

초고압처리에 따른 고추장의 품질 변화

임상빈 · 좌미경 · 목철균* · 박영서*
 제주대학교 식품공학과, *경원대학교 식품생물공학과

Quality Changes in *Kochujang* treated with High Hydrostatic Pressure

Sangbin Lim, Mi-Kyung Jwa, Chulkyoon Mok* and Young-Seo Park*

Department of Food Science and Engineering, Cheju National University

*Department of Food and Bioengineering, Kyungwon University

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 were decreased with the increase of temperature, pressure and time. Viable cell counts in the treated *Kochujang* were 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 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 were decreased with the increase of the storage period at 37°C. Viable cell counts in *Kochujang* treated at 380 MPa/30 min were decreased up to 2 log cycle from 1.8×10^6 to 1.94×10^4 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 4.00×10^1 CFU/g. pH, amino nitrogen and ethanol content were decreased, and titratable acidity were 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.

Key words : *Kochujang*, high hydrostatic pressure, quality change, storage

서 론

우리나라 고유의 전통 발효식품인 고추장은 고추의 매운 맛, 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⁽¹⁾. 그런데 이들 미생물은 고추장을 숙성시킨 후 상온에서 저장유통하는 동안 가스가 발생되어 부풀어오르게 하며, 성분, 외관이 변화되어 색택, 향미 등 품질 저하의 원인이 된다⁽²⁾.

지금까지 식품의 안전성과 저장성을 향상시키기 위하여 식

품의 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⁽³⁾. 특히 고추장은 반고체 상태의 유동성 식품으로 점성이 큰 슬러지 상태의 식품이기 때문에 가열에 의한 살균 또한 용이하지 않으므로^(4,5) 가열살균한 공장산 고추장의 경우에도 유통기간중 부풀어오르거나 품질이 열화되는 문제점을 안고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위한 비가열 처리법에는 전자기 조사, 전자파 조사, 광 펄스, 초고압 처리, CO₂ 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^(6,7). 압력에 의한 미생물의 손상은 주로 세포막에서 일어나는데, 세포막의 기능상실은 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 가

Corresponding author : Sangbin Lim, Department of Food Science and Engineering, Cheju National University, Ara-dong, Jeju, Jeju 690-756, Korea
 Tel: 82-64-754-3617
 Fax: 82-64-755-3601
 E-mail: sblim@cheju.cheju.ac.kr

속화된다⁽⁸⁾. 일반적으로 20~25°C에서 400 MPa 이상의 초고압 처리로 미생물의 영양세포는 파괴되지만, 포자를 사멸시키기 위해서는 900 MPa의 고압과 더불어 고온 병합 처리가 요구되는 것으로 알려져 있다⁽⁹⁾.

따라서 본 연구에서는 숙성이 완료된 고추장에 초고압-열 병합처리법을 적용하여 미생물 살균효과 및 품질변화와 37°C 저장 중 품질 변화를 측정하였다.

재료 및 방법

고추장 제조: 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⁽¹⁰⁾ 후 약 150 g씩 폴리에틸렌 필름(0.15 mm thickness, 15 cm×20 cm)으로 진공포장하여 30°C에서 90일 숙성 후 시험재료로 사용하였다. 또한 시판되고 있는 S사 제품을 구입하여 분석하였다.

고추장의 열처리: 고추장을 얇게 편 다음 80°C의 항온수조에서 30분간 살균한 후 즉시 냉각시켰다.

고추장의 초고압처리: 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°C)를 달리하여, 73°C/30분에서 처리압력(380, 480, 580, 680 MPa)을 달리하여, 73°C/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.

저장실험: 가속실험을 위하여 고추장 제국실의 관리온도에 근접한 37°C에서 4개월간 저장하면서 매 15일마다 시료를 취하여 분석하였다.

생균수: 시료 약 10 g에 멸균된 생리식염수(0.8% NaCl, 0.1% Tween 80) 90 mL를 가하고 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.

pH, 적정산도, 아미노태질소: 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 이때 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 8.4까지 다시 적정하였다(A). 같은 조작으로 0.1 N NaOH 용액의 바탕시험을 실시하여(B) 다음 식에 따라 계산하였다⁽¹¹⁾.

