sup>	19.6±0.1 <sup>h</sup>
	75	4.44±0.09 <sup>hij</sup>	20.8±0.1 <sup>fg</sup>
	90	4.47±0.01 <sup>ghi</sup>	20.7±0.1 <sup>fg</sup>
	105	4.35±0.01 <sup>kl</sup>	21.9±0.4 <sup>de</sup>
Pressure treated (73°C/680 MPa/30 min)	0	4.75±0.04 <sup>a</sup>	15.8±0.2 <sup>kl</sup>
	15	4.67±0.03 <sup>b</sup>	16.7±0.2 <sup>j</sup>
	30	4.58±0.01 <sup>ed</sup>	17.8±0.2 <sup>i</sup>
	45	4.48±0.01 <sup>ghi</sup>	19.3±0.1 <sup>h</sup>
	60	4.49±0.02 <sup>fgh</sup>	20.5±0.1 <sup>g</sup>
	75	4.46±0.02 <sup>ghij</sup>	20.9±0.2 <sup>fg</sup>
	90	4.47±0.02 <sup>ghi</sup>	21.5±0.2 <sup>ef</sup>
	105	4.34±0.01 <sup>l</sup>	23.7±1.5 <sup>b</sup>
120	4.15±0.03 <sup>m</sup>	23.3±0.2 <sup>bc</sup>	

The same superscripts in the same column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

#### 4.2.3. 열과 초고압으로 처리한 고추장의 저장 중 아미노태질소, 환원당, 에탄올 함량의 변화

열과 초고압으로 처리한 고추장의 저장 중 아미노태질소, 환원당, 에탄올 함량의 변화는 Table 10와 같았다. 고추장의 아미노태질소 함량은 저장기간에 따라 유의적으로 감소하였다. 무처리 고추장의 아미노태질소 함량은 37℃에서 저장 15일 후 증가하였다가 저장 45일 까지는 일정한 경향을 보이다가 그 후 감소하는 경향을 보였다. 반면, 열처리군과 초고압처리군은 저장기간에 따라 지속적으로 감소하는 경향을 보였으며 그 감소폭은 열처리군이 가장 높았다. 초고압으로 처리한 고추장의 아미노태질소 함량은 저장기간 내내 열처리군보다는 높은 값을, 무처리군보다는 낮은 값을 유지하였다.

Miyama 등(1993)은 절임을 초고압으로 처리한 후 조미액 중의 유리아미노산 함량은 고압처리와 가열처리 모두에서 감소하는 경향을 보였으며, 고압처리구에서의 감소량은 가열처리구에 비하여 훨씬 적었다고 보고하였다. Kim 등(1999a)도 살균된장은 생된장에 비하여 아미노태질소 함량이 약 20~80 mg% 낮았는데, 이는 고추장 중에 존재하는 microflora의 차이와 protease의 활성저하에 기인하며, Kim 등(2000)도 가열처리한 고추장은 무처리 고추장 보다 저장기간 중 낮은 아미노태질소 값을 유지하였는데, 이는 protease의 역가가 떨어지는 결과와 일치하였다고 보고하였다.

열과 초고압으로 처리한 고추장의 저장 중 환원당 함량은 처리방법에 관계없이 저장기간에 따라 유의적으로 차이가 없었다. 초고압으로 처리하면 전분 또는 다당류의 분해는 거의 영향을 받지 않는 것으로 알려져 있다. Jung 등(1994)은 공장산 고추장을 37℃ 저장 중 환원당 변화를 측정된 결과 서서히 감소하는 경향을 보였으나 감소량은 그다지 크지 않았다고 보고하였다. 열과 초고압으로 처리한 고추장의 저장 중 에탄올 함량도 처리방법에 관계없이 저장기간에 따라 유의적으로 차이가 없었다. Kim 등(1998b)은 방사선 조사 고추장의 경우 활성이 있는 amylase나 protease에 의하여 전분이나 단백질 분해는

계속되었으나 방사선 조사로 인하여 미생물의 살균 또는 균수의 감소로 알콜 발효가 억제되었다고 보고하였다.



Table 10. Changes in amino nitrogen, reducing sugar and ethanol content of *Kochujang* treated with heat and high hydrostatic pressure during storage at 37°C

