

기능성 홍두부의 저장성

황태익 · 김순경 · 박영숙 · 변광의[†]

순천향대학교 식품영양학과

Studies on the Storage of Functional Red Soybean Curd

Tae-Ik Hwang, Soon-Kyung Kim, Young-Sook Park and Kwang-Eui Byoun[†]

Dept. of Food Science and Nutrition, Soonchunhyang University, Asan 336-745, Korea

Abstract

We prepared a functional red soybean curd (RS) from Ang-Khak according to various concentration (RS1: red rice powder 0.1 g/10 mL, RS2: 0.2 g/10 mL, RS3: 0.3 g/10 mL, RS4: 0.4 g/10 mL, RS5: 0.5 g/10 mL, CS: control soybean curd). During the storage period of red soybean curd, pH, acidity, and microbial counts showed a minimum change in RS5. And in the case of color, all groups have slightly increased in yellowness except RS1. In the case of texture, hardness, gumminess, and springiness appeared to be increased for a few days and then fell down. As water drained out of soybean curd during storage at 10°C, it became so stiff and then rotten that the hardness of soybean curd increased in the early stage and then decreased after all. After a week, we could find a better preservative effect of RS than CS. Resultly, we need more efforts to prolong the shelf-life of soybean curd with applying the functionality of Ang-Khak.

Key words: Ang-Khak, functional red soybean curd, soybean curd

서 론

한국인에게 주요 단백질 공급원인 간장과 된장의 주원료인 대두는 아미노산 균형이 좋고 곡류에 부족한 lysine을 많이 함유하고 있으며, isoflavone 및 고기능성 peptides 소재개발을 위한 중요 식품재료로서 지속적인 관심을 모으고 있다. 또한 두부는 전통 고유식품으로서 곡물로부터 단백질을 섭취해야 하는 사람들에게는 귀중한 양질의 단백질 공급원으로서 널리 애용된 식품중의 하나이며, 최근에 와서는 그 이용을 확대하기 위해 여러 형태의 제조연구가 진행되어 왔으나 다량의 수분 때문에 저장기간이 짧아 유통상에 어려움이 많은 식품중의 하나로 알려져 있다. 두부의 저장성 향상을 위해 Wu와 Salunkhe(1)는 충전두부에 microwave 처리를 수행한 바, 처리온도 65°C에서는 16일, 80°C에서는 21일, 95°C에서는 27일의 저장성을 보였고, Pontecorvo와 Bourne(2)은 혼연처리 후 NaCl과 레몬 주스를 함유한 용액에 침지하여 저장성 연장효과를 시험하였으며, 그 외에도 보존료(3)와 응고제(4) 그리고 수용성 키토산 분해물질 침지액을 이용한 저장성 연장 시험 등(5)이 수행되었다.

한편 *Monascus*속 홍국은 과거에 중국, 대만 등지에서 양조용곡·착색착향료로서 술, 홍유부, 고기 및 야채 절임 등의 제조에 이용되어 왔으나(6) 최근에는 항미생물효과, 성인병

과 관련된 질병치료제 및 건강보조식품으로서의 기대를 모으고 있으며(7,8), 그 기능성을 활용하기 위한 응용연구가 활발하다. 홍국에서는 다른 국에서 보기도문 여러 기능성이 보고되고 있으며, 일본에서는 이에 착안하여 홍국을 식품소재로 활용하고자 하는 연구가 적극적으로 이루어지고 일부 홍국식품이 실용화되어 시판되고 있다(6).

따라서 본 연구에서는 두부의 저장성 향상을 목적으로 *Monascus purpureus*로부터 조제한 red rice extract를 이용하여 기능성 두부를 가공한 후, 10°C에서 1주간 저장하면서 일반두부와와의 차이를 비교 실험하여 얻은 결과를 보고한다.

재료 및 방법

실험 재료

균주로는 *Monascus purpureus* Went (DSM1379)를 사용하였으며, 홍국발효용 기질로는 인도미를 사용하였다. 배지 제조용 시약으로 Malt extract, Peptone, Agar는 Difco Co. 제품을 사용하였으며, 두부제조를 위한 콩은 미국산 수입대두를 응고제는 CaSO₄·2H₂O를 사용하였다.

Red rice extract 및 홍두부 제조

홍국의 발효에 의해서 생산된 red rice powder(9)를 70% ethanol에 0.1 g/10 mL, 0.2 g/10 mL, 0.3 g/10 mL, 0.4 g/10

[†]Corresponding author. E-mail: byoun@sch.ac.kr
Phone: 82-41-530-1258, Fax: 82-41-530-1258

mL, 0.5 g/10 mL의 농도로 하여 shaking water bath(30°C, 24 hr)에서 추출한 후 3,000 rpm에서 15분간 원심분리(Union 32R, Hanil sci co., Ltd)하여 상등액(red rice extract)을 사용하였다.

