

침지저장액에 따른 두부의 물성 변화에 관한 연구

장원영¹ · 김병용^{1*} · 신동훈²

¹경희대학교 식품가공학과, ²고려대학교 식품생물공학과

초록 : 여러 소금농도(0~5%)에 따라 만든 침지액에 침지한 두부를 여러 저장온도(5~25°C)에서 저장하는 동안, 침지액의 화학적 변화 및 두부 조직 변화를 측정하였다. 0~3%의 소금으로 만든 침지액과 비교하여 볼때 5%의 소금으로 만든 두부 침지액에서 pH의 감소가 뚜렷이 억제되었고 탁도 증가율 및 미생물 증가도 억제되었다. 저온(5°C)에서 저장시 침지액의 pH 변화는 매우 낮게 나타났으나 고온(15, 25°C)에서 저장시 pH는 초기 급격히 감소하였으나, 24시간 후 다시 증가함을 나타내었다. 또한 5°C에서 저장시 침지액의 탁도변화는 매우 억제됨을 알 수 있었다. 조직 변화를 나타내는 초기 응력변화(σ_0), 탄성성분(E), 점성성분(η)과 파손강도 등은 침지액의 농도에 상관없이 거의 일정하게 나타났으며, 저장온도에 따라 급격히 조직 변화가 일어났다. 관능시험결과 단단함과 짠맛에 대해서만 시료간에 유의차를 나타냈고, 소금을 침지액에 첨가시 1~5%까지는 짠맛에 대한 시료간에 유의차를 나타내지 않았다(1994년 12월 29일 접수, 1995년 2월 22일 수리).

서 론

대두를 이용하여 제조되는 전통식품의 일종인 두부는 대두단백질을 변성·응고시켜 망상 구조 사이에 물을 보유하는 조직을 형성하는 것¹으로 예로부터 널리 애용한 식물성 고단백질 식품이다. 그러나 80% 이상의 높은 수분함량 때문에 쉽게 변질되는 소지가 많으며 두부의 저장에 많은 한계성을 보이는 식품이기도 한다.^{2,3} 이러한 두부의 저장성을 증대시키는 연구도 활발히 이루어져서, 침지액에 소금,^{4,5} 보존료⁶나 초산의 첨가 및 pH 조절⁴과 같이 침지액을 이용한 저장성 증대 연구가 있었고, 형성되는 두부조직에 유기산의 첨가⁹나 저온 살균¹⁰ 및 microwave처리⁸나 포장방법개선¹¹과 같은 방법을 이용한 저장성 증대 연구도 수행되어 왔다. 그러나 저장동안 변하는 두부의 보존성과 저장중의 조직의 물성학적 변화에 대하여서는 그 연구가 거의 없는 실정이다. 따라서 계속적으로 균일한 두부의 품질을 유지하기 위해서는 저장중에 변하는 식품조직내의 이화학적 특성 변화에 따른 물성학적 특성 변화를 연관짓는 연구가 필요하게 되었다. 본 연구에서는 두부를 여러 침지액에서 저장하는 동안에 일어나는 조직 변화를 여러 저장온도에 따른 응력완화현상을 이용하여 분석하였으며, 저장액에 따라 일어나는 두부의 물성변화를 저장중의 이화학적 변화 및 관능검사를 병행하여 알아보려고 하였다.

재료 및 방법

재료

두부 제조에 사용된 대두는 미국 캘리포니아산 수입

대두를 사용하였으며, 응고제는 두유액에 대해 0.2%(w/w) CaCl₂(Shinyo Pure Chemical Co., Japan)을 사용하였다.

두부의 제조 및 저장

깨끗이 수세한 대두(300 g)를 12시간 수침한 후, 마쇄기로 5분간 마쇄하였다. 충분히 마쇄된 콩을 여과포에 넣고 두유를 압출하였으며, 가수량은 원료대두의 10배로 하였다. 제조된 두유를 95°C에서 10분간 끓이고 끓인 두유액에 응고제를 80°C에서 첨가하였다. 응고제를 첨가한 후 20분간 방치하고 나서 성형틀(12×12×20 cm)에 응고물을 옮기고 일정무게로 압착 성형한 후 물성을 측정하였다.