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

- A: 0.1 N NaOH 용액의 시료 적정량(mL)
- B: 0.1 N NaOH 용액의 바탕시험(mL)
- F: 0.1 N NaOH 용액의 factor

에탄올: 고추장의 에탄올 함량은 산화환원적정법으로 측정하였다⁽¹²⁾. 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 이르르면 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 mL를 가하고, 1% 전분용액 약 1 mL를 가한 후 즉시 0.1 N 티오황산나트륨 용액으로 적정한 후 다음 식에 따라 계산하였다.

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

- H: 0.1 N 티오황산나트륨 용액의 소요량(mL)
- F: 0.1 N 티오황산나트륨 용액의 factor

환원당: 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⁽¹³⁾.

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

통계처리: 본 실험의 측정 결과는 SAS package⁽¹⁴⁾를 이용하여 통계처리하였으며, Duncan's multiple range test에 의하여 분석하였고, 유의성 검정은 $\alpha = 0.05$ 에서 시행하였다.

결과 및 고찰

초고압 처리조건에 따른 고추장의 생균수 변화

먼저 예비실험을 통하여 고추장을 상온과 40°C에서 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 1) 고추장을 680 MPa/30분에서 49, 57, 66, 73°C로 처리하였는데, 생균수는 무처리 고추장에 비하여 0~3 log cycle 감소하였다. 상온에서 고압처리인 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⁽¹⁵⁾. Taki 등⁽¹⁶⁾은 실온에서는 가압에 의한 살균효과가 거의 없는 *Bacillus*속 아포세균에 대하여 60°C의 가온을 병용하여 현저한 살균효과를 얻었고, Miyama 등⁽¹⁷⁾도 절

Table 1. Changes in viable cell counts of Kochujang treated with high hydrostatic pressure

Temperature (°C)	Pressure (MPa)	Time (min)	Viable cell count (CFU/g)
untreated			$3.78 \pm 0.31 \times 10^6$
49	680	30	$1.83 \pm 0.04 \times 10^6$
57	680	30	$1.54 \pm 0.38 \times 10^6$
66	680	30	$2.00 \pm 0.01 \times 10^5$
73	680	30	$1.56 \pm 0.19 \times 10^3$
73	380	30	$1.88 \pm 0.01 \times 10^6$
73	480	30	$5.43 \pm 1.37 \times 10^5$
73	580	30	$3.89 \pm 0.15 \times 10^4$
73	680	30	$1.56 \pm 0.19 \times 10^3$
73	680	10	$3.41 \pm 0.83 \times 10^4$
73	680	30	$1.56 \pm 0.19 \times 10^3$
73	680	50	$3.20 \pm 1.13 \times 10^2$
73	680	70	$4.00 \pm 0.01 \times 10^1$

임을 600 MPa/10분에서 60°C로 처리하였을 때 초기 세균수가 약 10^4 에서 10^1 CFU/mL까지 감소하였다고 보고하였다. 따라서 고추장의 발효에는 100°C의 대두 증자온도에서도 살아남아 viable cell colony를 형성하는 *Bacillus*속 아포세균 등이 관여되어 있는 것으로 알려져 있는바⁽²⁾, 포자생성균에 의한 내열 및 내압성이 고추장의 초고압 살균의 어려움으로 지적될 수가 있다.

처리 압력의 효과를 측정하기 위하여 고추장을 73°C/30분에서 380, 480, 580, 680 MPa로 처리하였는데, 생균수는 무처리 고추장에 비하여 0~3 log cycle 감소하여, 미생물 살균 효과는 처리압력의 증가에 따라 증가한 것으로 보아 고추장 중의 미생물 살균을 위해서는 높은 압력이 요구되었다. 고추장에는 식염과 당이 다량 함유되어 있는데, 이들 성분은 초고압 처리시 그 효과를 억제하는 것으로 알려져 있는바⁽⁸⁾, 이에 의한 압력 살균 억제효과도 한 요인으로 지적될 수 있다.

고추장을 고온/고압 즉, 73°C/680 MPa에서 10, 30, 50, 70 분으로 시간을 달리하여 처리하였는데, 생균수는 무처리 고추장에 비하여 처리시간에 따라 2~5 log cycle 감소하였다. 이는 식품을 초고압으로 처리하면 압력이 순간적으로 전달되기 때문에 높은 살균효과를 얻기 위해서는 그에 상당한 압력 유지시간이 필요하기 때문이다⁽¹⁸⁾.

