

## 육류가공품의 고압처리가 신선도에 미치는 영향 평가

황성희\*

세명대학교 바이오식품산업학부

### Effect of High Pressure Processing on Freshness of Meat Products

Seong-Hee Hwang\*

School of Food and Nutrition Science for Bioindustry, Semyung University, Jecheon 27136, Korea  
(Received May 8, 2018/Revised May 24, 2018/Accepted June 7, 2018)

**ABSTRACT** - The high pressure processing (HPP) is a technology which can preserve the quality of foods, such as the fresh taste, incense, texture, vitamin content, and so on, by minimizing the heating process. It does so by applying an instantaneous and uniform pressure that is the same as the water pressure that is 60 km deep in the sea. HPP is a technology that can inhibit food poisoning and spoilage caused by microorganisms and is currently an actively studied area. In this study, we investigated the effects of a high pressure treatment (0, 4, 6 min) on sliced ham, which is a typical meat product, at 600 MPa were tested for their effect on freshness. Moisture contents varied from 48 to 69%, salinity varied from 1.07 to 1.11%, and the pH decreased from 6.4~6.5 to 6.1~5.15. However, there was no difference between the control and treatment groups. General bacteria stored at 20°C after hyper-pressure treatment were found to have no significant microorganisms in all groups until 4 weeks, but exceeded  $10^5$  in control group and HPP 6 min treatment group from 5 weeks. At week 7, it was found to exceed  $10^6$ . The results indicate it was not possible to ingest food in the 4- and 6 minute treatment groups. Coliform was not observed in all groups despite observing for a total of 7 weeks at 20°C weight test. VBN, a method used to determine the protein freshness of meat, showed a VBN value of less than 1 mg% until the fourth week and a value of 1 to 2 mg% after 5 weeks. The TBA was used as an index of the degree of fat acidosis in the meat tissues. The results showed it was below 0.18 mgMA / kg until the end of 7 weeks; this value was within the range for fresh meat, and there was no difference in treatment group. In this experiment, deformation of the packaging material did not occur and no swelling occurred due to the generation of gas. It is believed that the basic preservation effect was achieved only by blocking with the air due to the close contact of the packaging material.

**Key words** : High pressure processing, Sliced ham, General bacteria, Coliform, VBN, TBA

최근 연달아 발생한 식품관련 사건들로 인해 소비자들의 요구는 더욱 건강하고 안전성이 확보된 식품을 원하고 있다. 오염된 환경에서 유래하는 위해요인과 더불어 점점 다양해지고 복잡해지는 제품의 제조과정에서 유래하는 위해요인도 소비자들의 불안감을 증대시키고 있다. 따라서 이러한 소비자의 욕구를 충족시키고 경제·사회적인 변화에 적극 대응하기 위해 또한 엄격해지는 식품제조규정을 충족시키기 위해 식품업체는 기술의 선진화, 제조의 합리화, 새로운 소재 창출을 위한 노력들을 게을리 하지 않고 있다.

가공식품은 대부분 가열 또는 비가열 살균 처리에 의해 저장성이 부여되는데 일반적으로 가열처리는 미생물의 생육을 억제하지만 식품 자체의 품질에도 영향을 미쳐 열화를 가져오기도 한다. 반면 마이크로파, 이온화조사, 전자파조사와 같은 비가열 처리는 원료와 생산품의 품질에 거의 영향을 미치지 않으면서 식중독과 부패미생물을 억제하는 효과를 가져올 수 있는 기술로 현재 가장 활발히 연구되고 있는 분야이다<sup>1)</sup>.

그 중에서도 초고압 기술(High Pressure Processing, 이하 HPP)은 Hite<sup>2)</sup>에 의해 시도되었는데 바다속 60 km 깊이의 수압과 같은 압력을 사용하여 순간적이고 균일한 압력전달로 미생물학적 식품의 위해요인은 억제하면서 동시에 가열공정을 최소화함으로써 신선한 맛과 향, 텍스처, 비타민의 유지 등 품질보존을 할 수 있는 기술이다.

\*Correspondence to: Seong-Hee Hwang, School of Foods and Nutrition Science for Bioindustry, Semyung University, Jecheon 27136, Korea

Tel: 82-43-649-1578, Fax: 82-43-649-1759

E-mail: h2seong@semyung.ac.kr

기존의 열처리가 단백질의 변성, 화학적 변화, 전분의 호화, 효소의 활성화에 영향을 미쳐서 보존성을 유지한다면 HPP는 열처리의 장점은 그대로 갖고 있으면서 열처리에서 야기되는 원치 않는 화학적 변화를 최소화할 수 있다는 장점을 갖고 있다. 산업적인 생산은 1990년대 초 일본에서 시작되어 지금은 전 세계에서 부분적으로 사용되고 있다. 우리나라에서도 무첨가물·고품질 제품의 식품안전성 확보와 획기적인 제품 개발기술로 적용되고 있으며 과일쥬스나 여러 가지 쥬스에서는 이미 살균효과가 인정<sup>3,4)</sup>되어 이용되고 있고, 소스<sup>5)</sup>, 블루베리<sup>6)</sup>, 마늘<sup>7)</sup>, 대추술<sup>8)</sup>과 같은 식물성 원료와 조미오징어<sup>9)</sup>, 생굴<sup>10,11)</sup>, 새우<sup>12)</sup>와 같은 동물성 원료에서도 효과가 일부 증명되고 있다. 이는 병원성 미생물이나 부패미생물, 일부 효소를 불활성화시켜 식품 고유의 특징을 변하지 않으면서 저장성을 늘리는 효과를 가져오기 때문이다.