성형 직후의 두부를 6×6×3.5 cm의 크기로 절단하여 11×11×4.6 cm의 멸균용기에 넣고 멸균 증류수, 1%, 3%, 5% 소금 용액으로 침지한 후 랩(유니랩, 서통)으로 씌워서 각각 5, 15, 25°C에서 0~5일간 저장하였다.

침지액의 pH, 탁도, 및 세균수 측정

두부 침지액의 pH는 pH-meter(Corning, M220, USA)를 이용하여 직접 측정하였으며, 여액의 흡광도는 침지액을 여지(Filter paper, Whatman No. 2)로 여과하여 비색계(Milton Roy, Spectronic 20D, USA)로 600 nm에서 측정하였다.²

마쇄한 두부와 침지액을 66.7 mM phosphate buffer (1000 ml 수용액중에 Na₂HPO₄·12H₂O 14.3262 g, KH₂PO₄ 3.6292 g 함유)로 희석한 후 세균은 nutrient agar(수용액 1000 ml중에 beef extract 3g, peptone 5g, agar 20g, pH 7.0)를 함유한 평판배지에 접종하여 30°C에서 2일간 배양한 후 colony 수를 계수하였고, 효모는 秋山B 배지

찾는말 : Soybean curd, stress-relaxation, failure stress, soaking solution

*연락처

(1000ml 수용액중에 glucose 10g, peptone 2g, yeast extract 1.5g, KH_2PO_4 1g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.4g, agar 20g, pH 5.0)에 접종하여 25°C에서 2일간 배양한 후 세균과 동일한 방법으로 계수하여 나타냈다. 단위는 CFU(colony forming unit)/ml로 나타냈다.

응력완화(stress relaxation) 및 파손강도의 측정

제조된 두부의 응력완화현상을 측정하기 위해 Rheometer(Sun Co. CR-200D, Japan)를 이용하였다. 일정 크기(2×2×2 cm)로 자른 두부를 10 kg load cell에 부착시키고, 수직방향으로 일정 변형(20%)에 도달시킨 다음 일정한 압축속도(200 mm/min)로 응력완화현상을 측정하였다. 순간응력과 시간에 따른 응력 감소는 chart speed 120 mm/min에서 30분간 기록하였으며 모든 측정은 일정 온도로 조절되는 chamber에서 측정하였다. 응력완화현상에 따른 조직변화의 분석은 simple Maxwell model의 방법을 이용하여 계산하였다.¹⁷⁾

두부의 내부조직 강도를 나타내는 파손강도는 시료의 크기를 일정하게 자른 후(2×2×2 cm) rheometer(Sun Co., CR-200D, Japan)를 이용하여 10 kg load cell에 부착시킨 후 압축속도 200 mm/min, 변형율(strain) 40%에서 파손강도를 측정하였다.

관능검사

두부의 맛과 냄새의 차이를 알아보기 위하여 다시료 비교법(Multiple comparison test)으로 평가하였다. 관능검사를 위한 맛과 냄새의 묘사는 두부의 품질을 대표할 수 있다고 여겨지는 색, 부패한내, 고소한내, 콩비린내, 단단함, 탄력성, 표면상태, 짠맛, 종합적 기호도 등 9가지를 선정한 뒤 7점법으로 평가하였다. 관능검사 결과는 SAS프로그램을 이용한 분산분석(Anova)을 실시하여 통계처리하였다.¹¹⁾

결과 및 고찰

침지액의 pH 측정

두부를 여러 저장 온도에서 저장액별로 저장하는 동안의 pH의 변화는 Fig. 1에 나타내었다. 5°C에서 저장시 두부의 침지액의 pH가 감소하는 경향이 매우 적게 나타났으나 15°C와 25°C에서 저장한 두부의 침지액의 pH는 초기저장시 급격히 감소하다가 24시간 저장후부터는 다시 증가하였다. 일반적으로 식품의 pH는 부패시 생성되는 유기산에 의하여 pH가 저하하나 두부의 경우 15°C와 25°C에서 저장한 두부의 침지액의 pH가 감소하다 증가하는 것은 부패로 생성되는 저분자량의 peptide와 amino acid, amine 등 양성 전해질에 의한 완충작용 때문⁹⁾이라고 사료되며, 송 등⁵⁾은 시판 두부를 30°C에서 저장하였을 때 18~24시간까지는 pH가 감소하나 30시간 이후는 증가하였다고 하였으며, Pontecorvo 등¹²⁾은 lemon juice를 이용하여 제조한 두부를 37°C에서 저장시 1일에는 침지액의 pH가 감소하나 그 이후에는 완만히

