

포장두부의 저장성에 미치는 열처리 효과

이서구 · 김창식

동국대학교 식품공학과

초록 : 두부의 저장성 향상을 위해 포장한 후 가열처리하여 저장 중 두부의 미생물상과 이화화적인 변화를 검토하였다. 두부는 CaCl_2 보다 초산으로 응고시키는 것이 저장성 향상에 효과적이었으며, 두부의 저장기간이 경과함에 따라 적정산도, amino태 질소 및 ammonia태 질소와 두부현탁액의 탁도는 증가하였다. 두부를 포장하여 가열처리하면 저장초기의 세균수를 효과적으로 줄일 수 있어 저장성을 연장할 수 있었으나 직접가열과 마이크로파 가열간의 차이는 적었다. 초산으로 응고시킨 비가열처리 두부는 30°C 에서 1일만에 세균수가 6.6×10^6 CFU/g에 도달하여 저장성이 감소하며 3분간 가열처리하면 4일간 저장이 가능하였다(1992년 10월 16일 접수, 1992년 12월 8일 수리).

대두의 수용성 단백질을 추출 응고시킨 두부는 영양가와 소화율이 높으며¹⁾ 대두단백질의 아미노산 조성은 동물성 단백질과 유사하여 곡류 위주의 식생활에서 부족되기 쉬운 필수아미노산 함량이 높으며²⁾ 가격이 저렴한 고단백 식품으로³⁾ gel상 특유의 부드러운 질감으로 인해 기호도가 높다.⁴⁾ 그러나 일반두부는 비교적 pH가 높고(pH 5.8~6.2), 수분함량이 80~88%로 보존성이 극히 불량하여⁵⁻⁷⁾ 생산즉시 공급되어 소비되며 일부가 살균 충전두부^{8,9)}로 유통되나 대부분 순두부 형태로 이용되고 있어 두부의 가공조리에 제한이 따른다.

일반두부의 저장은 침지액에 pH 조정제,¹⁰⁾ 소금,^{11,12)} 보존료^{13,14)}의 첨가 방법이 있으나 유통시 번거롭고, 두부를 유기산에 의해 응고시키는 방법¹⁵⁾과 시판두부를 포장한 후 저온 살균¹⁶⁾하거나 Ca염으로 응고시킨 두부를 micro wave처리¹⁷⁾하여 저장성을 연장시킨 바 있다.

따라서 본 연구에서는 두부의 저장성 향상을 위해 응고제를 달리하여 제조한 두부를 포장하여 단시간 가열처리한 후 저장 중 두부의 미생물상과 이화화적인 변화를 비교 검토하였다.

재료 및 방법

두부제조

대두는 시중에서 구입한 광교품종을 선별하여 이물질을 제거한 후 수도물($20 \sim 25^\circ\text{C}$)로 12시간 침지한 후 wa-

ring blender로 5분간 마쇄하여 가수량을 원료 대두의 10배량으로 하고 100°C 에서 15분간 가열한 후 여과포로 여과하여 비지를 제거하였다. 두유의 응고는 $75 \sim 80^\circ\text{C}$ 에서 CaCl_2 는 두유량의 0.16%, acetic acid는 0.11%(pH 5.16)되게 가하여 응고시킨 후 소형의 두부성형기($19.2 \times 13.6 \times 9.0 \text{ cm}^3$)에 옮겨 3,400 g의 추로 10분간 압착 성형하였다.

두부의 저장

성형직후의 두부를 $6.4 \times 6.8 \times 1.5 \text{ cm}^3$ 의 크기로 절단하여 두께 0.1 mm의 poly propylene film에 넣고 밀봉한 후 무처리를 대조구로 하여 전자레인지(금성, 2450 MHz, 560 W) 또는 끓는물(이하 직접가열)에서 3분간 가열처리한 후 30°C 에서 5일간 저장하였다.

분석방법

두부의 일반성분은 AOAC법¹⁸⁾에 준하여 pH는 pH meter(breakman 031)을 이용하여 직접 측정하였고, 적정산도는 두부 10 g에 증류수 20 ml를 가하여 분쇄 혼합시킨 후 0.1 N NaOH로 중화될 때까지 적정하였으며, amino태 질소는 Formol적정법,¹⁹⁾ ammonia태 질소는 Folin법²⁰⁾으로 정량하였다.

