

충진 두부의 저장성에 미치는 응고제의 효과

김동한 · 이갑상*

목포대학교 식품영양학과, *원광대학교 농화학과

Effects of Coagulants on Storage of Packed Tofu

Dong-Han Kim and Kap-Sang Lee*

Department of Food and Nutrition, Mokpo National University

*Department of Agricultural Chemistry, Wonkwang University

Abstract

Several coagulants was investigated for their effects on shelf-life of packed Tofu. The titratable acidity, amino nitrogen content in Tofu and the optical density of Tofu suspension were increased as the spoilage developed during storage. The number of microorganisms was increased to 13 million cells per gram after 1 day of storage at 30°C in the Tofu prepared with MgSO₄ and CaCl₂. But, the Tofu prepared from acetic acid was found to be more stable for storage. The quality of Tofu was maintained up to 12 days or 18 days at 30°C or 15°C, respectively. These results suggested that acetic acid was desirable as a coagulant of packed Tofu to extend its shelf life.

Key words: packed Tofu, shelf-life, acetic acid

서 론

두부는 대두의 수용성 단백질을 추출 응고시킨 것으로 영양가와 소화율이 높으며⁽¹⁾ 가격이 저렴한 고단백식품이다⁽²⁾. 두부의 응고는 대두단백질 분자간의 수소결합, ion결합, 이황화결합, 소수성회합 등에 의하며^(3,4), 두유의 농도, 온도, pH, ion강도, 단백질의 열변성 정도, 응고제의 종류와 농도 및 첨가방법에 의하여 품질이 좌우되고⁽⁵⁻⁹⁾, 수분량이 높아 채래식 두부의 경우 유통과정에서 오염되기 쉽다⁽¹⁰⁻¹²⁾. 두부의 저장은 침지액의 pH를 조정하거나⁽¹³⁾ 소금^(14,15), 보존료⁽¹⁶⁾를 침지액에 첨가하는 방법과 포장방법⁽¹⁷⁾이 발표된 바 있으며 이 등⁽¹⁸⁾은 응고제와 침지액을 달리하였을 때 초산이 저장성 향상에 효과적임을 보고하였다. 그러나 두부의 보존성 향상을 위해서는 위생적이고 취급하기 쉬운 충전두부 형태가 바람직하다⁽¹⁹⁾.

본 연구에서는 두부의 저장성을 연장시킬 목적으로 응고제를 달리하여 충전두부를 제조하고, 저장중 두부의 미생물상과 이화학적인 변화를 비교 검토하였다.

재료 및 방법

두부제조 및 저장

시중에서 구입한 대두를 수돗물(24~25°C)로 12시간

침지한 후 가수량을 원료대두의 6배로 하여 waring blender로 5분간 마쇄하고 중합인산염(sodium metaphosphate 98%, sodium polyphosphate와 sodium pyrophosphate의 각 1% 혼합제)을 0.1%되게 첨가하여⁽¹⁹⁾ 100°C에서 15분간 가열한 후 여과포로 여과하여 비지를 제거하였다. 두부의 응고는 10°C 이하로 냉각시킨 두유에 20% acetic acid(이하 A)와 MgSO₄·7H₂O와 CaCl₂·2H₂O의 동량혼합액(이하 B) 및 A와 B의 동량 혼합액(이하 A+B)을 응고제로 첨가 교반하여 polypropylene film에 넣고, 밀봉한 후 92~95°C의 열탕에서 30분간 가열 응고시켰다. 이때 두부의 시네레시스(syneresis)는 응고된 충전두부를 cheese cloth로 여과하여 얻은 여액을 두유에 대해 중량 %로 표시하였다. 성형포장된 충전두부를 15°C와 30°C로 구분하여 0~22일간 저장하였다.

분석방법

두부의 일반성분은 식품공학실험I⁽²⁰⁾에 준하여 수분은 적외선 수분계(Kett, T-1A), 총질소는 Micro-Kjeldahl법, 아미노태 질소는 Formol 적정법, 총당 및 환원당은 Somogyi변법, 조지방은 Soxhlet 추출법으로 정량하였다.

두부의 pH는 pH-meter(Beckman φ31)를 사용하여 직접 측정하였고, 적정산도는 두부 10g에 증류수 20 ml를 가하여 분쇄 혼화시킨 후 0.1N NaOH로 중화될 때까지 적정하였다⁽¹⁷⁾.