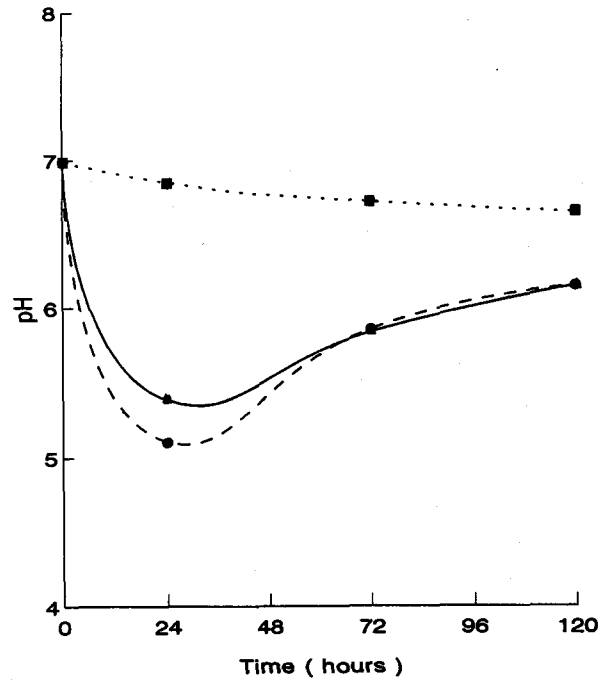


Fig. 1. Changes in pH of water immersing soybean curd at different storage temperatures. ■-■, 5°C; ▲-▲, 15°C; ●-●, 25°C

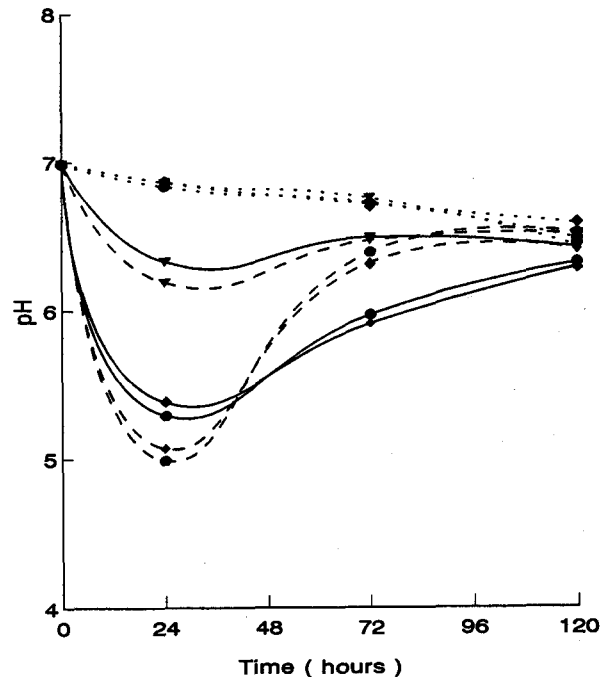


Fig. 2. Changes in pH of salt solutions immersing soybean curd at different storage temperatures. ◆-◆, 1%; ●-●, 3%; ▼-▼, 5% NaCl solution; ----, 5°C; —, 15°C; ·····, 25°C

증가하였던 것과 비슷한 경향을 보였다. 두부 침지액의 소금 농도 효과에 대한 pH의 변화는 1%, 3%에서 두부의 저장시에는 그다지 큰 차이가 나타나지 않았다(Fig. 2). 그러나 5%에서 저장하였을 때에는 15°C나 25°C의 저장