Treatment	Storage period (day)	Amino nitrogen (mg%)	Reducing sugar (%)	Ethanol (%)
Untreated	0	158.0±5.7 <sup>cde</sup>	18.6±1.2 <sup>abcd</sup>	1.32 <sup>a</sup>
	15	168.2±1.2 <sup>a</sup>	18.4±0.1 <sup>abcdef</sup>	1.13 <sup>abc</sup>
	30	168.3±4.5 <sup>a</sup>	19.3±0.1 <sup>abc</sup>	1.00 <sup>bcd</sup>
	45	167.8±1.5 <sup>a</sup>	19.4±0.1 <sup>abc</sup>	0.80 <sup>cdefg</sup>
	60	158.0±1.9 <sup>cde</sup>	18.3±0.1 <sup>abcdefg</sup>	0.76 <sup>defg</sup>
	75	150.7±1.1 <sup>fg</sup>	18.6±0.3 <sup>abcde</sup>	0.78 <sup>defg</sup>
	90	153.2±1.6 <sup>def</sup>	19.5±0.4 <sup>abc</sup>	0.68 <sup>defg</sup>
	105	145.4±0.1 <sup>ghi</sup>	18.7±0.1 <sup>abcd</sup>	0.65 <sup>efg</sup>
	120	139.4±1.4 <sup>jk</sup>	16.7±0.6 <sup>efg</sup>	0.54 <sup>g</sup>
Heat treated (80°C/30 min)	0	161.1±4.8 <sup>bc</sup>	18.6±1.3 <sup>abcde</sup>	1.28 <sup>ab</sup>
	15	158.6±0.1 <sup>cd</sup>	19.7±0.4 <sup>ab</sup>	0.96 <sup>cde</sup>
	30	157.2±0.4 <sup>cde</sup>	18.5±0.1 <sup>abcdef</sup>	0.94 <sup>cdef</sup>
	45	152.5±1.2 <sup>df</sup>	18.1±0.1 <sup>bdefg</sup>	0.93 <sup>cdef</sup>
	60	145.6±0.7 <sup>fhi</sup>	17.6±0.3 <sup>cdefg</sup>	0.86 <sup>cdefg</sup>
	75	140.8±2.1 <sup>ij</sup>	17.0±0.2 <sup>defg</sup>	0.79 <sup>defg</sup>
	90	134.7±7.7 <sup>kl</sup>	18.8±1.6 <sup>abcd</sup>	0.75 <sup>defg</sup>
	105	130.9±0.6 <sup>lm</sup>	19.1±0.4 <sup>abc</sup>	0.64 <sup>efg</sup>
	120	127.4±0.7 <sup>m</sup>	16.5±0.2 <sup>g</sup>	0.61 <sup>gf</sup>
Pressure treated (73°C/680 MPa/30 min)	0	159.4±3.3 <sup>c</sup>	19.3±0.9 <sup>abc</sup>	1.32 <sup>a</sup>
	15	165.3±1.4 <sup>ab</sup>	19.1±0.1 <sup>abc</sup>	1.13 <sup>abc</sup>
	30	160.6±2.3 <sup>bc</sup>	19.7±0.1 <sup>ab</sup>	0.92 <sup>cdef</sup>
	45	157.1±2.4 <sup>cde</sup>	20.2±0.2 <sup>a</sup>	0.87 <sup>cdefg</sup>
	60	150.6±0.8 <sup>fg</sup>	18.8±0.2 <sup>abcd</sup>	0.83 <sup>cdefg</sup>
	75	148.7±1.3 <sup>fgh</sup>	17.9±4.4 <sup>bdefg</sup>	0.88 <sup>cdef</sup>
	90	144.9±2.6 <sup>hi</sup>	20.3±0.1 <sup>a</sup>	0.91 <sup>cdef</sup>
	105	134.8±3.4 <sup>kl</sup>	19.8±0.1 <sup>ab</sup>	0.64 <sup>efg</sup>
	120	135.8±2.7 <sup>kl</sup>	16.6±0.4 <sup>fg</sup>	0.73 <sup>defg</sup>

The same superscripts in the same column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

#### 4.2.4. 열과 초고압으로 처리한 고추장의 저장 중 색차의 변화

열과 초고압으로 처리한 고추장의 저장 중 색차의 변화는 Table 11과 같았다. 고추장의 L값은 저장기간에 따라 유의적으로 감소하여 흑변하는 경향을 보였다. 저장 45일까지는 급격히 감소하였으며, 그 이후에는 감소폭이 적었다. 무처리 고추장의 L값은 열처리군과 초고압처리군에 비하여 감소폭이 더 컸으며, 초고압으로 처리한 고추장의 L값은 열처리군과 유사한 경향을 나타내었다. 고추장의 a값도 저장기간에 따라 유의적으로 감소하여 고추장 고유의 색을 잃어가는 경향을 보였다. 열처리 고추장의 a값은 무처리군에 비하여 저장기간 동안 높은 값을 유지하였으며, 초고압으로 처리한 고추장의 a값은 열처리군과 비슷한 경향을 나타내었다. 고추장의 b값도 저장기간에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 보였다. 열처리군과 초고압처리군의 b값은 무처리군보다 저장기간 동안 높은 값을 유지하였다.