두부현탁액의 탁도는 두부에 2배의 증류수를 가하여 분쇄 혼화시킨 후 동양여지 No.2로 여과하고 여액의 흡광도를 비색계(Bausch & Lomb spectronic 20)로 600

Corresponding author: Dong-Han Kim, Department of Food Nutrition, Mokpo National University, Muangun, Chonnam 534-729, Korea

Table 1. Proximate composition of packed Tofu prepared with different coagulants

Properties	Coagulants		
	A	A+B	B
Moisture(%)	84.5	84.2	83.8
pH	5.16	5.30	5.73
Titratable acidity (ml 0.1 N NaOH/10g Tofu)	6.75	5.92	4.20
Crude protein(%)	6.33	6.36	6.35
Amino nitrogen(mg%)	77.0	78.3	81.1
Total sugar(%)	1.81	1.82	1.86
Reducing sugar(%)	0.73	0.81	0.83
Crude fat(%)	3.36	3.42	3.47
Syneresis(%)	14.4	14.6	14.9

A: Acetic acid

B: Magnesium sulfate+ Calcium chloride

nm에서 측정하였다⁽¹⁰⁾.

두부의 미생물수는 마쇄한 두부를 멸균생리식염수를 이용하여 10진법으로 희석한 후 호기성 세균은 Trypticase soy agar⁽²¹⁾, 효모는 秋山 B배지⁽¹⁵⁾ (Na-propionate를 0.2% 첨가함)에 1~3일간 평판배양 후 colony counter로 계수하였고, 혐기성 세균은 APT agar⁽²²⁾ 평판배지에 희석액을 도말한 후 그 위에 2% agar를 덮어 호기성 세균수 측정과 동일한 방법으로 계수하였다.

결과 및 고찰

이화학적 특성

응고제로 acetic acid(A), MgSO₄·7H₂O와 CaCl₂·2H₂O의 동량 혼합액(B) 및 A와 B의 혼합액(A+B)으로 제조한 충전두부의 일반성분은 Table 1과 같이 수분 83.8~84.5%, pH 5.16~5.73으로, 두유 전체를 제품으로 하였기 때문에 전보⁽¹⁸⁾의 수분 75% 전후, pH 5.41~5.87에 비하여 수분이 많고 pH는 낮았다. 이 수율은 산(A)으로 응고시킨 경우가 무기염류(B)로 제조한 것에 비하여 적은 반면 조단백질과 아미노태질소, 총당, 환원당, 조지방 함량은 조금 낮았고 산과 염류를 혼합하여 응고시킨 시험구(A+B)는 총질소를 제외하고는 A와 B구의 중간 수준이었다.

저장중 미생물수의 변화

충진두부의 저장중 호기성 세균수의 변화를 경시적으로 측정된 결과는 Fig. 1과 같이 제조 직후에 10² CFU (colony forming unit)/g 이하이나 15°C 저장의 경우 A구는 22일 후에 2.8×10⁶ CFU/g이었고, 30°C 저장의 경우 A와 A+B 시험구는 12일 저장시 각각 6.15×10⁵ CFU/g, 6.4×10⁶ CFU/g이나 B구는 저장 1일만에 1.1×10⁶ CFU/g으로 증가하였다.

혐기성 세균수의 변화는 Fig. 2와 같이 15°C 저장의

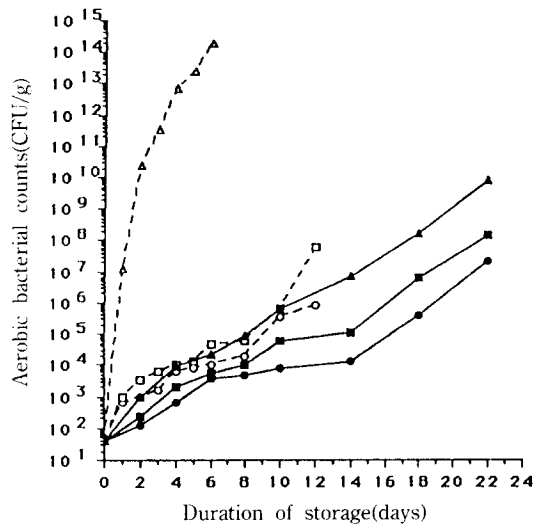


Fig. 1. Changes in aerobic bacterial count of packed Tofu during storage

Solid and dashed line designates the storage temperature of 15°C and 30°C, respectively. Open and closed symbols of circle, triangle and square designate coagulants of acetic acid(A), MgSO₄+CaCl₂(B) and mixture of A and B, respectively