Table 1. Changes in turbidity of salt solutions immersing soybean curd at different storage temperatures. (Unit: absorbance)

| Temp. | Days | NaCl concentration | | | |
|-------|------|--------------------|-------|-------|-------|
| | | 0% | 1% | 3% | 5% |
| 5°C | 0 | 0.002 | 0.007 | 0.013 | 0.007 |
| | 1 | 0.003 | 0.010 | 0.014 | 0.008 |
| | 3 | 0.006 | 0.015 | 0.017 | 0.012 |
| | 5 | 0.008 | 0.019 | 0.021 | 0.014 |
| 15°C | 0 | 0.003 | 0.007 | 0.011 | 0.014 |
| | 1 | 0.009 | 0.016 | 0.019 | 0.019 |
| | 3 | 0.197 | 0.328 | 0.355 | 0.110 |
| | 5 | 0.318 | 0.430 | 0.498 | 0.263 |
| 25°C | 0 | 0.005 | 0.009 | 0.015 | 0.011 |
| | 1 | 0.046 | 0.060 | 0.066 | 0.013 |
| | 3 | 0.552 | 0.620 | 0.663 | 0.227 |
| | 5 | 0.865 | 0.925 | 1.005 | 0.825 |

온도에서 pH저하 속도가 현저하게 지연되는 경향이 나타났다. 이것은 5% 소금 용액이 pH를 저하시키는 미생물의 생육을 저해하는 것으로 사료되며, 1%, 3%보다 5% 소금 용액에서 pH 변화가 적었다고 보고한 이⁶⁾의 결과와 유사하다고 할 수 있다.

침지액의 탁도 및 균수의 측정

두부를 여러 저장 온도에서 저장액별로 저장하는 동안의 탁도의 변화는 Table 1에 나타냈는데 저장시간이 경과할수록 두부의 부패가 진행되면서 탁도도 또한 증가하였다. 이러한 두부 저장중 침지액의 탁도 증가는 부패에 의한 점질물의 생성¹³⁾과 미생물의 증가²⁾가 주된 원인으로 사료되는데 탁도 증가를 제조 직후에 대한 비율로 살펴보면 소금을 첨가시 현저한 탁도 감소율을 보여준다. 즉 증류수, 1%, 3% 소금 침지액에 저장시 변화되는 탁도율보다는 5% 소금 침지액에서 가장 최소의 탁도 증가율을 보여줌을 알 수 있다. 탁도의 변화 (Table 1)를 효모수의 증가(Fig. 3)와 비교해보면 5% 소금에서 효모 증가가 낮은 것과 탁도 증가 비율이 가장 낮은 것과 일치함을 알 수 있었다. 또한 증류수 침지액에서 탁도가 소금 첨가한 침지용액보다 탁도의 증가 비율이 높았으나 3%, 5% 소금을 첨가한 침지액 흡광도의 증가폭이 낮아 일반적으로 소금 첨가시 침지액에 대한 탁도의 증가폭이 감소함을 알 수 있었다. 그리고 온도별로 비교하면 5°C, 15°C, 25°C 순으로 침지액의 탁도가 증가하였는데 온도가 낮을수록 두부의 부패 진행이 늦어지므로 탁도도 감소하리라 사료된다.

두부를 여러 저장 온도에서 저장액별로 저장하면서 시간의 경과에 따른 세균수의 변화는 Fig. 3~Fig. 4에 나타냈는데 저장시간이 경과할수록 균수는 지수적으로 증가하였다. 저장액에서 증류수와 5% 소금보다 1%, 3% 소금을 첨가한 침지액에서 세균이 더 잘 자라는 것은 1%, 3% 소금이 미생물의 생육을 촉진시켜 주는데 반하여 5% 소금은 미생물의 생육을 저해하는 것⁶⁾으로