한편 동일한 고추장을 공장산 고추장의 살균방법과 같은 조건으로 항온수조에서 열처리(80°C/30분)하였는데, 생균수는 1.43×10^6 CFU/g으로 무처리 고추장의 3.78×10^6 CFU/g과 비교하여 볼 때 그 살균효과는 미약하였다. 이는 시판되고 있는 S사의 고추장을 분석한 결과 생균수가 8.34×10^6 CFU/g인 것으로 보아, 열처리만으로는 고추장의 미생물이 그다지 살균되지 않고 있음을 시사하여 주고 있다. 이상의 결과로부터 고추장 중의 미생물 살균은 고온·고압에서도 처리시간을 길게 하여야 극대화시킬 수 있음을 알 수 있었다.

초고압 처리조건에 따른 고추장의 이화학적 성질 변화

고추장을 초고압-열 병합처리하여 이화학적 성질의 변화를 측정하였다. 고추장의 pH(Table 2)는 무처리 고추장과 비교

Table 2. 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^a	15.4 ± 0.1^{ab}
49	680	30	4.81 ± 0.01^a	15.8 ± 0.1^{ab}
57	680	30	4.78 ± 0.01^a	15.6 ± 0.1^{ab}
66	680	30	4.80 ± 0.07^a	15.3 ± 0.3^{ab}
73	680	30	4.75 ± 0.04^a	15.8 ± 0.2^{ab}
73	380	30	4.77 ± 0.01^a	15.6 ± 0.3^{ab}
73	480	30	4.79 ± 0.06^a	15.6 ± 0.2^{ab}
73	580	30	4.78 ± 0.02^a	15.2 ± 0.9^b
73	680	30	4.75 ± 0.04^a	15.8 ± 0.2^{ab}
73	680	10	4.75 ± 0.01^a	16.1 ± 0.5^{ab}
73	680	30	4.75 ± 0.04^a	15.8 ± 0.2^{ab}
73	680	50	4.73 ± 0.02^a	16.0 ± 0.1^{ab}
73	680	70	4.73 ± 0.02^a	16.1 ± 0.1^a

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

하여 처리온도, 압력, 시간에 관계없이 유의적인 차이가 없었다. 고추장의 적정산도는 일부 처리조건간에는 차이가 있었으나 전체적으로 볼 때 무처리군과 비교하여 처리온도, 압력, 시간에 관계없이 유의적인 차이가 없었다.

고추장의 감칠맛과 관련이 있는 아미노태질소 함량⁽¹⁹⁾은 일부 처리조건간에는 차이가 있었으나 전체적으로 볼 때 무처리 고추장과 비교하여 처리온도, 압력, 시간에 관계없이 유의적인 차이가 없었다(Table 3). 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.

고추장을 초고압-열 병합처리하여 색차 변화를 측정하였다(Table 4). 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 축합반응을 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⁽²⁰⁾.

Table 3. Changes in amino nitrogen, reducing sugar and ethanol of *Kochujang* treated with high hydrostatic pressure

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

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

Table 4. Changes in Hunter L, a and b values of *Kochujang* treated with high hydrostatic pressure

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

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

초고압 처리조건에 따른 고추장의 저장중 생균수변화

숙성된 고추장을 초고압-열 병합처리한 후 37°C에서 저장하는 동안 생균수의 변화를 측정하였다(Fig. 1). 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 1.88×10^6 에서 저장 120일 후 1.94×10^4 로 약 2 log cycle 감소한 반면, 680 MPa/70분 처리군은 저장 초기 4.00×10^1 에서 60일 후 검출되지 않았다. 고추장 저장중 생균수가 감소하는 이유는 초고압-열 병합처리로 미생물이 상해를 받아 활성이 저하되었으며⁽⁸⁾, 또한 저장 중 pH의 감소 및 적정산도의 증가로 세균의 성장이 저해를 받았기 때문인 것으로 추정된다^(11,21). Tanaka와 Hatanaka⁽²²⁾는 요구르트를 초고압으로 처리하여 10°C 저장중 젖산균수는 무처리군과 100~300 MPa 처리군은 저장기간 동안 거의 변화없이 일정수를 유지한 반면, 400 MPa 처리군은 저장기간에 따라 감소하였고, 처

리압력의 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.