그러나 보존기간이 길어 소비자들이 우려하는 첨가물의 사용이 필수적인 육류가공품에 대해서는 초고압처리에 대한 국내 연구가 미비하여 업계에서 실용화되지 못하고 있다. 기업체 측면에서는 전통적인 방법에 비해 인건비 절감, 높은 소비자 만족도, 가성비가 높고 고부가가치의 획기적인 제품개발이 가능하여 소비자와 기업체 모두 만족스러운 기술임에도 육가공제품의 초고압처리 기술은 국내 제품에 널리 이용되지 못하고 있다.

이에 본 연구에서는 대표적인 육가공품인 슬라이스햄에 대해 초고압처리가 이들의 신선도에 미치는 영향을 실험하여 가열살균이나 식품첨가물 외 육제품의 건강한 보존 방법으로 활용가능성을 모색해보고자 하였다.

## Materials and Methods

### 실험재료

사전실험을 통해 덩어리형태의 두꺼운 제품은 압력의 영향을 내부까지 미치지 어렵다고 판단하여, 실험에 사용하는 육제품은 고압의 영향을 잘 받을 수 있는 얇은 두께의 슬라이스햄 제품을 선정하였고 보존제 등 화학적인 처리는 하지 않았다. 시판하는 형태인 진공포장상태로 실험에 사용하였다.

고압처리온도는 10°C 이하, 압력은 문헌고찰<sup>13,14)</sup>을 통해 육가공제품에서 미생물 제어 효과가 있다고 사료되는 600 MPa로 하였다. HPP 비가열 멸균처리 장비(EHPP-200, Energyn, Korea)를 사용하여 처리시간은 대조군(0분), 4분, 6분으로 구분하였다.

실제 10°C 이하에서 유통되는 육류가공품의 가중실험은 20°C 항온기에 보관하면서 다음과 같은 방법으로 실시하였다.

### 실험방법

#### 수분함량

105°C 인큐베이터에서 칭량병을 항량시킨 후 데시케이터에서 식히고를 반복하여 더 이상 무게가 변화가 없을 때까지 반복하여 칭량병을 준비하였다. 칭량병에 믹서로 간 시료 3 g을 넣고 2시간 후 경과를 지켜보고 나서 값을 도출하였다.

#### 염도

염도는 멸균증류수 100 mL와 믹서기로 간 시료 100 g을 혼합한 후 약 24시간 후에 염도기를 사용하여 측정하였다.

#### pH

멸균 증류수 100 mL와 믹서기로 간 시료 10 g을 넣고 잘 혼합한 다음에 24시간 후에 pH 표준용액으로 기준치를 만든 다음에 pH미터로 측정하였다.

#### 일반세균과 대장균군

일반세균과 대장균군은 멸균증류수 50 mL와 믹서기로 간 시료 10 g을 잘 흔들어서 희석해서 최소 30분 방치하였다. autoclave(고압멸균기)로 멸균한 1 mL 마이크로 피펫으로, 증류수로 희석한 시료 1 mL를 채취하여 3M사(社)의 일반세균과 대장균군 Petrifilm 에 도말하였다. 20°C 인큐베이터에 넣은 후 48시간 경과 후 검출된 균을 측정하였다. 한 필름당 15~300개의 집락을 생성한 농도를 기준으로 계산하였고 이를 초과할 경우 10배 희석하여 실험을 반복하였다. 검액을 가지지 아니한 동일한 희석액 1 mL를 대조시험액으로 하여 시험조작의 무균 여부를 확인하였다.

#### VBN (Volatile Basic Nitrogen)

비이커 2개에 각각 멸균증류수 50 mL와 믹서기로 간 시료 10 g을 잘 혼합한 후 침출하였다. 침출시킨 용액을 Whatman Filter papers 1 여과지로 여과하였다.

conway 본체와 뚜껑이 결합하는 부위에 잘 붙도록 Glycerine을 바른 후에 conway 내실에 0.01N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 mL 넣고 외실에는 포화된 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1 mL 넣었다.

여과한 용액 1 mL를 채취하여 외실에 넣고 재빨리 뚜껑을 닫은 후 클립으로 고정시키고 내실과 외실이 혼합되지 않도록 천천히 외실의 실험용액과 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>을 섞었다.

그렇게 10°C에서 180분을 방치한 후 덮개를 열고 내실 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>용액에 브린스위크 시약을 1 mL 마이크로 피펫으로 한 방울 떨어뜨린 후 0.01N NaOH용액으로 적정하였다.

적정하여 나온 값을 아래의 공식에 대입하여 계산하였다.  
(공시료-시험용액)/시료량 × 0.01N NaOH의 역가  
× 희석배수 × 0.14 × 100

**TBA (Thiobarbituric Acid)**

TBA는 멸균증류수 15 mL와 믹서기로 간 시료 10 g을 잘 혼합하고 나서 2시간 방치하였다. 잘 혼합한 시료를 Whatman Filter papers 1으로 여과한 다음에 TBA시약과 0.1N 트리아세트산을 마이크로피펫으로 1 mL 채취하고 여과한 시료 1 mL도 채취하여 삼각플라스크에서 혼합하였다. 100°C 40 rpm으로 삼각플라스크를 15분간 중탕시킨 후 중탕한 시료를 Syringe Filter 25을 이용하여 여과하고 나서 UV Spectrum을 이용하여 값을 도출하였다.