초고압 처리는 식품에서 일어나는 화학반응에 따라 긍정적 또는 부정적인 두가지 효과를 나타내는 것으로 알려져 있는데, 비효소적 갈변반응인 Maillard 반응은 억제되는 반면, 식품에 용존산소가 존재하면 탈색되거나 풍미 변화를 초래하는 것으로 알려져 있다(Bruna 등, 1998). Lee 등(1997)은 고추장의 L, a, b 값은 저장기간이 경과할수록 저하되었는데, 고추장의 적색도인 a값과 황색도인 b값의 감소는 capsanthin을 포함한 carotenoids의 산화에 의한 탈색에 기인하며, Kim과 Lee(1994)등은 고추장의 변색원인은 Maillard 반응으로 추정하고 있는데, 고추장에는 원료로 물엿을 첨가하므로 Maillard 반응이 일어나기 쉬운 조건을 가지고 있다.

Table 11. Changes in Hunter L, a and b values of *Kochujang* treated with heat and high hydrostatic pressure during storage at 37°C

Treatment	Storage period(day)									
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	
Untreated	L	15.38±0.21 <sup>b</sup>	14.14±0.10 <sup>c</sup>	11.19±0.13 <sup>g</sup>	9.93±0.12 <sup>j</sup>	8.73±0.04 <sup>jk</sup>	8.01±0.12 <sup>l</sup>	7.77±0.20 <sup>mn</sup>	6.93±0.15 <sup>p</sup>	6.60±0.14 <sup>q</sup>
	a	16.53±0.19 <sup>b</sup>	14.36±0.12 <sup>c</sup>	9.55±0.22 <sup>h</sup>	7.55±0.11 <sup>i</sup>	6.99±0.08 <sup>k</sup>	4.43±0.32 <sup>m</sup>	4.04±0.19 <sup>mn</sup>	3.90±0.29 <sup>n</sup>	3.49±0.09 <sup>o</sup>
	b	9.26±0.14 <sup>b</sup>	8.09±0.04 <sup>c</sup>	5.96±0.06 <sup>e</sup>	5.07±0.04 <sup>f</sup>	4.50±0.05 <sup>k</sup>	3.65±0.06 <sup>m</sup>	3.52±0.19 <sup>mn</sup>	3.02±0.07 <sup>p</sup>	3.08±0.04 <sup>p</sup>
	ΔE	83.09±0.15 <sup>q</sup>	83.77±0.12 <sup>p</sup>	85.83±0.14 <sup>l</sup>	86.77±0.11 <sup>i</sup>	87.93±0.04 <sup>e</sup>	88.46±0.11 <sup>f</sup>	88.62±0.20 <sup>ef</sup>	89.48±0.16 <sup>b</sup>	89.79±0.14 <sup>a</sup>
Heat treated (80°C/30 min)	L	16.45±0.40 <sup>a</sup>	12.85±0.12 <sup>e</sup>	12.15±0.14 <sup>f</sup>	10.84±0.15 <sup>h</sup>	9.58±0.34 <sup>i</sup>	8.99±0.13 <sup>j</sup>	8.60±0.13 <sup>k</sup>	7.32±0.22 <sup>no</sup>	7.59±0.24 <sup>mn</sup>
	a	17.70±0.36 <sup>a</sup>	11.86±0.14 <sup>e</sup>	11.17±0.21 <sup>f</sup>	8.57±0.25 <sup>i</sup>	7.25±0.41 <sup>jk</sup>	5.24±0.05 <sup>l</sup>	5.21±0.10 <sup>l</sup>	4.44±0.28 <sup>m</sup>	3.96±0.24 <sup>n</sup>
	b	10.14±0.26 <sup>a</sup>	7.17±0.09 <sup>e</sup>	6.79±0.13 <sup>f</sup>	5.64±0.10 <sup>h</sup>	4.75±0.20 <sup>j</sup>	4.14±0.04 <sup>l</sup>	4.16±0.11 <sup>l</sup>	3.31±0.09 <sup>no</sup>	3.39±0.13 <sup>n</sup>
	ΔE	82.40±0.28 <sup>f</sup>	84.57±0.10 <sup>n</sup>	85.13±0.10 <sup>m</sup>	86.06±0.13 <sup>k</sup>	87.18±0.39 <sup>j</sup>	87.54±0.13 <sup>h</sup>	87.92±0.14 <sup>g</sup>	89.12±0.24 <sup>cd</sup>	88.83±0.25 <sup>de</sup>
Pressure treated (73°C/680 MPa/30 min)	L	16.38±0.37 <sup>a</sup>	13.57±0.30 <sup>d</sup>	12.11±0.23 <sup>f</sup>	10.73±0.13 <sup>h</sup>	9.73±0.16 <sup>i</sup>	8.74±0.02 <sup>jk</sup>	8.39±0.16 <sup>k</sup>	7.06±0.13 <sup>op</sup>	7.59±0.10 <sup>mn</sup>
	a	17.69±0.49 <sup>a</sup>	13.38±0.23 <sup>d</sup>	10.68±0.27 <sup>e</sup>	8.28±0.21 <sup>i</sup>	7.46±0.18 <sup>j</sup>	4.85±0.17 <sup>l</sup>	4.39±0.11 <sup>m</sup>	3.92±0.06 <sup>n</sup>	3.79±0.09 <sup>no</sup>
	b	9.97±0.30 <sup>a</sup>	7.77±0.15 <sup>d</sup>	6.59±0.13 <sup>f</sup>	5.61±0.10 <sup>h</sup>	5.00±0.11 <sup>i</sup>	4.19±0.06 <sup>l</sup>	4.00±0.06 <sup>l</sup>	3.16±0.09 <sup>op</sup>	3.67±0.03 <sup>m</sup>
	ΔE	82.45±0.24 <sup>f</sup>	84.14±0.27 <sup>o</sup>	85.09±0.18 <sup>m</sup>	86.13±0.14 <sup>k</sup>	87.01±0.18 <sup>ji</sup>	87.77±0.03 <sup>ih</sup>	88.04±0.16 <sup>e</sup>	89.36±0.13 <sup>bc</sup>	88.83±0.10 <sup>de</sup>