초고압 처리조건에 따른 고추장의 저장 중 이화학적 성질의 변화

초고압-열 병합처리한 고추장의 저장 중 이화학적 성질의 변화를 측정하였다. 고추장의 pH(Table 5)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 경

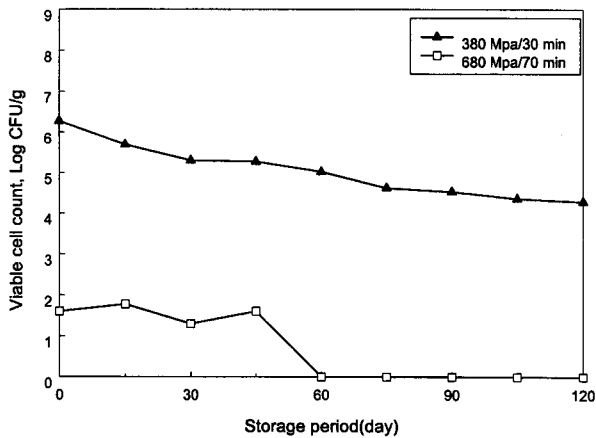


Fig. 1. Changes in viable cell counts of *Kochujang* treated with high hydrostatic pressure at 73°C during storage at 37°C

과에 따라 pH의 저하와 더불어 적정산도는 증가하였다. 380 MPa/30분 처리군보다 680 MPa/70분 처리군의 증가폭이 더 컸다. Miyama 등⁽¹⁷⁾은 김치를 100, 200 MPa 처리군은 10°C에서 30일 저장 중 pH는 감소하였고, 적정산도는 증가하였으나, 300 MPa 이상 처리군은 변화가 없어 산생성이 억제되었다고 보고하였다. 본 연구에서는 특히 680 MPa/70분 처리군인 경우 미생물 살균효과가 높았으며 또한 60일 저장후 미생물이 검출되지 않아 저장중 품질의 변화가 미약할 것으로 기대하였으나 pH 및 적정산도가 유의적으로 변화되었는데, 이는 미생물에 의한 효과라기보다는 어떤 화학반응에 의한 것으로 추정되며, 이에 대한 연구가 요망된다.

초고압-열 병합처리한 고추장의 저장 중 아미노테질소 함량(Table 6)은 저장기간에 따라 유의적으로 감소하였다. 380 MPa/30분 처리군보다 680 MPa/70분 처리군의 감소폭이 더

Table 5. 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 ^a	15.5 ± 0.3 ⁱ	
	15	4.75 ± 0.01 ^a	16.7 ± 0.4 ^{hi}	
	30	4.62 ± 0.01 ^{bc}	17.4 ± 0.1 ^h	
	45	4.57 ± 0.01 ^d	18.2 ± 0.1 ^g	
	60	4.59 ± 0.01 ^{cd}	19.1 ± 0.1 ^{ef}	
	75	4.57 ± 0.09 ^d	18.9 ± 0.4 ^{efg}	
	90	4.59 ± 0.01 ^{cd}	19.5 ± 0.5 ^e	
	105	4.54 ± 0.01 ^d	19.5 ± 1.3 ^e	
	120	4.31 ± 0.01 ^g	21.6 ± 0.2 ^c	
	680/70	0	4.73 ± 0.02 ^a	16.1 ± 0.1 ^{ij}
		15	4.64 ± 0.01 ^b	17.4 ± 0.1 ^h
		30	4.54 ± 0.01 ^d	18.6 ± 0.1 ^{fg}
45		4.45 ± 0.02 ^{ef}	19.5 ± 0.1 ^e	
60		4.43 ± 0.01 ^f	21.2 ± 0.1 ^{cd}	
75		4.48 ± 0.02 ^e	20.5 ± 0.2 ^d	
90		4.42 ± 0.01 ^f	21.4 ± 0.1 ^c	
105		4.35 ± 0.01 ^g	22.4 ± 0.4 ^b	
120		4.18 ± 0.01 ^h	23.8 ± 0.2 ^a	