**통계분석**

본 실험의 결과에 대한 데이터는 SPSS package program (version 19.0)으로 평균과 표준편차를 구하고 one-way analysis of variance (ANOVA)로 분석하였다. 유의성검증은 Duncan's multiple range test를 이용하여  $p < 0.05$  수준에서 실시하였다.

**Results and Discussion**

**수분함량**

슬라이스햄의 진공포장 제품을 초고압 600 MPa에서 4분, 6분 처리한 후 매주 측정된 수분함량은 Fig. 1과 같다.

슬라이스 햄은 처리 후 7주까지 실험하였는데 밀봉포장된 슬라이스 햄은 저장기간이 길어짐에 따라 수분함량이 다소 증가하는 경향을 보였으나 대조군, HPP4분처리군, HPP6분처리군 간의 차이는 유의하지 않았다( $p > 0.05$ ).

**염도**

슬라이스 햄의 진공포장 제품을 초고압 600 MPa에서 처리한 후 매주 측정된 염도는 Fig. 2와 같다. Fig. 1에서 실험기간이 경과할수록 수분함량이 다소 증가하는 경향을 보이는 것과 비슷한 결과로 실험시작 전의 염도 1.17-1.21인 슬라이스 햄은 실험도중 1.07-1.1까지 감소하였다가 실험 후반에는 1.11정도를 회복하였다. 대조군, HPP4분처리군, HPP6분처리군 간의 염도변화 차이는 유의하지 않았다( $p > 0.05$ ). Picouet 등(2012)<sup>15)</sup>의 건조훈연햄 연구에 따르면 고압처리군에서 대조군에 비해 높은 염도를 나타내었는데 이는 고압처리가 나트륨과 단백질의 결합을 일부 견고하게 하는 효과가 있기 때문이라고 설명하였다.

**pH**

가중실험기간동안 측정된 pH는 Fig. 3과 같다. pH나 염도 수분활성도, 당분 등은 HPP로 인한 단백질의 변성에 영향을 미쳐 미생물의 억제효과를 나타내는데 영향을 주

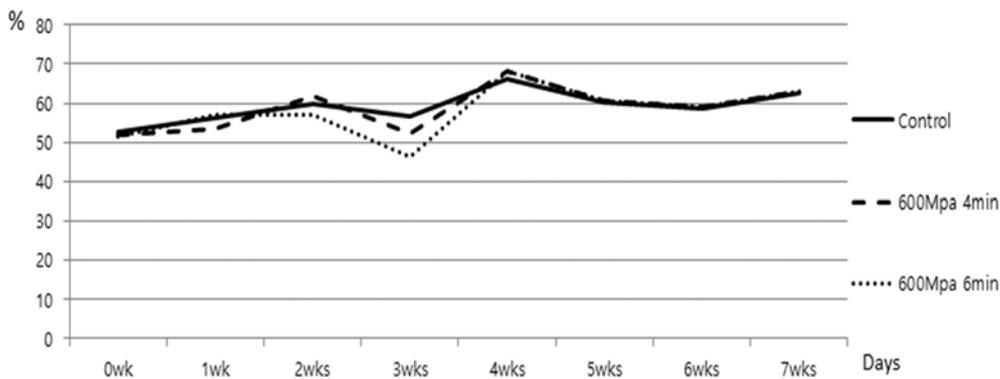


Fig. 1. Moisture content changes of slice ham treated with HPP.

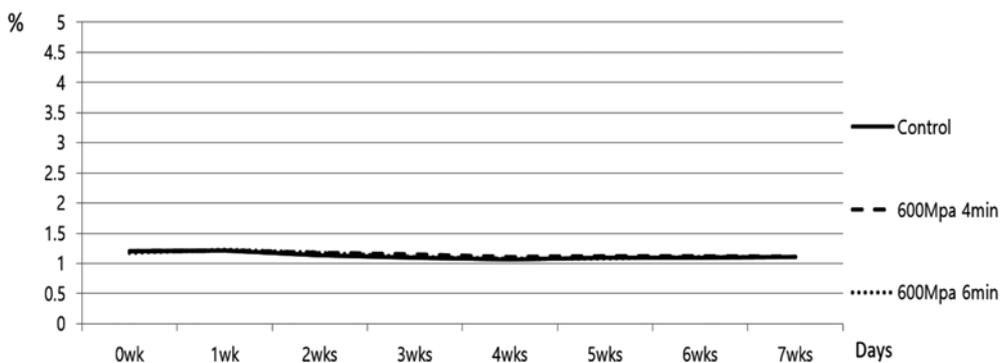


Fig. 2. Salinity content changes of slice ham treated with HPP.