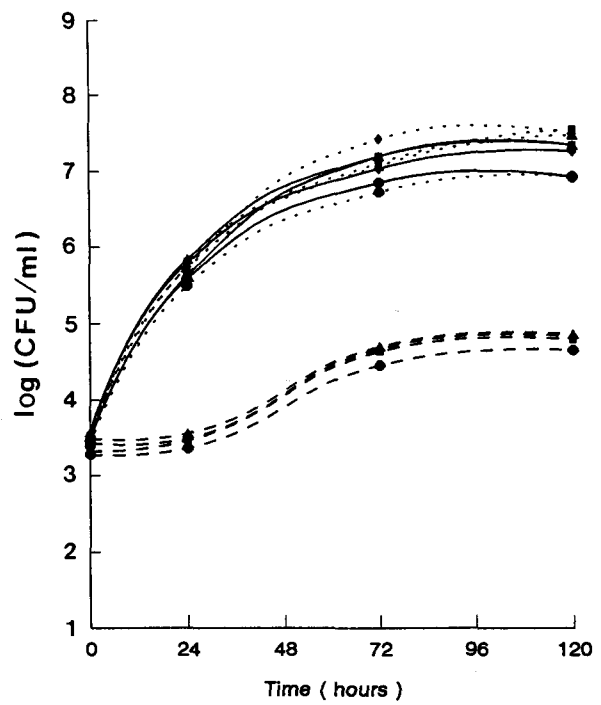


Fig. 3. Changes in yeast counts of salt solution immersed soybean curd at different storage temperatures.

(■-■), 0%; (◆-◆), 1%; (▲-▲), 3%; (●-●), 5% NaCl solution; ----, 5°C; —, 15°C; ·····, 25°C

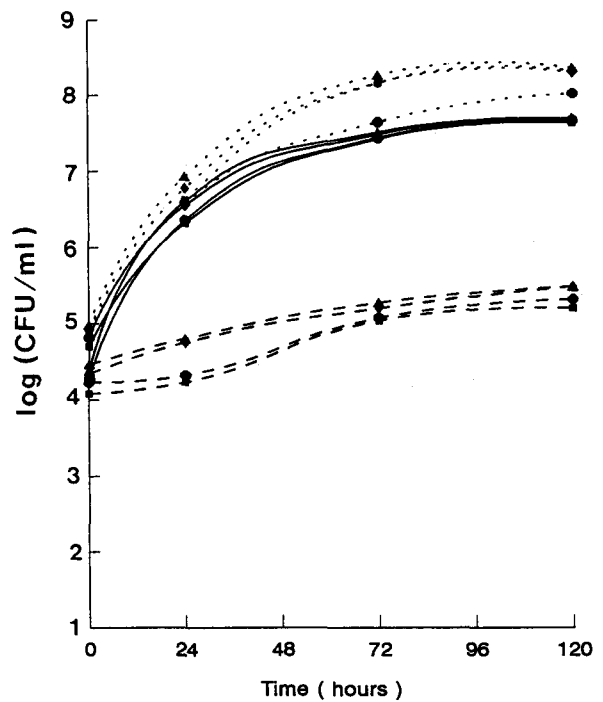


Fig. 4. Changes in aerobic bacterial counts of salt solution immersed soybean curd at different storage temperatures.

(■-■), 0%; (◆-◆), 1%; (▲-▲), 3%; (●-●), 5% NaCl solution; ----, 5°C; —, 15°C; ·····, 25°C

사료된다. 白川武志¹³⁾는 점질물을 생성하는 두부변패의 주된 원인균이 호기성의 gram 음성 구균인 Acinetobac-

ter속이라고 한 것으로 두부의 부패도 호기성 세균의 영향이 큰 것으로 사료된다. 25°C에서 저장한 두부의 총미생물수의 변화는 초기에 급격히 증가하였고 시간이 지남에 따라 증가폭이 다소 완만하였다. 15°C에서 저장한 두부의 총미생물수의 변화도 저장 하루부터 급격히 증가하였다. 그러나 5°C에서 저장한 두부의 총미생물수의 변화는 경시적으로 완만하게 증가하였다. 저장온도에 따른 두부의 보존성을 비교해 보면, 5°C에서 저장한 두부의 균수가 15, 25°C에서 저장한 두부의 균수보다 적었는데 이것은 저온이 미생물 생육을 억제시킨 결과라 하겠다.¹⁴⁾

응력완화(stress relaxation) 및 파손강도의 측정

Table 2. Comparison of 2-element model constants derived from stress-relaxation data of soybean curd at 5°C.