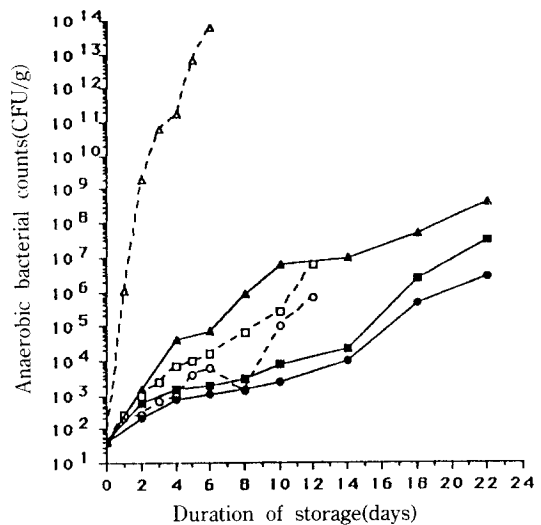


Fig. 2. Changes in anaerobic bacterial count of packed Tofu during storage

Legends are the same as in Fig. 1

경우 저장 22일에 A구는 2.3×10⁷ CFU/g, A+B구는 1.6×10⁸ CFU/g이나 B구는 저장 18일만에 1.8×10⁸ CFU/g이었고, 30°C 저장시 A구는 12일에 9.0×10⁶ CFU/g이나 B구는 저장 1일에 1.2×10⁷ CFU/g로 급격히 증가하였다. 따라서 호기성과 혐기성 세균 모두 15°C 저장에서는 시험구간에 현저한 차이를 볼 수 없으나 30°C 저장에서는

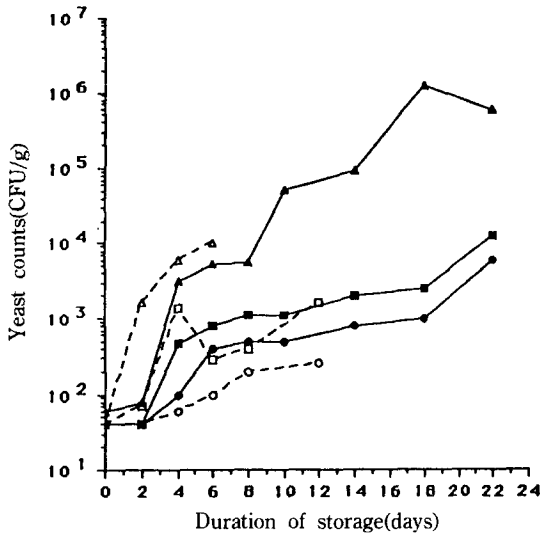


Fig. 3. Changes in yeast count of packed Tofu during storage
Legends are the same as in Fig. 1

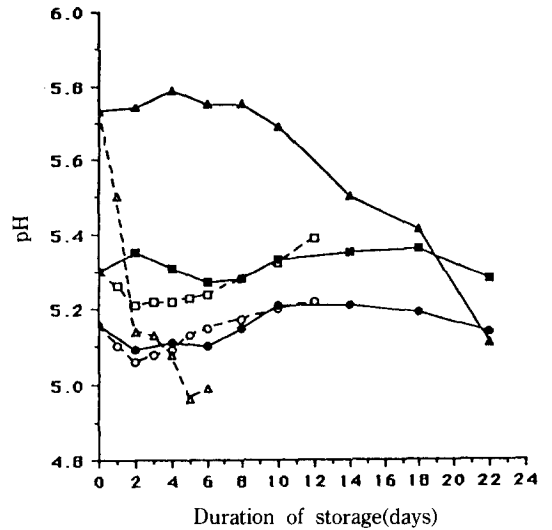


Fig. 4. Changes in pH packed Tofu during storage
Legends are the same as in Fig. 1

A구와 A+B구는 B구에 비하여 세균의 증식이 현저하게 억제됨을 알 수 있었다. 또한 일반두부의 부패시 호기성균의 영향이 큰 전보⁽¹⁸⁾와는 달리 충전두부의 부패는 혐기성 세균이 주도적인 역할을 하는 것으로 보이며, 일반두부의 총세균수가 제조 직후 10^4 CFU/g이었던 이⁽¹⁵⁾와 acetic acid로 응고시킨 두부의 경우 1.6×10^6 CFU/g이었던 전⁽²³⁾의 보고와 비교하여 볼 때 충전두부는 가열 응고시키기 때문에 초기 미생물의 오염이 적었다.