The same superscripts in the same row are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

## 要 約

고추장에 초고압-열 병합처리법을 적용하여 미생물 살균효과 및 품질변화와 37℃ 저장 중 품질변화를 측정하였다. 고추장을 680 MPa/30분에서 49~73℃로 처리하였을 때 생균수는 0~3 log cycle 감소하였고, 73℃/30분에서 380~680 MPa로 처리하였을 때 0~3 log cycle 감소하였고, 73℃/680 MPa에서 10~70분 처리하였을 때 2~5 log cycle 감소하였다. 고추장의 pH, 적정산도, 아미노태질소 함량, 환원당 함량, 에탄올 함량 등 이화학적 성질은 초고압-열 병합처리 여부와 처리 조건에 관계없이 유의적인 차이가 없었다. 초고압-열 병합처리한 고추장의 L, a, b값은 무처리 고추장에 비하여 유의적으로 높았다. 고추장을 37℃에서 저장 중 생균수와 품질변화를 측정하였다. 고추장의 생균수는 저장기간에 따라 감소하는 경향을 보였다. 생균수는 380 MPa/30분 처리군이 처리 직후  $1.8 \times 10^6$ 에서 저장 120일 후  $1.9 \times 10^4$ 로 약 2 log cycle 감소한 반면, 680 MPa/70분 처리군은 저장 초기  $4.0 \times 10^1$ 에서 60일 후 검출되지 않았다. 저장기간에 따라 고추장의 pH는 유의적으로 감소하였고, 적정산도는 증가하였다. 아미노태질소 함량은 저장기간에 따라 유의적으로 감소하였고, 환원당 함량은 다소 증감을 반복하였으며, 에탄올 함량은 저장기간에 따라 간헐적으로 다소 감소하는 경향을 보였다. 고추장의 L, a, b값은 저장기간에 따라 유의적으로 큰 폭으로 감소하였다. 전체적으로 380 MPa/30분 처리군보다 680 MPa/70분 처리군의 변화폭이 더 컸다.

고추장을 열(80℃/30분)과 초고압(73℃/680 MPa/30분)으로 처리한 후 37℃에서 120일간 저장하면서 생균수와 품질 변화를 측정하였다. 처리 직후 생균수는 열처리군이  $1.4 \times 10^6$  CFU/g, 초고압 처리군이  $1.5 \times 10^3$  CFU/g으로 무처리군의  $3.7 \times 10^6$  CFU/g과 비교하여 볼 때 열처리에 의한 미생물 살균효과는 미약하였으나, 초고압 처리로 생균수를 약 3 log cycle 감소시킬 수 있었다.

고추장의 생균수는 저장기간에 따라 감소하였다. 무처리군은 저장 초기에

3.7×10<sup>6</sup> CFU/g에서 저장 120일에는 5.4×10<sup>4</sup> CFU/g으로 약 2 log cycle 감소하였고, 열처리군은 저장 초기에 1.4×10<sup>6</sup> CFU/g에서 저장 120일에는 3.1×10<sup>2</sup> CFU/g으로 약 4 log cycle 감소한 반면, 초고압 처리군은 처리 직후 1.5×10<sup>3</sup> CFU/g에서 저장 90일 후에는 검출되지 않았다. 고추장의 pH는 저장기간에 따라 유의적으로 감소하였다. 고추장의 적정산도는 저장기간에 따라 유의적으로 증가하였으며, 초고압 처리군은 무처리군보다는 낮은 값을, 열처리군보다는 높은 값을 유지하였다. 고추장의 아미노태질소 함량은 저장기간에 따라 유의적으로 감소하였으며, 초고압 처리군은 열처리군보다는 높은 값을, 무처리군보다는 낮은 값을 유지하였다. 고추장의 저장 중 환원당과 에탄올 함량은 처리방법에 관계없이 저장기간에 따라 유의적으로 차이가 없었다. 고추장의 Hunter L, a, b값은 저장기간에 따라 유의적으로 감소하여 흑변하는 현상을 관찰할 수 있었으며, 무처리 고추장은 열처리군과 초고압 처리군에 비하여 변색의 정도가 심하였으나, 초고압 처리군은 열처리군과 유사한 경향을 나타내었다.