| NaCl concentration | Days | Constants | | | | |
|--------------------|------|--------------|------------|----------------|----------|----------|
| | | σ_0^a | η_e^b | E ^c | η^d | τ^e |
| 0% | 0 | 11025 | 2903.3 | 27.56 | 111.79 | 4.06 |
| | 1 | 9738.8 | 2535.8 | 24.35 | 87.23 | 3.58 |
| | 3 | 9065 | 1935.5 | 22.66 | 75.58 | 3.33 |
| | 5 | 8452.5 | 2066.3 | 21.13 | 65.71 | 3.11 |
| 1% | 0 | 11147.5 | 2901.6 | 27.86 | 114.29 | 4.10 |
| | 1 | 9555 | 2534.3 | 23.89 | 83.97 | 3.52 |
| | 3 | 10473.8 | 2903.3 | 26.18 | 100.89 | 3.85 |
| | 5 | 8330 | 2266.5 | 20.83 | 63.82 | 3.06 |
| 3% | 0 | 11637.5 | 2964.3 | 29.09 | 124.56 | 4.28 |
| | 1 | 10596.3 | 2327.5 | 26.49 | 103.26 | 3.90 |
| | 3 | 9187.5 | 1935.6 | 22.97 | 77.63 | 3.38 |
| | 5 | 8575 | 2266.3 | 21.44 | 67.63 | 3.15 |
| 5% | 0 | 11392.5 | 2964.5 | 28.48 | 119.37 | 4.19 |
| | 1 | 11270 | 2962.3 | 28.18 | 116.81 | 4.15 |
| | 3 | 9126.3 | 1935.8 | 22.82 | 76.60 | 3.36 |
| | 5 | 8697.5 | 2266.5 | 21.74 | 69.57 | 3.20 |

1)Unit of ^aPa; ^bPa; ^ckPa; ^dkPa·sec; ^esec. 2) ^ainitial stress; ^bequilibrium stress; ^celasticity; ^dviscosity; ^erelaxation time

두부를 제조한 후, 5°C의 저장 온도에서 침지액을 달리하여 저장시 응력의 변화를 측정하고 분석한 결과는 Table 2에 나타내었다. 5°C에서의 pH, 균수 등의 변화와는 달리 5°C에서 저장시 침지액의 소금 농도에 관계없이, 저장한 두부의 응력이 각 저장기간에 따라 비교해 보았을 때 뚜렷한 변화가 나타나지 않은 것을 볼 수 있다. Zoon 등¹⁵⁾은 여러 온도(20~30°C)에서 skim milk 젤의 응력완화현상을 측정하였는데, 측정온도가 낮을수록 더욱 강한 젤을 형성한다고 하였으며, Colwell 등¹⁶⁾은 밀 전분을 이용하여 저장온도(-1~43°C)에 따른 젤의 강도에 관한 연구를 하였는데, 저장온도가 낮을수록 더욱 견고한 젤을 형성함을 보여주었고, 이는 전분의 결정화에 의한 것이라고 설명하였다. 이와같이 본 실험에서도 저장 온도가 낮을수록 더욱 높은 응력과 파손강도값을 나타내었다. 또한 두부를 여러 저장 온도에서 저장액별로 저장하면서 시간의 경과에 따른 파손강도의 변화는 Table 4에 나타냈는데 저장시간이 경과할수록 증류수에 침지할때 5°C에서는 74.5 kPa에서 53.1 kPa로

Table 3. Changes in failure compress modulus of soybean curd immersed in the various soaking solutions at different storage temperature. (Unit: kPa)

| Temp. | Days | NaCl concentration | | | |
|-------|------|--------------------|------|------|------|
| | | 0% | 1% | 3% | 5% |
| 5°C | 0 | 74.5 | 76.3 | 77.4 | 75.9 |
| | 1 | 67.5 | 68.6 | 72.3 | 71.3 |
| | 3 | 62.5 | 63.4 | 63.8 | 63.2 |
| | 5 | 53.1 | 53.9 | 53.3 | 56.5 |
| 15°C | 0 | 69.1 | 71.1 | 69.5 | 70.9 |
| | 1 | 65.7 | 63.7 | 62.5 | 63.8 |
| | 3 | 52.8 | 52.1 | 50.2 | 51.5 |
| | 5 | 46.7 | 47.8 | 46.6 | 47.2 |
| 25°C | 0 | 62.7 | 64.3 | 64.2 | 63.7 |
| | 1 | 59.5 | 52.7 | 52.9 | 52.7 |
| | 3 | 49.1 | 40.7 | 49.7 | 46.5 |
| | 5 | 39.2 | 40.4 | 40.5 | 40.8 |

Table 4. Analysis of variance(F value) & Duncan's range test for sensory evaluation of soybean curd obtained at different storage conditions.