두부 현탁액의 탁도는 두부에 2배량의 증류수를 가하여 분쇄 혼합시킨 후 동양여지 No. 2로 여과하고 여액의 흡광도를 비색계(Bausch & Lomb Spectronic 20)로

600 nm에서 측정하였다.⁵⁾

세균수 측정

각 군의 시료 1g에 멸균생리식염수 9ml를 혼합분쇄하고, 혼합액 1ml를 취하여 10진법으로 희석한 후 호기성 세균은 Trypticase soy agar²¹⁾를 함유한 평판배지에서 30℃, 1~2일간 배양한 후 colony counter로 계수하였고, 혐기성세균은 APT agar²²⁾를 함유한 평판배지에 희석 도달한 후 그 위에 2% agar를 덮어 호기성 세균과 동일한 방법으로 계수하였다.

결과 및 고찰

pH와 적정산도

두부 저장중 pH 변화는 Fig. 1과 같이 초기의 pH는 가열처리에 의하여 pH 변화가 있어 초산으로 제조한 구들은 pH 5.22~5.29, CaCl₂로 제조한 구들은 pH 5.84~5.87이었다.

저장 중에는 초산으로 제조한 두부는 3일, CaCl₂로 제조한 두부는 2일까지 약간 증가하다가 그 이후에는 감소하였고, 시험구별로는 두부를 포장만한 대조구에 비하여 가열처리한 구가 pH 변화는 컸으며, 특히 끓는

물에 직접 처리한 구보다 마이크로파 처리한 구가 pH의 변화가 컸다.

Fig. 2에서와 같이 적정산도는 초산으로 응고시킨 두부보다 CaCl₂로 응고시킨 두부에서 산도의 증가는 높았고 초산으로 응고시킨 두부는 대조구에 비하여 가열처리시 저장중 산도의 증가율이 적으나 CaCl₂로 응고시킨 두부는 가열처리시 산도의 증가율이 높았으며 마이크로파 처리한 구가 높았다.

Wu 등¹⁷⁾은 마이크로파로 가열한 두부의 21℃ 저장시 pH는 6.98에서 4일후 pH 5.66으로 감소하였고 적정산도는 0.0060에서 0.0085(meq acid/10 ml)으로 증가하였다고 보고한 결과와 유사하였으며, 白川¹⁷⁾은 두부 변질시 생성되는 주된 산은 젖산이라고 보고한 바 있으나 포장두부가 적정산도의 증가에도 불구하고 pH가 저장초기에 증가하였는데 이는 두부 변질초기에 생성되는 저분자량의 peptide, amino acid 등 양성전해질에 의한 완충작용 때문이며 CaCl₂로 응고시킨 두부는 열처리시 Ca⁺⁺ion에 의한 결합의 일부가 끊어지는 것에 따른 차이가 아닌가 생각된다. 한편, Champagne 등¹⁶⁾은 시판 두부를 포장하여 75℃에서 30분간 저온 살균하여 25℃에서 저장할 때 3일 이후에 증가하였다고 보고한 바 있다.

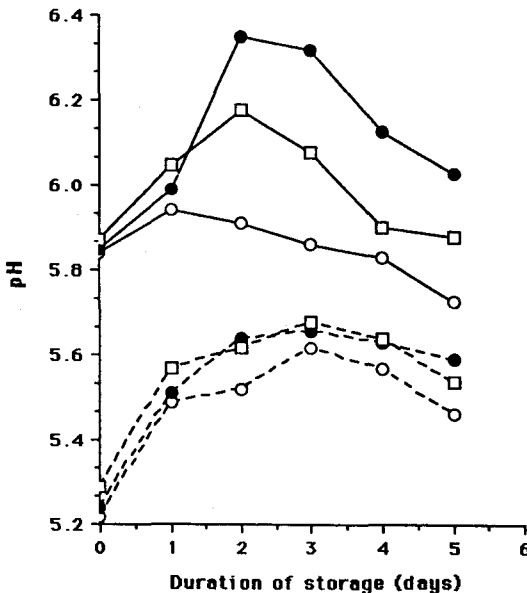


Fig. 1. Effects of in-package heat treatment on pH of stored Tofu.