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

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 감소하

Table 6. 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 ^b	20.7 ± 1.7 ^a	1.28 ± 0.16 ^{ab}	
	15	168.0 ± 2.0 ^a	19.7 ± 0.2 ^{ab}	1.09 ± 0.05 ^{abcd}	
	30	167.8 ± 0.9 ^a	18.0 ± 0.1 ^{bcd}	1.09 ± 0.01 ^{abcd}	
	45	169.9 ± 0.1 ^a	18.3 ± 0.2 ^{bcd}	1.07 ± 0.02 ^{abcde}	
	60	161.0 ± 1.7 ^b	18.5 ± 0.1 ^{bcd}	0.79 ± 0.01 ^{cdef}	
	75	161.7 ± 1.6 ^b	17.9 ± 0.1 ^{bcd}	0.99 ± 0.01 ^{bcdef}	
	90	157.8 ± 2.7 ^b	19.9 ± 0.2 ^a	0.93 ± 0.01 ^{cdef}	
	105	148.1 ± 4.3 ^{cd}	19.8 ± 0.2 ^{ab}	0.91 ± 0.01 ^{cdef}	
	120	144.1 ± 3.6 ^d	17.2 ± 0.3 ^d	0.80 ± 0.01 ^{cdef}	
	680/70	0	156.8 ± 5.0 ^b	18.1 ± 2.2 ^{bcd}	1.34 ± 0.13 ^a
		15	161.8 ± 2.4 ^b	18.6 ± 0.1 ^{bcd}	1.06 ± 0.01 ^{abcde}
		30	162.4 ± 1.1 ^b	19.4 ± 0.1 ^{abc}	1.00 ± 0.01 ^{abcdef}
45		158.4 ± 1.7 ^b	18.7 ± 0.1 ^{bcd}	0.94 ± 0.01 ^{bcdef}	
60		149.0 ± 2.0 ^{cd}	18.0 ± 0.4 ^{bcd}	1.13 ± 0.01 ^{abc}	
75		149.9 ± 2.6 ^c	17.5 ± 0.4 ^{cd}	0.79 ± 0.01 ^{cdef}	
90		147.3 ± 3.5 ^{cd}	19.7 ± 0.1 ^{ab}	0.75 ± 0.01 ^{def}	
105		138.9 ± 1.2 ^e	19.5 ± 0.4 ^{abc}	0.74 ± 0.01 ^{ef}	
120		134.0 ± 5.2 ^e	16.7 ± 0.2 ^d	0.71 ± 0.01 ^f	

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

Table 7. 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 ^a	13.18±0.33 ^c	11.95±0.13 ^e	11.57±0.10 ^f	10.61±0.06 ^g	10.26±0.12 ^h	9.66±0.27 ⁱ	8.65±0.15 ^l	8.35±0.16 ^l	
a	17.26±0.49 ^b	12.78±0.35 ^c	10.96±0.22 ^e	9.84±0.12 ^f	9.18±0.11 ^g	7.38±0.23 ⁱ	6.58±0.14 ^j	5.90±0.19 ^k	5.29±0.43 ^l	
b	10.16±0.30 ^a	7.40±0.22 ^c	6.55±0.04 ^e	6.22±0.04 ^f	5.67±0.03 ^g	5.21±0.09 ^j	4.89±0.06 ^j	4.21±0.09 ^{lm}	4.38±0.14 ^{kl}	
ΔE	82.11±0.25 ^b	84.40±0.26 ^g	85.28±0.10 ^{fg}	85.51±0.09 ^{ef}	85.01±2.38 ^{fg}	86.50±0.14 ^{de}	87.30±0.31 ^{cd}	87.93±0.13 ^{bc}	88.19±0.13 ^{abc}	
680/70 L	16.33±0.11 ^b	12.86±0.07 ^d	11.74±0.04 ^{ef}	10.31±0.11 ^{gh}	8.97±0.11 ^k	9.30±0.11 ^j	8.53±0.14 ^l	7.36±0.13 ⁿ	7.94±0.16 ^m	
a	18.04±0.10 ^a	12.12±0.12 ^d	10.78±0.09 ^e	7.82±0.05 ^h	6.59±0.06 ^j	5.65±0.24 ^{kl}	4.74±0.07 ^m	4.68±0.13 ^m	3.89±0.20 ⁿ	
b	9.96±0.09 ^b	7.20±0.06 ^d	6.55±0.03 ^e	5.39±0.01 ^h	4.56±0.03 ^k	4.52±0.04 ^k	4.14±0.11 ^m	3.48±0.06 ⁿ	3.66±0.02 ⁿ	
ΔE	82.57±0.07 ^h	84.59±0.08 ^{fg}	85.46±0.05 ^{efg}	86.50±0.12 ^{de}	87.66±0.11 ^{bc}	87.29±0.13 ^{cd}	87.93±0.15 ^{bc}	89.11±0.13 ^a	88.49±0.16 ^{ab}	