| Characteristics | color | sweet taste | sour taste | strength | elasticity | surface | salty taste | overall taste |
|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| storage condition | 0.34 ^{NS} | 1.02 ^{NS} | 0.15 ^{NS} | 2.32* | 0.66 ^{NS} | 0.21 ^{NS} | 7.04** | 0.93 ^{NS} |
| 5°C, 0%, 0 day | 4.14 ^a | 3.29 ^b | 4.14 ^a | 3.29 ^{ab} | 3.71 ^a | 3.71 ^a | 3.14 ^b | 3.57 ^a |
| 5°C, 0%, 1 day | 4. 0 ^a | 4. 0 ^{ab} | 4.14 ^a | 3.43 ^{ab} | 4.14 ^a | 3.86 ^a | 3.14 ^b | 3.71 ^a |
| 5°C, 0%, 3 day | 4.14 ^a | 4.29 ^{ab} | 4.14 ^a | 4.29 ^{ab} | 4.43 ^a | 4. 0 ^a | 3.14 ^b | 4. 0 ^a |
| 5°C, 0%, 5 day | 4.29 ^a | 4.71 ^a | 4.14 ^a | 4.86 ^a | 4.86 ^a | 4.29 ^a | 3.14 ^b | 4.71 ^a |
| 15°C, 0%, 0 day | 4. 0 ^a | 4.29 ^{ab} | 3.86 ^a | 3. 6 ^b | 3.86 ^a | 4. 0 ^a | 3.29 ^b | 3.86 ^a |
| 25°C, 0%, 0 day | 4.29 ^a | 4.29 ^{ab} | 4. 0 ^a | 3.94 ^b | 4.29 ^a | 4.14 ^a | 3. 0 ^b | 4. 0 ^a |
| 5°C, 1%, 0 day | 4.14 ^a | 4.29 ^{ab} | 4.43 ^a | 3.86 ^{ab} | 4.43 ^a | 4. 0 ^a | 4.57 ^a | 4.14 ^a |
| 5°C, 3%, 0 day | 4.43 ^a | 3.86 ^{ab} | 4.29 ^a | 4. 0 ^{ab} | 4.14 ^a | 4.29 ^a | 5. 0 ^a | 4.57 ^a |
| 5°C, 5%, 0 day | 4.71 ^a | 4.29 ^{ab} | 4. 0 ^a | 4. 0 ^{ab} | 4. 0 ^a | 4.29 ^a | 5. 5 ^a | 4.43 ^a |

NS, not significant; *P<0.05; **P<0.01

변하고, 15°C에서는 72.1 kPa에서 46.7 kPa로 변하며, 25°C에서는 63.7 kPa에서 39.2 kPa로 변하였다. 두부의 저장시 두부 조직 변화가 온도의 영향을 받는 것을 알 수 있다. 그러나 침지액의 종류에 따른 파손강도는 뚜렷한 경향을 나타내지 않았는데 침지액의 종류가 두부의 미생물 변화나 pH 변화 같은 저장성에는 크게 영향을 미치나 두부의 조직강도와 같은 물성에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 보여진다.

관능검사

5°C에서 0% 소금용액에 30분 침지한 두부를 기준으로 6가지의 두부에 대해 관능검사를 실시한 후 그 평가내용에 대해 Duncan의 다중범위 검정분석을 행한 결과를 Table 5에 나타냈다. 단단함과 짠맛을 제외하고는 색, 냄새, 표면상태 등 시료간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 저장 온도별 두부의 조직강도와 같은 물성변화에 대한 기계적 측정은 차이가 나타났지만 관능검사 결과는 값은 달랐지만 통계적인 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 파손강도와 관능검사를 비교해 보았을 때 5°C에서 0% 소금용액에 침지한 두부의 파손강도가 높았던 것과 관능검사 분석결과 단단함이 특징적인 차이를 나타낸 결과와 일치된 것을 알 수 있다. 5% 소금 용액에 침지한 두부는 단백질의 변질에 의한 두부의 부패도 지연에 다소 효과가 있었으며 관능검사 실시 결과 소금용액에 침지한 두부는 짠맛이 있었으나 소금용액에 침지한 세 시료간에 유의차가 없었다.