○—○: Calcium chloride, non treatment, ●—●: Calcium chloride, boiling, □—□: Calcium chloride, microwave, ○--○: Acetic acid, non treatment, ●--●: Acetic acid, boiling, □--□: Acetic acid, microwave

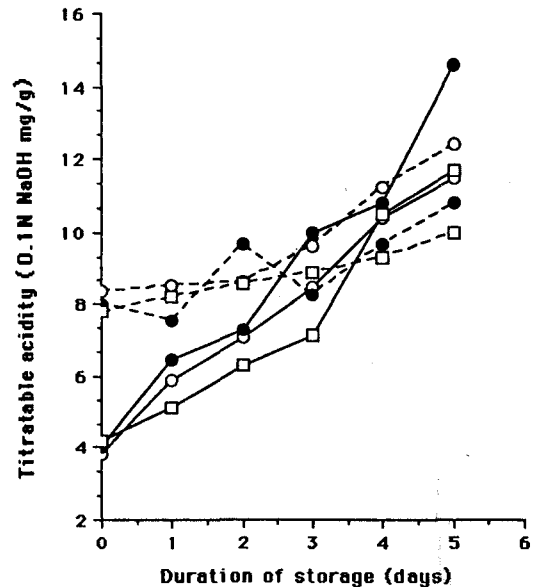


Fig. 2. Effects of in-package heat treatment on titratable acidity of stored Tofu.

○—○: Calcium chloride, non treatment, ●—●: Calcium chloride, boiling, □—□: Calcium chloride, microwave, ○--○: Acetic acid, non treatment, ●--●: Acetic acid, boiling, □--□: Acetic acid, microwave

Amino태 질소와 ammonia태 질소

두부 저장 중 amino태 질소의 변화는 Fig.3과 같이 저장 1일 이후에 생성되기 시작하나 초산으로 응고시킨 두부는 가열처리로 amino태 질소의 생성비율이 낮았으며 마이크로파 가열보다는 직접 가열처리한 구가 amino태 질소의 생성이 적었다.

CaCl₂로 응고시킨 두부의 경우 마이크로파 가열시 저장 중의 생성량이 대조구보다도 증가하였다.

Ammonia태 질소는 Fig.4에서와 같이 CaCl₂로 응고한 두부의 경우 저장 2일 이후에 생성되기 시작하며 직접 가열처리한 구는 대조구와 큰 차이가 없으나 마이크로파 처리는 현저하게 증가하여 5일 저장 후 대조구는 30.8 mg%인데 반하여 87.2 mg%로 상승하였다.

초산으로 응고시킨 경우는 대조구에서만 저장 4일 이후에 ammonia태 질소가 발생되기 시작하여 5일 이후에 28 mg%이었으며 초산으로 응고시킨 포장하지 않은 두부¹⁴⁾는 저장 5일에 200 mg%이상 발생하였던 보고와 비교하여 볼 때 상당한 차이가 있었다. 이와같은 차이는 단백질이 미생물에 의한 분해로 amino태 질소와 ammonia태 질소가 생성되나 혐기상태에서 변질될 때에는 휘발성 염기 질소의 생성이 적은 것으로 생각되며 충전두부⁹⁾에서도 유사한 결과이었다.

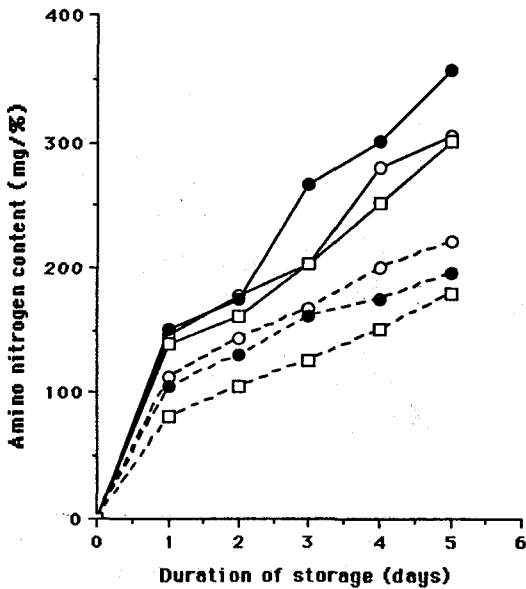


Fig. 3. Effects of in-package heat treatment on amino nitrogen content of stored Tofu.