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

여 그 수준을 유지하였다가 105일에 다시 감소하였다. 고추장 저장 및 유통기간 중 아미노태질소 함량이 저하되면 비단백질성 질소성분인 암모니아태질소 성분으로 변화되어 바람직하지 못한 풍미를 유발하는 것으로 알려져 있다⁽¹¹⁾. 고추장의 환원당 함량은 저장기간에 따라 다소 증감을 반복하였는데, 이는 초고압 처리에 의하여 전분 또는 다당류의 분해가 거의 영향을 받지 않았기 때문인 것으로 추정된다⁽²³⁾. 대체적으로 380 MPa/30분 처리군이 680 MPa/70분 처리군보다 높은 함량을 유지하였다. 고추장의 에탄올 함량은 저장기간에 따라 간헐적으로 다소 감소하는 경향을 보였다. 박⁽²⁴⁾과 김 등⁽²⁵⁾은 고추장의 숙성 중 환원당 함량이 증가하는 것은 환원당이 알콜이나 유기산으로 전환되는 것보다는 밀가루의 전분이나 물엿의 맥아당이 분해되면서 생성되는 환원당량이 많기 때문이며, 환원당 함량이 감소하는 것은 전분이나 맥아당이 포도당으로 더 이상 전환되지 않기 때문인 것으로 추정하고 있다.

초고압-열 병합처리한 고추장의 저장 중 색차 변화는 Table 7과 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 carotenoids류와 갈색화 반응의 산물은 고추장의 색을 구성하는 주요 요소인데, carotenoids는 불포화도가 매우 크므로 저장 중 산화에 의하여 파괴되었으며^(2,11), 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 기여할 것으로 추정된다⁽²⁶⁾.

요 약

고추장에 초고압-열 병합처리법을 적용하여 미생물 살균효과 및 품질변화와 37°C 저장 중 품질변화를 측정하였다. 고추장을 680 MPa/30분에서 49~73°C로 처리하였을 때 생균수는 0~3 log cycle 감소하였고, 73°C/30분에서 380~680 MPa

로 처리하였을 때 0~3 log cycle 감소하였고, 73°C/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°C에서 저장 중 생균수와 품질변화를 측정하였다. 고추장의 생균수는 저장기간에 따라 감소하는 경향을 보였다. 생균수는 380 MPa/30분 처리군이 처리 후 1.88×10⁶에서 저장 120일 후 1.94×10⁴로 약 2 log cycle 감소한 반면, 680 MPa/70분 처리군은 저장 초기 4.00×10⁴에서 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.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(98-04-02-01-01-3) 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

문 헌

- Kim, M.S., Oh, J.A., Shin, D.H. and Han, M.S. Fermentation properties of irradiated *Kochujang*. Kor. J. Food Sci. Technol. 30: 934-940 (1998)
- Kim, J.S., Choi, S.H., Lee, S.D., Lee, G.H. and Oh, M.J. Quality changes of sterilized soybean paste during its storage. J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr. 28: 1069-1075 (1999)
- Lee, D.U., Park, J., Kang, J. and Yeo, I.H. Effect of high hydrostatic pressure on the shelf-life and sensory characteristics of *Angelica Keiskei* juice. Kor. J. Food Sci. Technol. 28: 105-108 (1996)
- Yoo, B.S. and Choi, W.S. Effect of fermentation time on rheological properties of *Kochujang* in steady and dynamic flow. Food Sci. Biotechnol. 8: 300-304 (1999)
- Jung, S.W., Kim, Y.H., Koo, M.S., Shin, D.B., Chung, K.S. and