Kang(10)과 Lee 등(11)의 방법을 수정하여 Fig. 1과 같이 홍두부(red soybean curd: RS)를 제조하였다. 일반두부(CS)는 두유에 red rice extract를 넣지 않고 제조하였으며, 홍국 첨가농도별로 제조된 홍두부의 종류는 RS1: red rice powder 0.1 g/10 mL, RS2: red rice powder 0.2 g/10 mL, RS3: red rice powder 0.3 g/10 mL, RS4: red rice powder 0.4 g/10 mL, RS5: red rice powder 0.5 g/10 mL, CS: control soybean curd로 표기하여 실험군으로 사용하였다.

pH 및 산도 측정

마쇄한 두부 10 g에 증류수 20 mL(pH 7.0)를 가하여 혼합한 다음 3,000 rpm에서 15분간 원심분리하였다. 산도는 상등액을 취하여 1% 페놀프탈레인 용액 2~3 방울을 넣은 후 0.01 N NaOH로 적정하였으며, 이때 얻은 결과로부터 산도를 산출하였다(12,13).

pH는 상등액을 취하여 pH meter(Cyber scan pH 500, Eutech instruments, Singapore)를 이용하여 측정하였다.

일반 세균수 측정

마쇄한 두부 1 mL를 취해 멸균된 생리식염수(0.9% NaCl, W/V)로 10배 단계로 적절하게 희석하였다. 그 다음 각각의 희석액 1 mL를 plate에 접종하고 plate count agar(Difco) 배지를 부어 혼합한 다음, 35°C에서 48시간 배양한 후 형성된 colony를 계측하고 시료 g당 colony forming units(CFU/g)로 나타내었다(12).

저장 중 색도 및 Texture 측정

제조된 두부의 색도를 분광측색계(JS555, Color techno system co., Ltd. Japan)를 이용하여 L값(명도), a값(적색도),

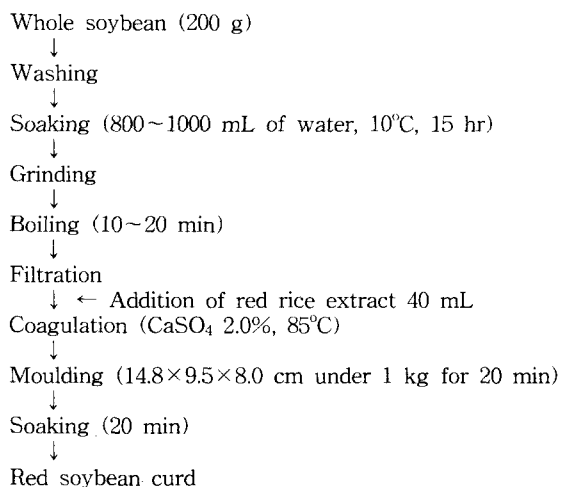


Fig. 1. Procedure for production of red soybean curd.

b값(황색도)을 3회 측정하여 평균값을 얻었으며, 이때 표준 백색판의 L, a, b값은 98.39, 0.12, -0.49이었다.

제조한 두부를 일정크기(3.0×3.0×2.0 cm)로 절단하고 rheometer(Ez-Test 500 N, Shimadzu, Japan)를 이용하여 Table 1과 같은 조건으로 실험하여 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 겹성(gumminess) 그리고 탄성(springiness)을 3회 측정하여 평균값으로 나타내었다.

결과 및 고찰

저장 중 pH의 변화

Fig. 2에서 나타난 바와 같이 저장 2일까지는 pH의 큰 변화를 보이지 않다가 3일째부터 현저하게 증가하기 시작하였는데, CS의 증가가 가장 컸으며, 홍두부에서는 RS5의 변화가 가장 적었다. Choun(14)은 응고제의 종류를 달리하여 제조한 두부를 30°C에서 저장하였을 때, 유기산으로 제조한 것이 가장 변화가 적었으며 acetic acid로 제조한 두부를 제외하고는 저장 1일 이후에 급격히 증가하는 경향이었고, 그 증가 정도는 CaCl₂와 glucono-δ-lactone에서 3일 저장 후 acetic acid가 pH 5.32로 가장 낮았으며 glucono-δ-lactone에서 pH 7.95

Table 1. Conditions of rheometer for soybean curd

	Condition
Test type	Mastication
Graph interval	100 m/sec
Test mode	Setting compression distance
Set Value	10 mm
Table speed	120 mm/min
Adaptor type	3 cm round (No. 12)
Sample type	Hexahedron (3.0×3.0×2.0 cm)