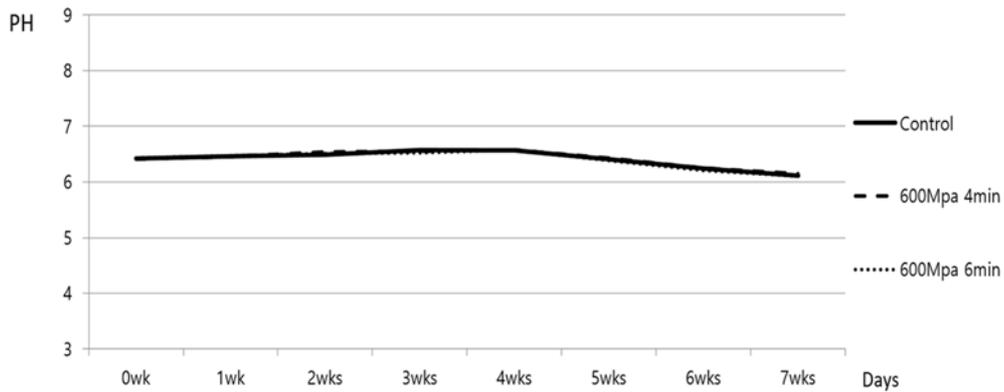


Fig. 3. pH changes of slice ham treated with HPP.

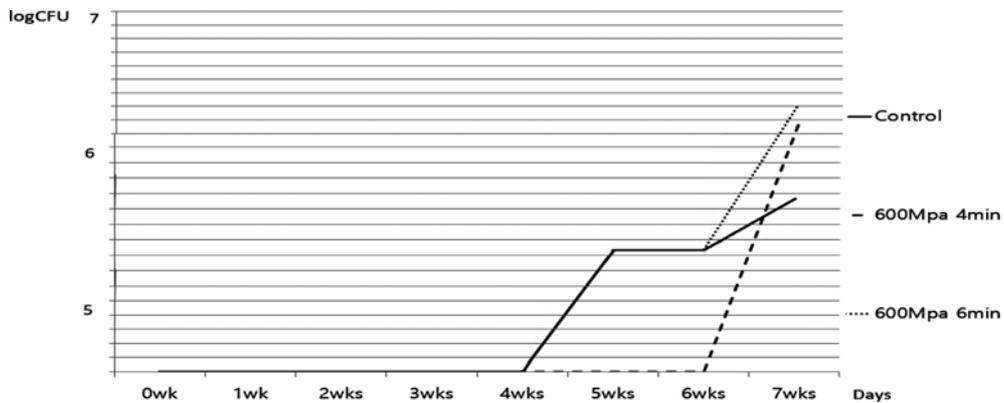


Fig. 4. General bacterial count changes of slice ham treated with HPP.

는데<sup>16)</sup> 본 실험재료인 슬라이스 햄은 6.4-6.5의 중성인 pH를 갖고 있었다. 슬라이스 햄은 실험 초기 4주까지는 점점 증가하더니 실험기간이 지날수록 pH가 조금씩 낮아져 7주 후에는 pH 6.1-6.15까지 낮아지는 변화를 보이고 있었다. 그러나 대조군과 처리군별로 차이를 나타내지는 않고 있었다( $p > 0.05$ ).

**일반세균수**

HPP가 미생물의 억제효과를 보이는 원리는 고압으로 인한 단백질 변성을 야기하여 이로 인해 효소의 불활성화를 야기<sup>17)</sup>하기 때문이며 한편으로는 세포막의 주성분인 인지질의 결정화로 인한 세포막의 투과성에 영향을 주어<sup>18)</sup>, 생물체 대사 시스템을 breakdown시키기 때문<sup>19)</sup>인 것으로 나타났다. 본 실험에서는 4주까지 모든 군에서 미미한 수준에서 일반미생물이 발견되었으나 5주부터는 대조군과 HPP 6분 처리군에서  $10^5$ 을 초과하였고 7주에는 4분 처리군, 6분처리군에서 식품으로 섭취가 불가능한  $10^6$ 을 초과하는 것으로 나타났다. 이러한 일반세균수는 군별로 유의한 차이를 보이거나( $p < 0.05$ ) 처리량에 따른 초고압처리의 효과를 확인할 수는 없었다. 그림에서와 같이 초기에는 일반

세균의 수가 모든 군에서 지속적으로 미미한 수준으로 나타났는데 이는 슬라이스햄을 포함한 밀봉처리만으로 일반세균이 억제되었기 때문인 것으로 사료된다. 다른 제품에서 효과를 보인 결과로는 살모넬라, 리스테리아, 선모충, 레지오넬라 등이 있고 저온 열처리과정이나 멸균공정과 병행하면 좀 더 강력한 결과를 얻을 수 있다고 보고되고 있다<sup>20)</sup>.

**대장균군**

HPP에 모든 미생물이 치명적인 영향을 받는 것은 아닌데 미생물의 종에 따라 같은 종이라도 strain에 따라 영향은 달리 나타난다<sup>21)</sup>. HPP에 저항성을 나타내는 대표적인 세균들은 그람 양성균 중에는 *Staphylococcus aureus*, 그람 음성균 중에는 *E. coli*를 예로 들 수 있다<sup>21,22)</sup>. 따라서 육가공제품의 대장균군에서도 HPP의 효과를 기대하였으나 20°C 가중실험으로 7주간 관찰하였음에도 불구하고 모든 군에서 대장균군이 발견되지 않았다. 식품에서 위생상 대장균은 발견되어서는 안되는 미생물인데 위에서 언급한대로 밀봉포장만으로 대장균군 억제효과를 나타낸 것으로 사료된다.