감사의 글

본 논문은 1994년 경희대학교 교비연구비와 현장에 로사향의 연구비의 지원에 의하여 수행된 연구 결과의 일부로서 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. Fukushima, D. (1981) Soy protein for foods centering around soysauce and tofu. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **54**, 346-348.
2. Doston, C. R., H. A. Frank and C. G. Cavaletto (1977) Indirect methods as criteria of spoilage in tofu(soybean curd).

3. Rehberger, T. G., L. A. Wilson and B. A. Glatz (1984) Microbiological quality of commercial Tofu. *J. Food Sci.* **47**, 177-181.
4. Pontecorvo, A. J., and M. Bourne (1978) Simple methods for extending the shelf life of soy curd in tropical areas. *J. Food Sci.* **43**, 969-972.
5. 송석훈, 장건형 (1964) 두부에 관한 연구(제2보), 두부의 shelf-life 연장에 관한 연구. 육군기술연구보고 **3**, 5-9.
6. 이혜원 (1984) 두부의 보존성 및 물성에 관한 연구. 서울여자대학 석사학위논문 27.
7. Miskovsky, A. and M. B. Stone (1987) Effect of chemical preservatives on storage and nutrient composition of soybean curd. *J. Food Sci.* **52**, 1535-1537.
8. Wu, M. T. and D. K. Salunkhe (1977) Extending shelf-life of fresh soybean curds by in-package microwave treatments. *J. Food Sci.* **42**, 1448-1450.
9. 이갑상, 김동한, 백승화, 전승호 (1990) 두부의 저장에 미치는 응고제와 침지액의 효과. 한국식품과학회지 **22**, 116-122.
10. Champagne, C. P., B. Aurouze and G. Goulet (1991) Inhibition of undesirable gas production in tofu. *J. Food Sci.* **56**, 1600-1603.
11. Larmond, E. (1977) Method for Sensory Evaluation of Food. Pub. No. 1284. Res. Branch: Canada Dept. of Agr., Ottawa, Canada. p. 485.
12. Pontecorvo, A. J. and M. C. Bourne (1978) Simple methods for extending the shelf life of soy curd(Tofu) in tropical areas. *J. Food Sci.* **43**, 969-972.
13. 白川武志 (1985) 豆腐の粘性變敗について. 日本食品工業學會誌 **31**, 1.
14. Frazier, W. C. and D. C. Westhoff (1978) Food Microbiology. McGraw-Hill Book Co., p. 130-142.
15. Zoon, P., S. P. F. M. Koefs, B. De Cindio and T. Van Vliet (1990) Rheological properties of skim milk gels at various temperatures; interrelation between the dynamic moduli and the relaxation modulus. *Rheol. Acta.* **29**, 223-227.
16. Colwell, K. H., D. W. E. Axford, N. Chamberlain and G. A. H. Elton (1969) Effect of storage temperature on the ageing of concentrated wheat starch gels. *J. Sci. Food Agric.* **20**, 550-554.
17. Mohsenin, N. N. (1986) Physical Properties of Plant and Animal Materials.(2nd ed.) Gordon and Breach, Science Publishers, Inc. p. 155.

Studies on the physical properties of soybean curd stored in the solution of different salt concentration.

Won-Young Jang¹, Byung-Yong Kim^{1*} and Dong-Hoon Shin²(¹*Department of Food Processing, Kyung Hee University, Yongin, Kyunggi-do 449-701,* ²*Department of Food Biotechnology, Korea University, Yunki-kun, Chungnam-do 339-800, Korea*)

Abstract: Changes in pH of the soaking solution and physical properties of the soybean curd during immersing in solution of different concentrations at different temperatures were determined. Compared with 0~3% NaCl soaking solution, 5% NaCl soaking solution distinctively reduced the pH drop, increasing rate of turbidity and microorganism growth during storage. This indicated the concentration of soaking solution influences the shelf life of curd. As the storage temperature was lowered to 5°C, their changing rates were also reduced. Physical properties such as initial stress (σ_0), elastic constant (E), viscous constant (η) and failure test were influenced by storage temperature, but not a function of concentration of salt solution. The result of the sensory test indicated the hardness and salty taste of curd were statistically significant among samples and 1~5% NaCl solutions did not show any significant difference in the salty taste.

*Corresponding author