○—○: Calcium chloride, non treatment, ●—●: Calcium chloride, boiling, □—□: Calcium chloride, microwave, ○--○: Acetic acid, non treatment, ●--●: Acetic acid, boiling, □--□: Acetic acid, microwave

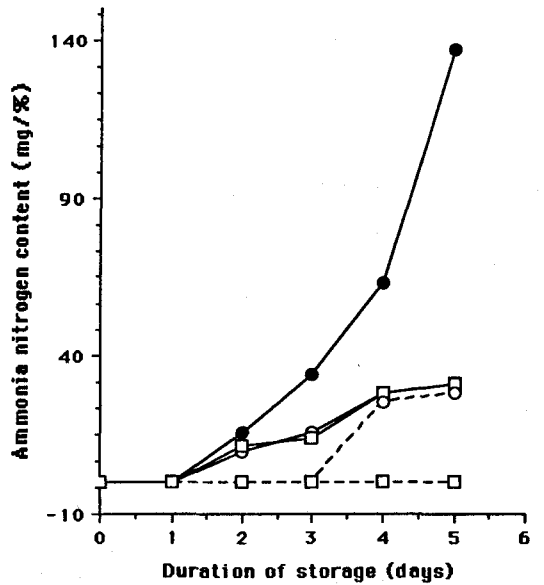


Fig. 4. Effects of in-package heat treatment on ammonia nitrogen content of stored Tofu.

○—○: Calcium chloride, non treatment, ●—●: Calcium chloride, boiling, □—□: Calcium chloride, microwave, ○--○: Acetic acid, non treatment, ●--●: Acetic acid, boiling, □--□: Acetic acid, microwave

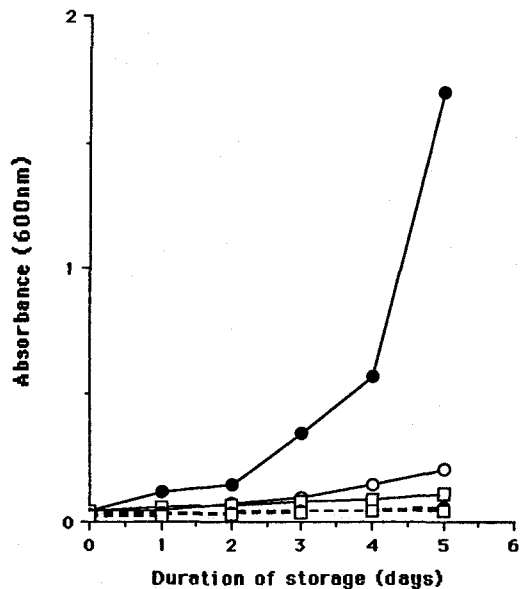


Fig. 5. Effects of in-package heat treatment on optical density of stored Tofu.

○—○: Calcium chloride, non treatment, ●—●: Calcium chloride, boiling, □—□: Calcium chloride, microwave, ○--○: Acetic acid, non treatment, ●--●: Acetic acid, boiling, □--□: Acetic acid, microwave

탁도

두부는 변질시 점질물의 생성²⁾과 미생물의 증가로 마쇄한 두부 현탁액의 탁도가 증가되기 때문에⁹⁾ 저장 중 두부 현탁액의 흡광도를 측정한 결과 Fig. 5와 같다.

제조 직후 초산으로 응고한 두부는 0.02전후, CaCl₂로 응고시킨 두부는 0.04전후이었으며 초산으로 응고한 두부는 5일 후 0.04~0.06이었다. 또 CaCl₂로 응고한 두부는 5일 후 대조구는 0.21, 직접 가열처리한 구는 0.11이나 마이크로파 처리는 저장 4일에 0.57로 급상승하였다. 이는 적정산도나 amino태 질소, ammonia태 질소 등에서와 같은 미생물에 의한 분해와는 달리 대두단백질의 Ca⁺⁺ion에 의한 고차구조가 일부 마이크로파에 의해 파괴되는 것으로 사료되었다.

Kroll²³⁾은 Ca⁺⁺ion의 결합위치는 대두 단백질의 caboxyl group이나 imidazole group이고 Escueta 등²⁴⁾은 두부의 경도와 점성은 두유를 30분 이상 가열할 때 감소하며, 露木²⁵⁾은 마이크로파 가열시 식품 중의 유극성 분자는 격렬히 진동 또는 회전하여 내부발열하기 때문에 단백질이나 핵산 성분의 변화가 일어난다고 보고한 바 있다.

세균수의 변화

포장두부를 열처리하여 30℃에서 저장하면서 저장

기간중의 호기성 세균수의 변화를 경시적으로 측정된 결과는 Fig. 6과 같다.

제조 직후 호기성 세균은 CaCl₂로 응고시킨 경우 1.6×10⁶ CFU/g, 초산으로 응고시킨 경우 1.5×10⁵ CFU/g이나 포장후 순간 살균에 의해서 세균수는 1/10~1/100로 줄어 들어 초기 오염을 줄일 수 있었다. 5일 저장후에는 초산으로 응고시킨 두부는 마이크로파 가열시 5.4×10⁶ CFU/g, 직접 가열은 1.1×10⁷ CFU/g이었으나 포장만한 대조구는 2일 후에 1.3×10⁷ CFU/g에 도달했고, CaCl₂로 제조한 두부는 순간 살균에 관계없이 1일 저장 후 세균수는 10⁸ CFU/g 이상에 도달하였다.