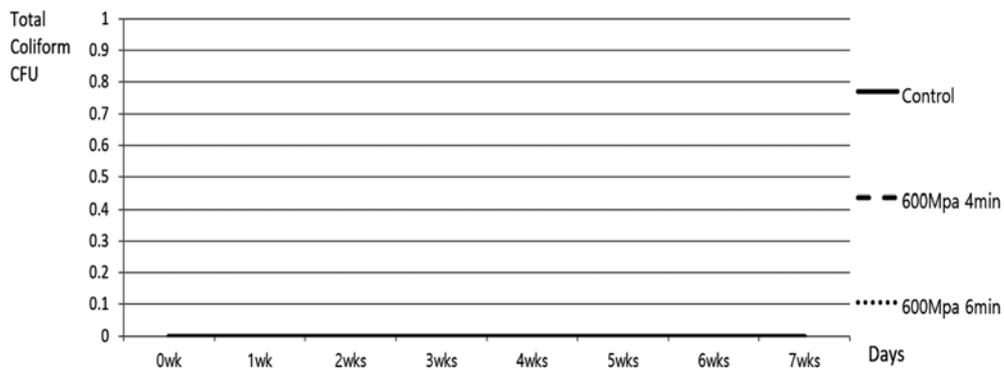


Fig. 5. Coliform bacterial count changes of slice ham treated with HPP.

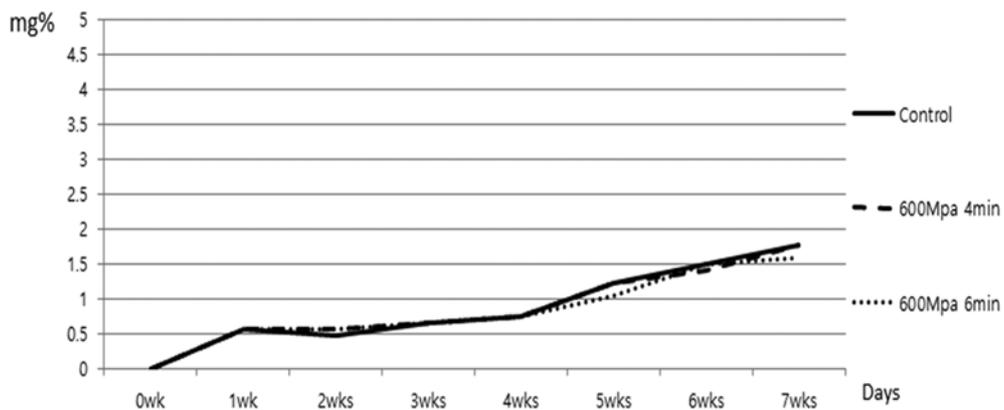


Fig. 6. VBN changes of slice ham treated with HPP.

dry cured ham에 600 MPa를 5분처리시 *Listeria monocytogenes*에 효과적이며 자연보존제 nisin이 HPP의 효과를 증가시킨다는 Hereu A 등의 연구<sup>23)</sup>도 있다.

**VBN**

VBN은 육류의 단백질 신선도 판정에 사용되는 방법으로 부패에 따른 휘발성 염기질소는 여러 종류의 amine류 및 암모니아의 질소량을 말하며, 신선도 판정시 육단백질이 분해되면서 VBN 함량이 증가하게 되므로 VBN 수치는 육의 변패과정을 평가하는 척도가 된다. 이는 세균의 증식정도와 밀접한 관계가 있어 세균수가 증가하여 관능적으로 초기부패가 느껴질 때까지는 그 증가폭이 적고 그 이후에는 급속히 변화하게 된다.

본 실험에서도 슬라이스햄의 단백질 변화에 대한 HPP의 영향을 알아보기 위해 7주간 분석해보았는데 4주차까지는 1 mg%미만의 VBN값을 보였고 5주부터는 1~2 mg%의 값을 나타냈다. 그러나 군별 차이는 나타나지 않았다( $p > 0.05$ ). 신선육의 VBN 함량은 5~10 mg%이며 저장기간이 경과할수록 VBN 함량이 증가하여 식품공전에서 포장육의 경우 VBN 함량을 20 mg% 이하로 규정하고 있다<sup>24)</sup>. 실험결과의 VBN수치는 육류제품으로서 7주까지 신선함

을 유지하고 있다고 판단된다.

Suzuki 등<sup>25)</sup>은 우유에서 근원섬유와 같은 미세구조의 변화를 유발하며 이러한 변화는 양고기에서도 관찰되었다고 보고한 바 있다.

**TBA**

TBA는 육의 조직내 지방 산패 정도의 지표로 사용되며 지방산화에 의해 발생하는 malonaldehyde와 thiobarbituric acid가 반응하여 생성되는 복합체의 양을 측정 한 값으로 그 값이 크면 지방의 산패가 많이 진행되었음을 나타낸다. 식육이 숙성됨에 따라 지방은 지방분해효소에 의해 가수분해되고, 미생물에 의한 산화가 이루어져 알콜, 케톤 및 알데히드 등의 카보닐화합물이 생성되어 맛과 냄새에 영향을 미쳐 TBA는 식육의 관능평가와 밀접한 관련이 있다. 신선육의 TBA값은 일반적으로 0~0.2 mgMA/kg 수준이며 저장기간이 경과할수록 TBA값이 증가하여 TBA값이 0.46 mgMA/kg 이하까지 가식권으로 한다.