- Kim, Y.S. Changes in physicochemical properties of industry-type *Kochujang* during storage. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 26: 403-410 (1994)
6. Mertens, B and Knorr, D. Developments of nonthermal processes for food preservation. *Food Technol.* 46(5): 124-133 (1992)
 7. Knorr, D. Effects of high-hydrostatic pressure processes on food safety and quality. *Food Technol.* 4(6): 156-161 (1993)
 8. Farkas, D.F. and Hoover, D.G. High pressure processing. *J. Food Sci. supplement.* 47-64 (2001)
 9. Lechowich, R.V. Food safety implications of high hydrostatic pressure as a food processing method. *Food Technol.* 47(6): 170-172 (1993)
 10. Kim, Y.S., Kwon, D.J., Koo, M.S., Oh, H.I. and Kang, T.S. Changes in microflora and enzyme activities of traditional *Kochujang* during fermentation. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 25: 502-509 (1993)
 11. Lee, K.Y., Kim, H.S., Lee, H.G., Han, O. and Chang, U.J. 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 (1997)
 12. Shin, D.H., Kim, D.H., Choi, U., Lim, M.S. and An, E.Y. Effect of red pepper varieties on the physicochemical characteristics of traditional *Kochujang* during fermentation. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 26: 1044-1049 (1997)
 13. Miller, G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* 31: 426-428 (1959)
 14. SAS Institute Inc. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA (1996)
 15. Kinugasa, H., Takeo, T., Fukumoto, K. and Ishihara, M. Changes in tea components during processing and preservation of tea extracts by hydrostatic pressure sterilization. *Nippon Nogeikagaku Kaishi.* 66: 702-712 (1992)
 16. Taki, Y., Awao, T., Mitsuura, N. and Takagaki, Y. Sterilization of *Bacillus* sp. spores by hydrostatic pressure, pp. 143-155. In: *Pressure Processed Food: Research and Development.* Hayashi, R. (ed.). San-Ei Pub., Co., Kyoto (1993)
 17. Miyama, K., Watanabe, T. and Yanakisawa, H. Application of hydrostatic pressure to salted vegetables. *New Food Ind.* 35(6): 49-57 (1993)
 18. Ogawa, H., Fukuhisa, K., Fukumoto, H. and Hori, K. Effect of hydrostatic pressure on sterilization and preservation of freshly-squeezed, non-pasteurized citrus juice. *Nippon Nogeikagaku Kaishi.* 63: 1109-1114 (1989)
 19. Lee, T.S., Yang, K.T., Park, Y.J. and Yu, J.H. Studies on the browning of *Kochujang* with the addition of mixed cultures of yeast strains. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 12: 313-323 (1980)
 20. Tamaoka, T., Itoh, N. and Hayashi, R. High pressure effect on Maillard reaction. *Agri. Biol. Chem.* 55: 2071-2074 (1991)
 21. Kim, Y.S., Kwon, D.J., Koo, M.S., Oh, H.I. and Kang, T.S. Changes in microflora and enzyme activities of traditional *Kochujang* during fermentation. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 25: 502-509 (1993)
 22. Tanaka, T. and Hatanaka, K. Application of hydrostatic pressure to yoghurt to prevent its after-acidification. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi.* 39: 173-177 (1992)
 23. Hayashi, K., Takahashi, S., Asano, H. and Hayashi, R. Effect of hydrostatic pressure on hydrolysis reaction of protein and saccharides. pp. 277-288. In: *Pressure Processed Food: Research and Development.* Hayashi, R. (ed.). San-Ei Pub., Co., Kyoto (1990)
 24. Park, W.P. Quality changes of *Kochujang* with different mixing ratio of raw starch materials during aging. *J. Kor. Soc. Food Nutr.* 22: 433-436 (1993)
 25. Kim, Y.S., Kwon, D.J., Oh, H.I. and Kang, T.S. Comparison of physicochemical characteristics of traditional and commercial *Kochujang* during fermentation. *Kor. J. Food Sc. Technol.* 26: 12-17 (1994)
 26. Kim, J.O. and Lee, K.H. Effect of temperature on color and color preference of industry-produced *Kochujang* during storage. *J. Kor. Soc. Food Nutr.* 23: 641-646 (1994)

(2001년 2월 22일 접수)