## 參 考 文 獻

- Ahn, C.W. and N.K. Sung. 1987. Changes of major components and microorganisms during the fermentation of Korean Ordinary *Kochujang*. *J. Kor. Soc. Food Nutr.*, 16, 35~39.
- Aleman, G.D., D.F. Farkas, S. McIntyre, J.A. Torres and E. Wilhelmsen. 1994. Ultra-high pressure pasteurization of fresh cut pineapple. *J. Food Protect.*, 57, 931~934.
- Bruna, D., L. Istenesova, M. Voldrich and M. Cerovsky. 1998. Composition changes of strawberry puree during high pressure pasteurization. In *High Pressure Food Science, Bioscience and Chemistry* Isaacs, N.S.(ed.), *The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK*, 248~253.
- Castellari, M., G. Arfelli, C. Riponi, G. Carpi and A. Amati. 2000. High hydrostatic pressure treatments for beer stabilization. *J. Food Sci.*, 65, 974~977.
- Cheftel, J.C. 1991. Application des hautes pression on technologie alimentaire. *Ind. Alim. Agric.*, 108, 141~153.
- Cho, W.I., D.U. Kim, Y.S. Kim and Y.R. Pyun. 1994. Ohmic heating characteristics of fermented soybean paste and *Kochujang*. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 26, 791~798.

Chung, W.C., T.S. Lee and S.H. Nam. 1986. Changes in free sugars of Kochujangs during aging. *J. Kor. Agric. Chem. Soc.*, 29, 16~21.

Coughi, F. 1993. Use of high pressure in the food industry. *Industrie Alimentari.*, 32, 956~961.

Delfini, C., L. Conterno, G. Carpi, P. Rovere, A. Tabusso, C. Cocito and A. Amati. 1995. Microbiological stabilisation of grape musts and wines by high hydrostatic pressures. *J. Wine Res.*, 6, 143~151.

Farkas, D.F and D.G. Hoover. 2001. High pressure processing. *J. Food Sci. supplement.*, 47~64.



Farr, D. 1990. High pressure technology in the food industry. *Trends Food Sci. Technol.*, 1, 14~16.

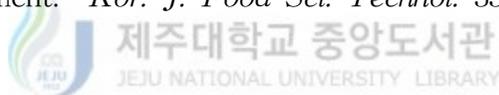
한국식품공업협회, 1997, 식품공전, 문영사, 서울, pp.473~578.

Hayashi, R. 1989. Use of high pressure to food processing and preservation, pp.1~30. In "Use of High Pressure in Food"(ed. Hayashi, R.). San-Ei Pub. Co. Kyoto.

Heramans, K. 1983. High pressure effects on proteins and other biomolecules. *Ann. Rev. Biophys. Bioeng.*, 11, 1.

Hong, K.P and J.Y. Park. 1998a. Changes in microorganisms, enzymes and

- texture of *Dongchimi* by high hydrostatic pressure treatment. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 30, 596~601.
- Hong, K.P and J.Y. Park. 1998b. Effects of high pressure on the shelf-life and quality of *Dongchimi*. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 30, 602~607.
- Horie, Y., K. Kimura, Y. Yosida and K. Ohki. 1991. Jam preparation by pressurization. *Nippon Nogeikagaku Kaishi.*, 65, 975~980.
- Jwa, M.K., S.B. Lim, C.K. Mok and Y.S. Park. 2001. Inactivation of microorganisms and enzymes in *Foxtail Millet Takju* by high hydrostatic pressure treatment. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 33, 226~230.
- Jeong, D.Y., M.R. Song and D.H. Shin. 2001. Prevention of swelling and quality improvement of Sunchang traditional *Kochujang* by natural additives. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.*, 30, 605~610.
- Johnson, F.H. and C.E. Zobell. 1949. The retardation of thermal disinfection of *Bacillus subtilis* spores by hydrostatic pressure. *J. Bacteriol.*, 57, 353~358.
- Jung, S.W., Y.H. Kim, M.S. Koo, D.B. Shin, K.S. Chun and Y.S. Kim. 1994. Changes in physicochemical properties of industry-type *Kochujang* during storage. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 26, 403~410.
- Jung, Y.C., W.J. Choi, N.S. Oh and M.S. Han. 1996. Distribution and