HPP처리 후 7주간 관찰한 슬라이스 햄의 TBA는 그림과 같이 군별로 약간의 등락이 관찰되기는 하지만 7주가 끝날 때까지 0.18 mgMA/kg 이하였고 이 수치는 신선육의 범위에 들며, 처리군별 차이를 보이지 않았다.

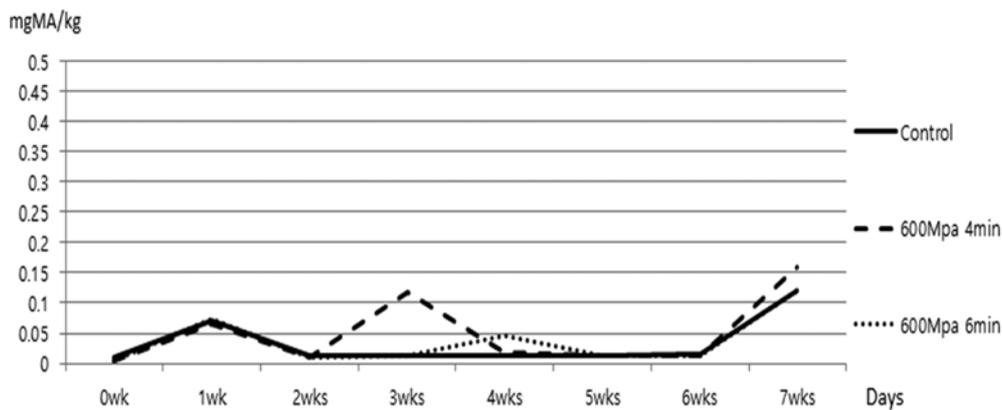


Fig. 7. TBA changes of slice ham treated with HPP.

HPP는 1000기압에서 단백질해리가 일어나고 세포막이 파괴되며 효소반응속도의 변화를 보이고 2000기압에서는 효소의 가역적 불활성화가, 3000기압에서는 미생물의 정균효과 4000기압에서는 전분의 호화, 단백질의 변성 및 침전, 5000기압에서는 효소의 비가역적 불활성화가 일어나며 본 연구에 사용된 6000기압에서는 내열성 포자까지도 사멸되는 효과를 보인다고 알려져 있다<sup>26)</sup>. 이는 식품의 미생물제어와 보존성 연장 기술 즉 건조, 훈연, 발효, 염장, 방사선조사, 가열과 비교했을 때 제품에 최소한의 영향을 주면서 품질을 최상으로 유지시키는 효율적인 처리방법이라는 것이다.

외국의 연구로는 유아식에서 고압처리의 효과를 실험한 Sevenich 등(2015)의 연구<sup>27)</sup>, 같은 처리조건 하에서는 20-30°C에서 가장 살균에 저항적인 결과를 보인다는 Wilson 등(2008)<sup>28)</sup>, Sevenich 등(2013)<sup>29)</sup>의 연구가 있다.

육제품에서도 고압이 살균효과를 보이고 있는데<sup>23,31,31)</sup>, 자연훈연 햄의 유통기한이 늘어났다는 Pietrasik 등(2016)의 연구, 진공포장햄에서도 긍정적인 효과를 보였다는 Clariana 등(2012)의 결과<sup>14)</sup>, 소세지에서도 고압처리로 살균효과를 증명한 Kamenik 등 (2015)도 있다<sup>16)</sup>.

우리나라의 연구에서는 조미오징어에서는 400 MPa 처리시 미생물, dma, tma, 총 ba함량 효소활성, 미생물수에서 효과를 나타낸 바 있다<sup>9)</sup>.

현재, 외국의 경우 Hpp를 사용한 제품으로는 루마니아의 발효소시지(제조사 Chris Tim), 네덜란드의 steak tartar와 Carpaccio(제조사 Zwaneberg), 미국의 Hamburger(제조사 Cargill), Oven roasted chicken(제조사 Tyson Food), Naturak Choice Product range(제조사 Hormel) 등 여러 국가에서 다양한 제품들이 생산되고 있다. 우리나라 산업체에서는 HPP가 주스류에 가장 널리 이용되고 있다.

그러나 본 실험에서는 슬라이스 햄에서 HPP의 효과가 미생물학적인 측면이나 화학적인 지표에서도 대조군과의 차이를 나타내지 않아 보존료와 같은 화학적 첨가제의 대

체 가능성이 나타나지 않았다. 본 연구의 사전 실험으로 진행된 실험에서는 진공밀착포장된 떡갈비, 김밥햄, 훈제 오리 제품에서 초고압처리 후 제품의 포장재와 제품이 분리되는 현상이 나타나 3주안에 대조군을 포함한 모든 처리군에서 가스가 발생하고 미생물의 수가 급증하는 등 식품으로 섭취가 불가능할 정도의 변화를 보였다. 초고압처리는 유체정형학적 정수압(Isostatic press)을 적용하는 것으로 연포장재로 포장된 식품은 내외부 압력이 일정하므로 변형되지 않는 것으로 알려져 있으며 최종 부피 변화는 100 MPa에서 4%이고 600 MPa에서는 약 15%정도이다. 그러므로 초고압처리시 박리현상 및 백화현상이 일어날 가능성을 주의해야한다고 알려진 MA포장(Modified Atmosphere Packaging)외에 기존의 flexible film에서도 포장재의 변성이 발생하므로 포장된 육가공 제품의 초고압처리의 적용시 주의해야 할 것 알려져 있다. 본 실험에서는 포장재의 변성이 발생하지 않았고 가스의 발생으로 인한 부풀어 오름도 발생하지 않았는데, HPP의 효과가 전혀 관찰되지 않은 사실은 포장재의 밀착으로 인한 공기와의 차단만으로 기본적인 보존 효과를 보인 것이 아닌가 사료된다. 이는 추후 실험을 통해 밝혀야 할 문제로 보인다.