한편 효모수의 변화는 Fig. 3과 같이 제조 직후에는 세균수와 비슷하나 저장중의 증가는 미미하여 세균수의 증가가 심하였던 B구의 경우에도 15°C에서 22일 저장시 6.0×10^6 CFU/g, 30°C에서 6일간 저장하였을 때 1.0×10^4 CFU/g 수준으로, 저장온도의 차이에 따른 증식율의 차이는 적었다. 따라서 세균에 비하여 두부의 부패에 영향이 적은 것으로 생각되었다. 이상의 미생물수 변화를 $CaSO_4$ 로 응고시킨 두부를 포장하여 전자레인지에서 95°C로 3.5분간 살균하여 21°C에서 4일 저장하였을 때 세균수가 8.4×10^9 CFU/g에 도달하였던 보고⁽¹⁷⁾와 비교하여 볼 때 초산으로 응고시킨 두부의 저장성이 현저하게 우수하였고, 두부중의 미생물수가 10^7 CFU/g 이상일 때 초기부패로 본 보고^(14,15)로 미루어 보아 무기염으로 제조한 B구는 30°C 저장에서 1일 이내, 초산으로 제조한 A구는 12일 정도 저장 가능하였다.

저장중 이화학적 변화

두부 저장중 pH변화는 Fig. 4와 같이 제조 직후 A구는 pH 5.16, B구는 pH 5.73 이었지만 저장중에 B구는 심하게 낮아져 30°C에서 6일 저장 후 pH 5.0이었으나 A구와 A+B구는 저장중 약간 낮아지다가 완만하게 증가하는

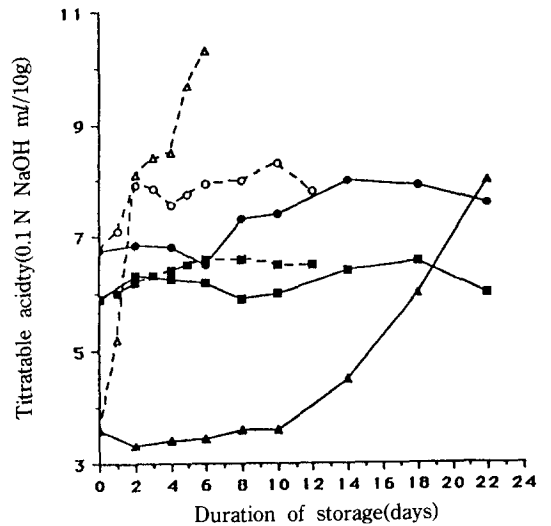


Fig. 5. Changes in titratable acidity of packed Tofu during storage
Legends are the same as in Fig. 1

추세였다.

Fig. 5의 적정산도의 변화는 A구와 A+B구의 경우 저장중에 완만한 증가추세를 보였으나 B구는 급격히 증가하였다. 이러한 변화는 A와 A+B구의 경우 단백질 및 부패초기에 생성되는 저분자량의 peptide, amino acid 등 양성 전해질의 완충능 때문에 pH와 산도의 변화가 미미하였던 반면 B구는 부패속도가 빨라 amino acid의 decarboxylation, deamination이 일어나 완충능이 저하하고 유기산이 생성되는 전형적인 부패양상을 보인 것으로 사료된다. 이에 대해 Wu 등⁽¹⁷⁾은 무기염류로 응