- physiological characteristics of yeast in traditional and commercial *Kochujang*. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 28, 253~259.
- Kim, D.H. and Y.M. Kwon. 2001. Effect of storage conditions on the microbiological and physicochemical characteristics of traditional *Kochujang*. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 33, 589~595.
- Kim, D.H., H.S. Yook, K.C. Youn, C.B. Sohn and M.W. Byun. 2001. Changes of microbiological and general quality characteristics of gamma irradiated *Kochujang*. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 33, 72~77.
- Kim, H.S., K.Y. Lee, H.G. Lee, O. Han and U.J. Chang. 1997. Studies on the extension of the shelf life of *Kochujang* during storage. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.*, 26, 595~600.
- Kim, J.O. and K.H. Lee. 1994. Effect of temperature on color and color preference of industry-produced *Kochujang* during storage. *J. Kor. Soc. Food Nutr.*, 23, 641~646.
- Kim, J.S., S.H. Choi, S.D. Lee, G.H. Lee and M.J. Oh. 1999a. Quality changes of sterilized soybean paste during its storage. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.*, 28, 1069~1075.
- Kim, M.S., I.W. Kim, J.A. Oh and D.H. Shin. 1999b. Effect of different *Koji* and irradiation on the quality of traditional *Kochujang*. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 31, 196~205.

- Kim, M.S., E.Y. Ahn, E.S. Ahn and D.H. Shin. 2000. Characteristic changes of *Kochujang* by heat treatment. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 32, 867~874.
- Kim, M.S., I.W. Kim, J.A. Oh and D.H. Shin. 1998a. Quality changes of traditional *Kochujang* prepared with different *Meju* and red pepper during fermentation. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 30, 924~933.
- Kim, M.S., J.A. Oh, I.W. Kim, D.H. Shin and M.S. Han. 1998b. Fermentation properties of irradiated *Kochujang*. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 30, 934~940.
- Kim, Y.S., D.J. Kwon, M.S. Koo, H.I. Oh and T.S. Kang. 1993. Changes in microflora and enzyme activities of traditional *Kochujang* during fermentation. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 25, 502~509.
- Kim, Y.S., J. Cha, S.W. Jung, E.J. Park and J.O. Kim. 1994. Changes of physicochemical characteristics and development of new quality indices for industry-produced *Koji Kochujang*. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 26, 453~458.
- Kinugasa, H., T. Takeo, K. Fukumoto and M. Ishihara. 1992. Changes in tea components during processing and preservation of tea extracts by hydrostatic pressure sterilization. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, 66, 702~712.

- Kitching, J.A. 1957. Effects of high hydrostatic pressure on the activity of flagellates and ciliates. *J. Experimental Biol.*, 34, 494~510.
- Knorr, D. 1993. Effects of high-hydrostatic pressure processes on food safety and quality. *Food Technol.*, 4, 156~161.
- Larson, W.P., T.B. Hartzell and H.S. Diel. 1918. The effect of high pressure on bacteria. *J. Infect. Diseases.*, 22, 272~279.
- Lechowich, R.V. 1993. Food safety implications of high hydrostatic pressure as a food processing method. *Food Technol.*, 47, 170~172.
- Lee, D.U., J. Park, J. Kang and I.H. Yeo. 1996. Effect of high hydrostatic pressure on the shelf-life and sensory characteristics of *Angelica Keiskei* juice. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 28, 105~108.
- 이한창. 1991. 고추와 고추장, 한국기술사회지, 24, 12.
- 이한창. 1992. 한국의 장류(분류, 미생물, 문제점을 중심으로), 한국식생활에서의 장류 문화, 한국식생활문화학회, 7, 371~381.
- Lee, J.M., J.H. Jang, N.S. Oh and M.S. Han. 1996. Bacterial distribution of *Kochujang*. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 28, 260~266.
- Lee, K.H., M.S. Lee and S.O. Park. 1976. Studies on the microflora and enzymes influencing on korea native *kochuzang*(red pepper soybean

- paste) aging. *J. Kor. Agric. Chem. Soc.*, 19, 82~92.
- Lee, K.Y., H.S. Kim, H.G. Lee, O. Han and U.J. Chang. 1997. Studies on the prediction of the shelf-life of *Kochujang* through the physicochemical and sensory analyses during storage. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.*, 26, 588~594.
- Lee, T.S. 1979. Studies on the brewing of *Kochuzang*(red pepper paste)by the addition of yeasts. *J. Kor. Agric. Chem. Soc.*, 22, 65~90.
- Lee, T.S. and Y.J. Park. 1976. Studies on the effects of red pepper powder on the enzyme production and growth of *Aspergillus oryzae*. part I. the effects of concentration of red pepper powder added. *J. Kor. Agric. Chem. Soc.*, 19, 227~232.
- Lee, T.S., H.O. Cho, C.S. Kim and J.G. Kim. 1980a. The brewing of *Kochuzang*(red pepper paste) from different starch sources. part I. proximate component and enzyme activity during *Koji* preparation. *J. Kor. Agric. Chem. Soc.*, 23, 157~165
- Lee, T.S., K.T. Yang, Y.J. Park and J.H. Yu. 1980b. Studies on the browning of *Kochujang* with the addition of mixed cultures of yeast strains. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 12, 313~323.
- Lim, S.B., M.S. Yang., S.H. Kim., C.K. Mok and G.J. Woo. 2000. Changes in quality of low salt fermented anchovy by high hydrostatic pressure

treatment. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 32, 111~116.