## Acknowledgements

이 논문은 2017학년도 세명대학교 교내학술연구비 지원에 의해 수행된 연구임.

## 국문요약

바다속 60 km 깊이의 수압과 같은 압력을 사용하여 순간적이고 균일한 압력전달로 가열공정을 최소화함으로써 신선한 맛과 향, 텍스처, 비타민의 유지 등 품질보존을 할 수 있는 기술인 HPP는 식중독과 부패미생물을 억제하는 효과를 가져올 수 있는 기술로 현재 가장 활발히 연구되

고 있는 분야이다. 기존의 열처리가 단백질의 변성, 화학적 변화, 전분의 호화, 효소의 활성화에 영향을 미쳐서 보존성을 유지한다면 HPP는 열처리의 장점은 그대로 갖고 있으면서 열처리에서 야기되는 원치 않는 화학적 변화를 최소화할 수 있다는 장점을 갖고 있다 보존기간이 길어 소비자들이 우려하는 첨가물의 사용이 필수적인 육류가공품에 대해서는 초고압처리에 대한 국내 연구가 미비하여 본 연구에서는 대표적인 육가공품인 슬라이스햄에 대해 600 MPa 초고압처리(0분, 4분, 6분)가 이들의 신선도에 미치는 영향을 실험하였다. 수분함량은 48~69%, 염도 1.07-1.11%에서 변화를 보이고 있었고, pH는 처음 6.4-6.5에서 6.1-6.15까지 낮아졌으나 대조군과 처리군간의 차이는 나타나지 않았다. 초고압처리 후 20°C에서 보관한 일반세균 결과는 4주까지 모든 군에서 미미한 수준에서 일반미생물이 발견되었으나 5주부터는 대조군과 HPP 6분 처리군에서  $10^5$ 을 초과하였고 7주에는 4분 처리군, 6분처리군에서 식품으로 섭취가 불가능한  $10^6$ 을 초과하는 것으로 나타났다. 대장균군은 20°C 가중실험으로 7주간 관찰하였음에도 불구하고 모든 군에서 대장균군이 발견되지 않았다. 육류의 단백질 신선도 판정에 사용되는 방법인 VBN은 4주차까지는 1 mg% 미만의 VBN값을 보였고 5주부터는 1~2 mg%의 값을 나타냈다. 그러나 군별 차이는 나타나지 않았다( $p > 0.05$ ). 육의 조직내 지방 산패 정도의 지표로 사용되는 TBA는 7주가 끝날 때까지 0.18 mgMA/kg 이하였고 이 수치는 신선육의 범위에 들며, 처리군별 차이를 보이지 않았다. 본 실험에서는 포장재의 변성이 발생하지 않았고 가스의 발생으로 인한 부풀어 오름도 발생하지 않았는데, HPP의 효과가 전혀 관찰되지 않은 사실은 포장재의 밀착으로 인한 공기와의 차단만으로 기본적인 보존 효과를 보인 것이 아닌가 사료된다.