혐기성 세균수는 Fig. 7에서 보는 바와 같이 CaCl₂로 응고시킨 두부는 2.0×10⁴ CFU/g, 초산으로 응고시킨 두부는 5.6×10³ CFU/g로, 순간 살균에 의해 1/2~1/3 수준으로 줄어들어 호기성 세균보다 초기 오염은 적으나 살균 효과가 적었다. 저장 중에는 세균수가 급격히 증가하여 초산으로 응고한 두부는 5일 저장 후 마이크로파 가열시 1.4×10⁷ CFU/g, 직접가열은 1.2×10⁷ CFU/g이나 대조구는 2일 후 1.6×10⁷ CFU/g에 도달했다. CaCl₂로 응고한 두부는 호기성 세균수와 같이 저장 1일 후 순간 살균에 관계없이 3.8~8.6×10⁷ CFU/g에 도달하여 순간 살균 효과는 거의 기대할 수 없었다.

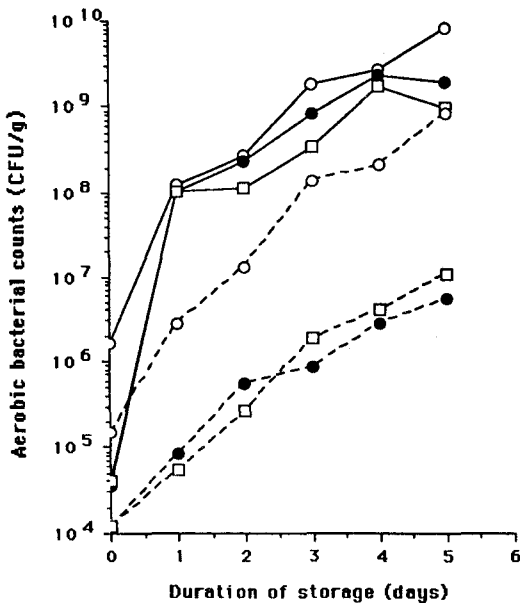


Fig. 6. Effects of in-package heat treatment on aerobic bacterial counts of stored Tofu.

○—○: Calcium chloride, non treatment, ●—●: Calcium chloride, boiling, □—□: Calcium chloride, microwave, ○—○: Acetic acid, non treatment, ●—●: Acetic acid, biling, □—□: Acetic acid, microwave

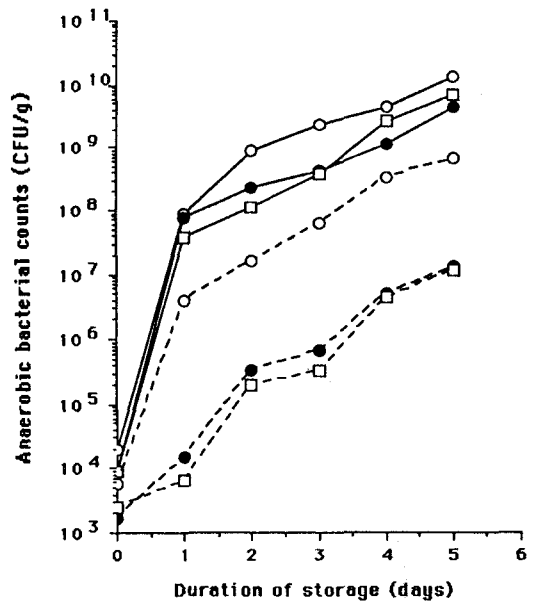


Fig. 7. Effects of in-package heat treatment on anaerobic bacterial counts of stored Tofu.