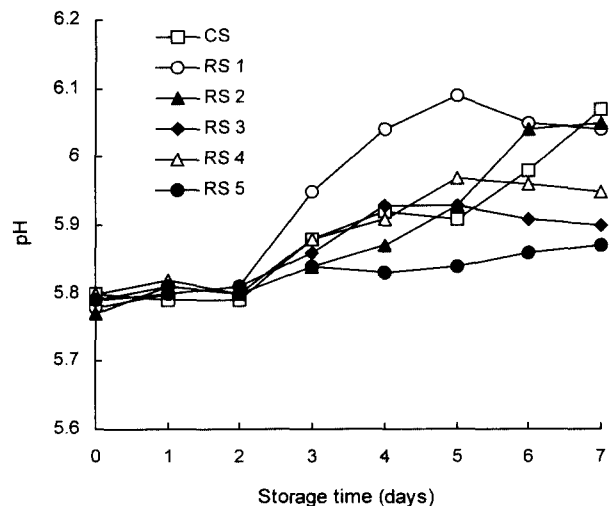


Fig. 2. Changes of pH in soybean curd during storage at 10°C. CS: Control soybean curd, RS1: red rice powder 0.1 g/10 mL, RS2: red rice powder 0.2 g/10 mL, RS3: red rice powder 0.3 g/10 mL, RS4: red rice powder 0.4 g/10 mL, RS5: red rice powder 0.5 g/10 mL.

로 가장 높았고, CaCl₂와 Ca-acetate에서 pH 7.81과 pH 7.72 였다고 보고하였다. 이 같은 결과는 두부 침지액 pH의 경우 30°C에서 2일까지는 큰 변화가 없다가 3일부터 상승하기 시작하였다는 Lee 등(4)의 보고와 유사한 경향을 보였다.

저장 중 산도 변화

저장중 CS의 산도는 5일째부터 상승하기 시작하여 급격한 증가를 나타냈으며(Fig. 3), 홍두부(RS)에 있어서는 6일째부터 상승하기 시작하여 RS1을 제외한 나머지군에서 완만한 증가를 보였고, 그 중에 RS5에서 가장 변화가 적었다. Park (15)은 오존처리를 이용하여 두부를 30°C에서 저장하였을 경우 각각의 처리마다 저장일수에 따른 산도는 모두 증가하였다고 하였으며, 응고제의 종류를 달리하여 제조한 두부의 적정산도 역시 acetic acid로 제조한 두부를 제외하고는 저장중에 점차 증가 하였다고 보고하였다(14). 대부분 pH의 증가는 산도의 감소를 나타내는데 본 실험에서 지속적인 pH의 증가에도 불구하고 산도가 증가하는 것은 저장기간 동안 두부가 부패하면서 오염 미생물이 두부 단백질을 분해시켜 저분자량의 peptide와 amino acid, amine 등 양성전해질을 생성하고 이 물질들이 완충작용을 한다는 보고와 일치된다(4).

일반 세균수 변화

일반 세균수에 있어서는 CS와 RS모두 지속적인 증가를 나타냈고, 홍두부(RS)에서 세균수가 일반두부(CS)보다 약간 적게 나타났지만(Fig. 4) 큰 효과를 보이지는 않았다. Ryu (16)는 홍국으로부터 선발된 시험미생물에 대한 항균효과를 살펴본 결과, *Bacillus subtilis*와 *Staphylococcus aureus*에 대해서는 큰 효과를 보였지만, *Escherichia coli*와 *Enterobacter aerogenes*에 대해서는 미약한 효과를 보였고, 2종의 젖산균과 산막효모에 대해서는 효과를 보이지 않았다고 하였으며, Shin 등(17)은 시판 두부를 20~25°C에 방치하여 부패를 유발시킨 후 이 부패두부로부터 주요 미생물 3균주를

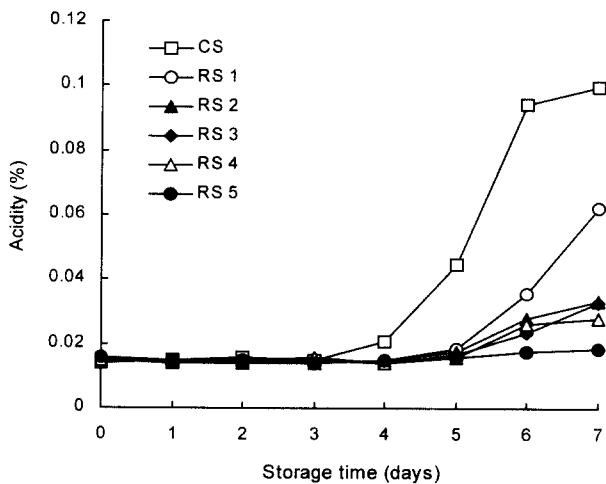


Fig. 3. Changes of titratable acidity in soybean curd during storage at 10°C.
The explanation is the same as shown in Fig. 2.