## References

1. Park J.Y., Na S.Y., Lee Y.J.: Present and future of non-thermal food processing technology. *Food Science and Industry* **43**, 2-20 (2010).
2. Hite B.H.: The effects of pressure in the preservation of milk. *Bull.* **58**, 15-35 (1899).
3. Sohn K.H., Chang C.K., Kong U.Y., Lee H.J.: High pressure inactivation of *Candida tropicalis* and its effects on ultrastructure of the cells. *Korean J. Food Sci. Technol* **2**, 587-592 (1996).
4. Yun H.S., Park S.J., Park J.Y.: Effect of a combined treatment of high hydrostatic pressure and carbonation on the quality characteristics of valencia orange juice. *Korean J. Food Sci. Technol.* **29**, 974-981 (1997).
5. Jo E.J., Oh S.W., Hur B.S., Hong S.P.: Effect of joule heating and hydrostatic pressure on reduction of total aerobes and spores of *Bacillus cereus* in sauces prepared with traditional korean fermented foods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **43**, 1619-1626 (2014).
6. Park S.J., Choi Y.B., Ko J.R., Kim Y.E., Lee H.Y.: Enhancement of antioxidant activities of blueberry (*Vaccinium ashei*) by using high-pressure extraction process. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **43**, 471-476 (2014).
7. Lim C.L., Hong E.J., Noh B.S., Choi W.S.: Effects of high hydrostatic pressure and pH on the reduction of garlic off-flavor. *Korean J. Food Sci. Technol.* **42**, 533-540 (2010).
8. Park H.J., Kim K.Y., Jeong H.S.: Quality Changes of jujube wine by hydrostatic pressure and freezing treatment during storage. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **38**, 89-97 (2009).
9. Gou J.G., Zou Y.Y., Choi G.P., Park Y.B., Ahn J.H.: Effect of high pressure processing on the shelf Life of seasoned squid. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **40**, 1136-1140 (2011).
10. Park W.J., Jwa M.K., Hyun S.H., Lim S.B., Song D.J.: Microbial and quality changes during storage of raw oyster treated with high hydrostatic pressure. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **35**, 1449-1455 (2006).
11. Park W.J., Jwa M.K., Hyun S.H., Lim S.B., Song D.J.: High hydrostatic pressure Sterilization of *Vibrio parahaemolyticus* and *Escherichia coli* in raw oyster. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **35**, 935-939 (2006).
12. Mok C.K., Song K.T., Lee S.K., Park J.H., Woo G.J., Lim S.B.: Microbial changes of salted and fermented shrimp by high hydrostatic pressure treatment. *Korean J. Food Sci. Technol.* **32**, 349-355 (2000).
13. Hygreeva D., Pandey M.C.: Novel approaches in improving the quality and safety aspects of processed meat products through high pressure processing technology - A review. *Trends in Food Science & Technology*, **54**, 175-185 (2016).
14. Clariana M., Guerrero L., Sárraga C., Garcia-Regueiro J.: Effects of high pressure application (400 and 900 MPa) and refrigerated storage time on the oxidative stability of sliced skin vacuum packed dry-cured ham. *Meat Science*, **90**, 323-329 (2012).
15. Picouet P.A., Sala X., Garcia-Gil N., Nolis P., Arnau J.: High pressure processing of dry-cured ham: Ultrastructural and molecular changes affecting sodium and water dynamics. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **16**, 335-340 (2012).
16. Kameník J., Saláková A., Hulánková R., Borilova G.: The effect of high pressure on the microbiological quality and other characteristics of cooked sausages packed in a modified atmosphere or vacuum. *Food Control*, **57**, 232-237 (2015).
17. Barbosa-Canovas G.V., Pothakamury U.R., Swanson B.G.: State of the art technologies of sterilization of food by non-thermal processes: Physical methods. In G. V. Barbosa-Canovas, & J. Welte-Chanes (Eds.), *Food preservation by moisture control: Fundamentals and applications*. Lancaster, PA: Technomic Technomic. (1995).
18. Hazel J.R., Williams E.E.: The role of alterations in membrane lipid composition in enabling physiological adaptation of organisms to their physical environment. *Progress in Lipid Research*, **29(3)**, 167-227 (1990).

19. Knorr D., Heinz V.: Development of nonthermal methods for microbial control. In S. Block (Ed.), *Disinfection, sterilization and preservation*. 853-877 Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins (2001).
20. Garriga M., Aymerich T.: Advanced decontamination technologies: High hydrostatic pressure on meat products. In F. Toldrá (Ed.), *Safety of meat and processed meat*. 183-208 New York: Springer (2009).
21. Liu Y., Betti M., Gänzle M.G.: High pressure inactivation of *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni*, and spoilage microbiota on poultry meat. *J. of Food Protection*, **75(3)**, 497-503 (2012).
22. Benito A., Ventoura G., Casadei M., Robinson T., Mackey B. Variation in resistance of natural isolates of *Escherichia coli* O157 to high hydrostatic pressure, mild heat, and other stresses. *Applied and Environmental Microbiology*, **65(4)**, 1564-1569 (1999).
23. Hereu A., Bover-Cid S., Garriga M., Aymerich T.: High hydrostatic pressure and biopreservation of dry-cured ham to meet the Food Safety Objectives for *Listeria monocytogenes*. *International J. Food Microbiology*, **154(3)**, 107-112 (2012).
24. <https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/> assessed 2018. 2. 6
25. Ueno Y., Ikeuchi Y., Suzuki A.: Effects of high pressure treatments on intramuscular connective tissue. *Meat Science*, **52(2)**, 143-150 (1999).
26. Han G.D., Jeong B.Y.: High pressure processing on foods. *Food Industry and Nutrition*, **10(3)**, 30-36 (2005).
27. Sevenich R., Bark F., Kleinstueck E., Crews C., Pye C., Hradecky J., Reineke J., Lavilla M., Martinez-de-Maranon I., Briand J.C., Knorr D.: The impact of high pressure thermal sterilization on the microbiological stability and formation of food processing contaminants in selected fish systems and baby food puree at pilot scale. *Food Control* **50**, 539-547 (2015).
28. Wilson D., Dabrowski L., Stringer S., Moezelaar R., Brocklehurst T.F.: High pressure in combination with elevated temperature as a method for the sterilisation of food. *Trends in Food Science & Technology*, **19**, 289-299 (2008).
29. Sevenich R., Bark F., Crews C., Anderson W., Knorr D.: Effect of high pressure thermal sterilization on the formation of food processing contaminants. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **20**, 42-50 (2013).
30. Hygreeva D., Pandey M.C.: Novel approaches in improving the quality and safety aspects of processed meat products through high pressure processing technology - A review. *Trends in Food Science & Technology*, **54**, 175-185 (2016).
31. Bajovic B., Bolumar T., Heinz V.: Quality considerations with high pressure processing of fresh and value added meat products. *Meat Science*, **92(3)**, 280-289 (2012).
32. Pietrasik Z., Gaudette N.J., Johnston S.P.: The use of high pressure processing to enhance the quality and shelf life of reduced sodium naturally cured restructured cooked hams. *Meat Science*, **116**, 102-109 (2016).