Mackey, B.M., K. Forestiere and N. Isaacs. 1995. Factors affecting the resistance of *Listeria monocytogenes* to high hydrostatic pressure. *Food Biotechnol.*, 9, 1~11.

Matsumoto, T. 1991. High pressure treatment for preservation of pickles, pp.368~377. In "High Pressure Bioscience for Food"(ed. Hayashi, R.). San-Ei Pub. Co., Kyoto.

Marquis, R.E. 1976. High-pressure microbial physiology. *Adv. Microbial Physiol.*, 11, 159~241.



Mertens, B and D. Knorr. 1992. Developments of nonthermal processes for food preservation. *Food Technol.*, 46, 124~133.

Miller, G.L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.*, 31, 426~428.

Miyama, K., T. Watanabe and H. Yanakisawa 1993. Application of hydrostatic pressure to salted vegetables. *New Food Ind.*, 35, 49~57.

Mok, C.G., K.T. Song, S.K. Lee, J.H. Park, G.J. Woo and S.B. Lim. 2000. Microbial changes of salted and fermented shrimp by high hydrostatic pressure treatment. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 32, 349~355.

농수축산신보. 2000. 한국식품연감, 서울, pp.557~561.

Ogawa, H., K. Fukuhisa, H. Fukumoto and K. Hori. 1989. Effect of hydrostatic pressure on sterilization and preservation of freshly-squeezed, non-pasteurized citrus juice. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, 63, 1109~1114.

Oh, H.I and J.M. Park. 1997. Changes in quality characteristics of traditional *Kochujang* prepared with a *Meju* of different fermentation period during aging. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 29, 1166~1174.

Parish, M.E. 1998. High pressure inactivation of *Saccharomyces cerevisiae*, endogenous microflora and pectinmethylesterase in orange juice. *J. Food Protect.*, 18, 57~65.



Park, J.M. and H.I. Oh. 1995. Changes in microflora and enzyme activities of traditional *Kochujang meju* during fermentation. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 27, 56~62.

Park, W.P. 1993. Quality changes of *Kochujang* with different mixing ratio of raw starch materials during aging. *J. Kor. Soc. Food Nutr.*, 22, 433~436.

Park, W.P. 1994. Quality Changes of *Kochujang* made of rice flour and rice starch syrup during aging. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 26, 23~25.

Perrier-Cornet, J.M., P.A. Marechal and P. Gervais. 1995. A new design

- intended to relate high pressure treatment to yeast cell mass transfer. *J. Biotechnol.*, 41, 49~58.
- Sale, A.J.H., G.W. Gould and W.A. Hamilton. 1969. Inactivation of bacterial spores by hydrostatic pressure. *J. Gen. Microbiol.*, 60, 323~334.
- SAS Institute Inc. 1996. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA.
- Seyderhelm, I., S. Bogusalwaki, G. Michaelis and D. Knorr. 1996. Pressure induced inactivation of selected food enzymes. *J. Food Sci.*, 61, 308~310.
- Shimada, S., M. Andou, N. Naito, N. Yamada, M. Osumi and R. Hayashi. 1993. Effects of hydrostatic pressure on the ultra structure of internal substances in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 40, 123~131.
- Shin, D.B., W.M. Park, O.S. Yi, M.S. Koo and K.S. Chung. 1994. Effect of storage temperature on the physicochemical characteristics in *Kochujang*. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 26, 300~304.
- Shin, D.H., D.H. Kim, U. Choi, D.K. Lim, M.S. Lim. 1996a. Studies on taste components of traditional *Kochujang*. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 28, 152~156.
- Shin, D.H., D.H. Kim, U. Choi, D.K. Lim and M.S. Lim. 1996b. Studies on

the physicochemical characteristics of traditional *Kochujang*. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 28, 157~161.

Shin, D.H., D.H. Kim, U. Choi, M.S. Lim, and E.Y. An. 1997a. Changes in microflora and enzymes activities of traditional *Kochujang* prepared with various raw materials. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 29, 901~906.

Shin, D.H., D.H. Kim, U. Choi, M.S. Lim, and E.Y. An. 1997b. Physicochemical characteristics of traditional *Kochujang* prepared with various raw materials. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 29, 907~912.

Shin, D.H., D.H. Kim, U. Choi, M.S. Lim, and E.Y. An. 1997c. Taste components of traditional *Kochujang* prepared with various raw materials. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 29, 913~918.