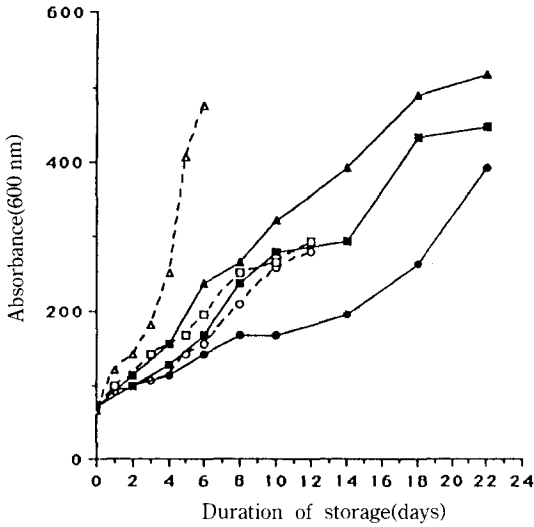


Fig. 6. Changes in amino nitrogen content of packed Tofu during storage

Legends are the same as in Fig. 1

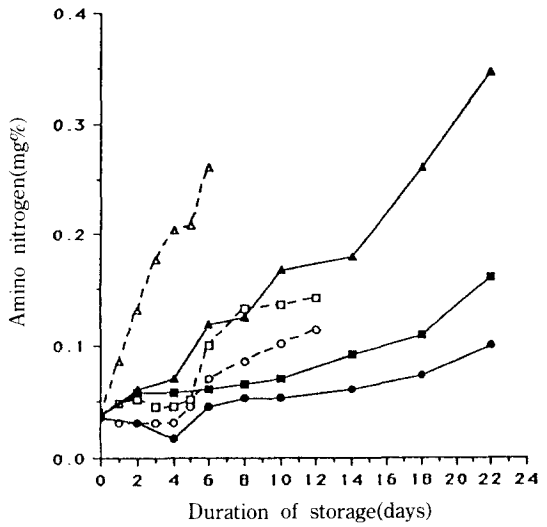


Fig. 7. Changes in optical density of packed Tofu during storage

Legends are the same as in Fig. 1

고시켜 포장한 전자레인지 살균 두부의 21°C 저장시 pH는 6.98에서 4일 후 pH 5.66으로 저하하였고 적정산도도 현저히 증가하였다고 보고하였고 白川⁽¹²⁾은 두부 부패시 생성되는 주된 산은 젖산이라고 보고한 바 있다.

저장중 아미노태 질소의 변화는 Fig. 6과 같이 제조 직후 70 mg% 수준이나 30°C 저장의 경우 A구는 12일에 280 mg%, B구는 6일 후에 476 mg%이었고, 15°C 저장의 경우도 B구는 22일 후에 518 mg%로 급격히 증가하였으나 Fig. 1~5의 미생물수, pH, 적정산도의 변화처럼 시험구 간에 현저한 차이는 볼 수 없었다. 또한 개방상태에서 두부가 부패될 때에는 아미노태 질소량의 증가와 더불어 암모니아태 질소량도 증가하였던 보고^(15,23)와는 달리 충진두부는 부패가 진행됨에 따라 암모니아태 질소의 생성이 미미하였는데 혐기상태에서 단백질이 부패될 때에는 휘발성 염기질소의 생성이 적은 것이 아닌가 사료된다.

두부는 저장중 부패에 의한 점질물의 생성⁽¹²⁾과 미생물의 증가⁽¹⁰⁾로 마쇄한 두부 현탁액의 탁도가 증가되리라 생각되어 저장중 두부 현탁액의 흡광도를 측정한 결과는 Fig. 7과 같이 두부의 제조 직후에는 0.037 전후이던 것이 저장중에 점차 증가하여 부패가 심하였던 B구는 30°C에서 6일 저장시 0.260, 15°C에서 22일 저장시 0.347로 증가하였다. 이를 Fig. 1~3의 미생물수와 비교하여 볼 때 미생물수가 10⁷ cells/g 이하인 경우 흡광도는 대체로 0.1 이하로 나타나 현탁액의 흡광도는 두부의 부패정도를 간접적으로 쉽게 확인하는 척도로 이용될 수 있으리라 생각되었다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 Ca과 Mg을 혼합한 무기염류로 충진두부를 제조하면 일반두부의 저장성과

큰 차이가 없이 30°C에서 1일 이후에 부패되나, 초산(A)으로 응고시키면 제품의 품질에서 큰 차이가 없으면서 저장성은 현저히 상승되어 30°C에서 12일, 15°C에서 18 정도 저장의 가능하리라 사료되었다.