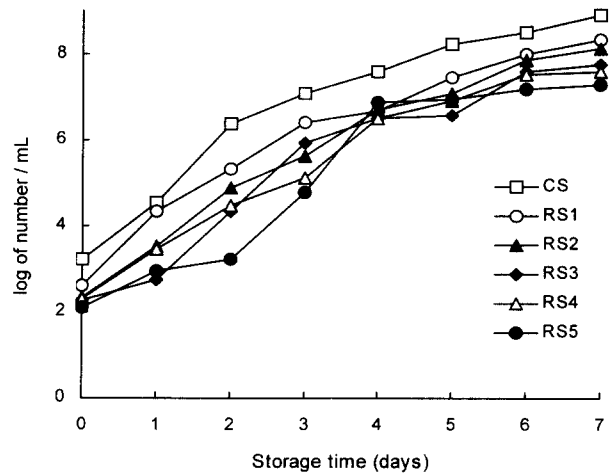


Fig. 4. Changes of total microbial counts in soybean curd during storage at 10°C.
The explanation is the same as shown in Fig. 2.

순수 분리하여, 부패성을 확인한 후 동정한 결과 *Acinetobacter calcoaceticus* var. *anitrat*(97.9%)와 *Klebsiella pneumoniae* subgroup *pneumoniae*(99.9%)로 확인되었으며, 나머지 한 균주는 *Acinetobacter calcoaceticus* var. *anitrat*와 동일한 특성을 보유하며 점액성을 지닌 균주로 확인되었다고 보고하였다. 따라서 일부 균에서만 항균 효과를 보이는 홍국균이 두부 부패와 관련된 균에는 뚜렷한 항균 효과를 보이지 못했으며, 또한 두부가 다량의 수분 함유 식품이기 때문에 미생물의 번식이 왕성하여 홍국의 항균효과가 미약하게 작용하였을 것으로 생각된다.

색도 변화

저장 중의 색도 변화는 Table 2와 같다. 명도를 나타내는

Table 2. Changes in Hunter color values of soybean curd during storage at 10°C

Sample ¹⁾	Storage time (days)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	
CS	L	86.42	87.27	86.75	86.67	86.22	86.71	86.96	81.56
	a	-0.68	-0.50	-0.56	-0.54	-0.54	-0.49	-0.39	-0.78
	b	13.11	12.71	12.56	13.00	13.03	12.74	12.79	13.69
RS1	L	77.28	78.12	79.47	79.35	78.21	80.15	77.00	78.20
	a	11.01	11.09	10.44	10.12	10.72	9.79	11.06	11.05
	b	10.79	10.68	10.60	11.72	10.89	10.95	11.25	11.25
RS2	L	72.00	72.53	75.75	72.03	72.34	72.57	72.01	72.07
	a	16.18	15.90	14.68	16.37	16.41	16.40	16.29	16.41
	b	11.11	11.25	9.30	11.08	11.20	11.05	11.21	11.57
RS3	L	70.59	69.56	70.19	69.30	70.13	70.26	71.95	70.59
	a	17.50	18.10	17.90	18.57	18.11	18.06	16.93	17.50
	b	10.85	11.14	11.16	11.50	11.14	11.36	10.33	12.48
RS4	L	67.09	67.26	68.56	67.16	66.37	68.30	66.45	66.29
	a	19.40	19.51	18.94	20.05	20.56	19.72	20.26	20.39
	b	10.61	11.05	11.17	11.47	11.89	11.28	12.11	12.19
RS5	L	63.74	64.23	64.64	65.86	64.49	65.34	63.97	64.46
	a	21.29	21.60	21.47	20.52	21.59	20.89	21.91	21.93
	b	11.15	11.51	11.74	11.94	11.60	11.62	12.43	12.51

¹⁾Samples are the same as shown in Fig. 2.