Shin, D.H., D.H. Kim, U. Choi, M.S. Lim and E.Y. An. 1997d. Effect of red pepper varieties on the physicochemical characteristics of traditional *Kochujang* during fermentation. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.*, 26, 1044~1049.

손경현. 1996, 고압처리에 의한 살균과 효소 불활성화가 식품의 품질과 저장성에 미치는 영향, 서울대학교 대학원 박사학위논문.

Sim, K.S. 1964. Studies on the antifungal activity of capsaicine for 'ganjang' soy sauce. *J. Pharm. Soc. Kor.*, 8, 69~73.

- Smelt, J.P.P.M. 1998. Recent advances in the microbiology of high pressure processing. *Trends Food Sci. Technol.*, 9, 152~158.
- Tagi, Y., T. Awao, N. Mitsura and Y. Takagaki. 1990. Sterilization of *Bacillus sp.* spores by hydrostatic pressure, pp.143~155. In "Pressure Processed Food"(ed. Hayashi, R.). San-Ei Pub. Co. Kyoto.
- Tamaoka, T., N. Itoh and R. Hayashi. 1991. High pressure effect on Maillard reaction. *Agri. Biol. Chem.*, 55, 2071~2074.
- Tanaka, T. and K. Hatanaka. 1992. Application of hydrostatic pressure to yoghurt to prevent its after-acidification. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 39, 173~177.
- Timson, W.J. and A.J. Short. 1965. Resistance of microorganisms of hydrostatic pressure. *Biotechnol. Bioeng.*, 7, 139~159.
- Yano, Y., A. Nakayama, S. Kishihara and H. Saito. 1998. Adaptive changes in membrane lipids of barophilic bacteria in response to changes in growth pressure. *Appl. Environ. Microbiol.*, 64, 479~485.
- Yen, G.C. and H.T. Lin. 1996. Comparison of high pressure treatment and thermal pasteurization effects on the quality and shelf-life of *guava puree*. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 31, 205~213.
- Yoo, B.S. and W.S. Choi. 1999. Effect of fermentation time on rheological

properties of *Kochujang* in steady and dynamic flow. *Food Sci. Biotechnol.*, 8, 300~304.

Yukizaki, C. 1994. Sterilization of sea urchin eggs by hydrostatic pressure. *Shokuhin Kogyo*, 94, 50~53.

Zimmerman, F and C. Bergman. 1993. Isostatic pressure equipment for food preservation. *Food Technol.*, 47, 162~163.

Zobell, C.E. and A.B. Cobet. 1962. Filament formation by *Escherichia coli* at increased hydrostatic pressures. *J. Bacteriol.*, 87, 710~714.



## 謝 辭

학위과정을 마치며 배움에는 끝이 없다는 생각을 깨달으며, 한 권의 논문을 세상에 내놓게 되었습니다. 그 동안 제게 많은 일들이 있었고 어려움도 있었으나 많은 고마운 분들의 도움이 있었기에 무사히 학위과정을 마칠 수 있었습니다. 도움을 주신 많은 분들에 대한 고마움을 짧은 지면을 통해 인사드림을 죄송스럽게 생각하고 있습니다.

먼저 부족함이 많은 저에게 만학의 길로 들어설 수 있도록 지도와 격려를 아낌없이 베풀어주시고 본 논문이 완성될 때까지 심혈을 기울여 지도해주신 임상빈 교수님께 머리 숙여 진심으로 감사드립니다.

학위과정동안 칭찬과 용기를 아끼지 않으시고 세세하게 논문을 다듬어 주신 송대진 교수님, 김수현 교수님, 하진환 교수님께도 깊이 감사드립니다. 늘 애정어린 관심으로 격려해 주신 식품공학과 김재하 교수님, 강영주 교수님, 고영환 교수님께도 감사드립니다. 먼 곳에서도 논문심사에 선뜻 참여하여 주시고 많은 조언을 주신 경상대학교 김정환 교수님께도 감사드립니다.

논문의 완성까지 좋은 환경과 많은 도움을 주신 분리공정실험실의 최미경 박사님께 감사드리며, 정성근, 임지희 선생님과 분리공정실험실 모든 식구들에게도 고마움을 전합니다.

오늘에 있기까지 많은 도움을 주신 제주산업정보대학 임태호 학장님을 비롯하여 교수님들과 교직원 여러분께 감사드립니다.

가까운 곳에서 항상 걱정해주시고 지켜봐 주신 정완석 박사님, 오창경 박사님, 오명철 박사님과 제주산업정보대학 관광호텔조리계열 교수님들께도 감사의 말씀을 전합니다.

2002년은 제게 참으로 중요한 한 해였습니다. 오늘에 이르기까지 연구에만 전념할 수 있도록 도와주고, 사랑과 인내로 참아준 아내 김정숙과 사랑하는 아들 종범, 용범, 상범 그리고 딸 선주, 따느리 호경에게도 고맙고 사랑한다는 말을 전합니다.

2002年 12月

金 奉 五 拜