요 약

두부의 저장성 향상을 위하여 응고제를 달리한 충진 두부를 제조하고 저장중 두부의 미생물상과 이화학적인 변화를 검토하였다. 충진두부는 초산으로 제조하는 것이 무기염류로 제조한 것보다 저장성 향상에 효과적이어서 MgSO₄와 CaCl₂를 이용하여 제조한 두부(B)는 30°C에서 1일 저장할 때 미생물수가 1.3×10⁷ CFU/g에 달해 부패가 시작되나 초산으로 제조한 두부(A)는 15°C와 30°C에서 각각 18일, 12일 저장이 가능하였다. 두부의 부패가 진행될수록 적정산도와 아미노태 질소량은 증가하였고 마쇄한 두부 현탁액의 탁도도 증가하여 부패시에는 흡광도가 0.1 이상이었다.

문 헌

1. Miller, C.D., Denning, H. and Bauer, A.: Relation of nutrients in commercially prepared soybean curd. *Food Res.*, 17, 261(1952)
2. Albert, J.C.: Economic aspects; Protein-rich foods from oil seeds. *Food Technol.*, 9, 929(1965)
3. Mori, T., Nakamura, T. and Utsumi, S.: Gelation mechanism of soybean 11S globulin; Formation of soluble aggregates as transient intermediates. *J. Food Sci.*, 47, 26(1981)

4. Utsumi, S. and Kinsella, J.E.: Structure-function relationships in food proteins: Submit interactions in heat-induced gelation of 7S, 11S, and soy isolate proteins. *J. Agric. Food Chem.*, **33**, 297(1985)
5. 김영희 : 응고제에 따른 두부의 texture 특성과 무기성분 검토. 연세대학교 대학원 석사학위 논문(1978)
6. German, B., Damodaran, S. and Kinsella, J.E.: Thermal dissociation and association behavior of soy proteins. *J. Agric. Food Chem.*, **30**, 807(1982)
7. Kroll, R.D.: Effect of pH on the binding of calcium ions by soybean proteins. *Cereal Chem.*, **61**, 490(1984)
8. Iwabuchi, S. and Yamauchi, F.: Effects of heat and ionic strength upon dissociation-association of soybean protein fractions. *J. Food Sci.*, **49**, 1289(1984)
9. Utsumi, S. and Kinsella, J.E.: Forces involved in soy protein gelation: Effects of various reagents on the formation, Hardness and solubility of heat-induced gels made from 7S, 11S, and soy isolate. *J. Food Sci.*, **50**, 1278(1985)
10. Doston, C.R., Frank, H.A. and Cavaletto, C.G.: Indirect methods as criteria of spoilage in Tofu. *J. Food Sci.*, **42**, 273(1977)
11. Rehberger, T.G., Wilson, L.A. and Glatz, B.A.: Microbiological quality of commercial Tofu. *J. Food Prot.*, **47**, 177(1984)
12. 白川武志 : 豆腐の粘性變敗について. 日本食品工業學會誌, **31**, 1(1985)
13. Pontecorvo, A.J. and Bourne, M.: Simple methods for extending the shelf life of soy curd in tropical areas. *J. Food Sci.*, **43**, 969(1978)
14. 宋錫勳, 張建型 : 豆腐에 관한 研究.(제 2報) 豆腐의 Shelf-life 延長에 관한 研究. 陸軍技術研究報告, **3**, 5 (1964)
15. 이혜원 : 두부의 보존성 및 물성에 관한 연구. 서울여자대학 대학원 석사학위논문(1984)
16. Miskovsky, A. and Stone, M.B.: Effect of chemical Preservatives on storage and nutrient composition of soybean curd. *J. Food Sci.*, **52**, 1535(1987)
17. Wu, M.T. and Salunkhe, D.K.: Extending shelf-life of fresh soybean curds by in-package microwave treatments. *J. Food Sci.*, **42**, 1448(1977)
18. 이갑상, 김동한, 백승화, 전승호 : 두부의 저장에 미치는 응고제와 침지액의 효과. 한국식품과학회지, **22**, 116 (1990)
19. 이인우 : 충전두부의 품질개선을 위한 연구. 연세대학교 산업대학원 석사학위 논문(1988)
20. 식품공학실I : 연세대학교 식품공학과편. 탐구당(1975)
21. Thomas, Y.O., Lulwies, W.J. and Kraft, A.A.: A convenient surface plate method for bacteriological examination of poultry. *J. Food Sci.*, **46**, 1951(1981)
22. MERCK: *Handbook of microbiology*, 66(1965)
23. 田昇鎬 : 두부의 저장성 향상에 관한 연구. 원광대학교 대학원 석사학위논문(1991)

(1991년 12월 2일 접수)