○—○: Calcium chloride, non treatment, ●—●: Calcium chloride, boiling, □—□: Calcium chloride, microwave, ○—○: Acetic acid, non treatment, ●—●: Acetic acid, biling, □—□: Acetic acid, microwave

이상의 결과로 두부는 미생물수가 10^7 cells/g 이상일 때 초기 부패^{11,12)}로 판정된 보고와 비교하여 불 때 초산으로 응고시킨 두부를 포장하여 순간 살균하면 30°C에서 4일 이상 저장이 가능하였고, 2.5×5×5 cm의 Ca염으로 응고시킨 두부를 포장하여 3.5분 마이크로파 가열후 21°C에서 저장할 때 4일만에 총 세균수는 8.4×10^9 cells/g이었던 Wu 등¹⁷⁾의 보고에 비해 초산으로 응고시킨 두부가 순간 살균에 의한 저장성 연장에 효과적이었다. 또한 수분 38.8% 이상인 두부 150 g을 마이크로파 가열한 경우 60초에 80°C 전후, 120초에 100°C에 도달했다고 보고²⁶⁾한 바 있으나 마이크로파 가열은 비등수에 의한 직접 가열과 살균 효과에서는 큰 차이를 볼 수 없었으며, 40초간 마이크로파 가열로 쌀과자, 식빵, 중화면 등을 30°C에서 20일간 저장할 수 있었고 10^7 cell의 대장균을 완전히 살균할 수 있었던 江坂 등²⁷⁾의 보고와는 차이가 있었다.

참 고 문 헌

- Miller, C. D., Denning, H. and Bauer, A.: Food Res., 17 : 261(1952)
- 이경원: 식품과학, 15 : 40(1982)
- Alberts, J. C.: Economic aspects; Food Technol., 9 : 929(1965)
- Tseng, R. Y. L., Smith-Nury, E. and Chang, Y. S.: Home Economic Res. J., 6 : 171(1977)
- Doston, C. R., Frank, H. A. and Cavaletto, C. G.: J. Food Sci., 42 : 273(1977)
- Rehberger, T. G., Wilson, L. A. and Glatz, B. A.: J. Food Prot., 47 : 177(1984)
- 白川武志: 日本食品工業學會誌, 31 : 1(1985)
- 이인우: 연세대학교 산업대학원 석사학위논문(1988)
- 김동한, 이갑상: 한국식품과학회지, 24 : 92(1992)
- Pontecorvo, A. J. and Bourne, M.: J. Food Sci., 43 : 969(1978)
- 송석훈, 장건형: 육군기술연구보고, 3 : 5(1964)
- 이혜원: 서울여자대학 대학원 석사학위논문(1984)
- Miskovsky, A. and Stone, M. B.: J. Food Sci., 52 : 1535(1987)
- 이갑상, 백승화, 신용서, 전승호, 김동한: 원광대 논문집, 26 : 133(1992)
- 이갑상, 김동한, 백승화, 전승호: 한국식품과학회지, 22 : 116(1990)
- Champagne, C. P., Aurouze, B. and Goulet, G.: J. Food Sci., 56 : 1600(1991)
- Wu, M. T. and Salunkhe, D. K.: J. Food Sci., 42 : 1448(1977)
- AOAC: "Official Methods of Analysis", 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.(1985)
- Sørensen, S. P. L.: Biochem. J., 7 : 45(1907)
- Folin, O.: J. Physiol. Chem., 37 : 161(1902)
- Thomas, Y. D., Lulwies, W. J. and Kraft, A. A.: J. Food Sci., 46 : 1951(1981)
- MERCK: Handbook of microbiology, p. 66(1965)
- Kroll, R. D.: Cereal Chem., 61 : 490(1984)
- Escueta, E. E., Bourne, M. C. and Hood, L. F.: Can. Inst. Food Sci. Technol. J., 19 : 53(1986)
- 露木英男: 日本食品工業學會誌, 29 : 123(1982)
- Wang, S. H. and Toledo, M. C. F.: J. Food Sci., 52 : 1344(1987)
- 江坂宋春, 岡田貴代美, 鈴木室一, 久保田清, 川上英之: 日本食品工業學會誌, 34 : 69(1987)

Effects of heat treatment on storage of packaged Tofu

Sur-Koo Lee and Chang-Sik Kim (Department of Food Technology, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea)

Abstract : The effect of heat treatments (boiling or microwave heating) on packaged Tofu was investigated by microbial and physicochemical changes during its storage in order to improve the shelf-life. The shelf-life of the packaged Tofu prepared by acetic acid was found better than that prepared by calcium chloride. As the spoilage of Tofu developed, titratable acidity, amino and ammonia nitrogen contents, and optical density of packaged Tofu suspension were increased. Heat treatment of fresh Tofu in package was effective in lowering the bacterial counts, and extending shelf-life, but there was no significant difference between heating methods. Packaged Tofu prepared from acetic acid and pretreated by heating for 3 minutes kept the shelf-life of 4 days at 30°C, but that without heat treatment spoiled at one day.