Table 3. Changes in textural parameters of soybean curd during storage at 10°C

Sample ¹⁾	Time (days)	Hardness (g/cm ²)	Cohesiveness (%)	Springiness (%)	Gumminess (g)	Sample ¹⁾	Time (days)	Hardness (g/cm ²)	Cohesiveness (%)	Springiness (%)	Gumminess (g)
CS	0	355.00	63.73	87.78	449.27	RS3	0	380.00	56.85	86.00	318.38
	1	358.50	44.83	82.00	321.42		1	371.00	51.80	86.00	380.75
	2	391.67	50.77	82.00	360.41		2	393.75	75.20	125.00	426.40
	3	387.26	52.95	82.35	418.31		3	387.50	54.95	80.00	381.89
	4	390.00	57.54	84.00	448.80		4	382.50	57.38	84.00	393.06
	5	325.00	56.62	86.00	368.00		5	383.93	71.15	109.14	458.91
	6	230.00	55.44	86.00	255.00		6	347.50	55.94	88.00	411.16
7	191.33	55.28	83.67	207.29	7	377.50	58.25	88.00	403.10		
RS1	0	363.50	57.59	86.00	418.67	RS4	0	361.98	57.09	87.50	396.76
	1	368.50	46.14	86.00	340.05		1	357.50	55.20	84.00	394.67
	2	421.59	56.97	97.73	422.71		2	358.50	43.00	76.00	308.25
	3	454.65	66.61	104.65	520.87		3	412.50	56.47	90.00	533.67
	4	448.50	52.81	84.00	473.70		4	472.92	64.13	89.36	541.33
	5	391.00	57.80	84.00	452.00		5	411.00	54.05	86.00	444.32
	6	330.10	58.99	89.80	381.68		6	331.86	47.08	86.28	318.72
7	378.50	47.54	86.00	359.89	7	313.30	56.99	91.49	349.99		
RS2	0	342.19	52.78	89.58	346.79	RS5	0	333.72	47.24	85.11	325.33
	1	376.75	57.86	95.46	426.42		1	346.00	55.94	86.00	387.11
	2	380.00	60.58	86.00	399.81		2	408.50	49.35	82.00	403.18
	3	418.75	55.44	85.71	372.55		3	410.35	52.57	85.71	426.95
	4	397.50	53.17	88.00	422.70		4	430.00	51.62	84.00	443.92
	5	378.50	59.53	84.00	450.63		5	397.50	49.82	88.00	396.06
	6	332.50	55.55	90.00	413.81		6	377.72	59.90	91.30	416.31
7	273.50	52.72	88.00	499.29	7	313.50	54.90	84.00	314.23		

¹⁾Samples are the same as shown in Fig. 2.

L값이나 적색도를 나타내는 a값은 CS와 RS모두 변화가 없었고, 황색도를 나타내는 b값은 RS1을 제외한 나머지 군에서 약간 증가하는 경향을 보였다. Song(18)은 저장조건에 따른 두부의 색 변화에 대하여 L값은 초산용액 침지 두부가 저장초기에는 다른군보다 약간 낮았으나 저장기간 5일 후에는 거의 차이가 없었고, a 값도 특별한 경향을 보이지 않았으며, b값은 무침지 두부의 경우 7일, 10일 저장시의 값이 다른군에 비해 높은 값을 보여 저장시 무침지 두부가 다른군보다 황색도가 강해지는 현상을 나타냈다고 보고하였다. 따라서 모두 무침지 두부로 저장한 본 실험의 경우와 비슷한 경향을 보였다.

Texture 변화

저장중 texture 변화는 Table 3과 같다. Hardness(경도)에서 CS와 RS가 모두 증가 후 감소하는 경향을 보였는데 이것은 두부를 10°C에 저장하면서 초기에 수분이 빠져나가서 두부의 hardness를 증가시킨 후 부패가 진행되면서 hardness가 다시 낮아졌기 때문이라고 생각된다. 하지만 부패가 진행된 7일의 값을 비교해 보면 CS: 191.33, RS1: 378.50, RS2: 273.50 RS3: 377.50, RS4: 313.30 그리고 RS5: 313.50으로 CS 보다는 RS군에서 경도의 유지가 더 잘 되었음을 알 수 있다. Gumminess(점성)과 springiness(탄성)에서는 hardness와 비슷한 경향을 보였는데 hardness가 높을 때 gumminess와 springiness의 값도 높게 나타났으며, cohesiveness(응집성)에서는 저장 중에 큰 차이를 보이지 않았다. Lee 등(19)은 두

부를 1%, 3%, 5% NaCl용액에 침지하여 5°C의 냉장고에서 저장한 후 시간에 따라 texture를 측정할 결과 hardness, cohesiveness 그리고 gumminess가 시간별로 어떤 경향을 갖고 변화하지는 않으나 부패된 후의 hardness와 gumminess는 처음에 비하여 약간 증가한데 반하여, cohesiveness는 다소 감소하였음을 볼 수 있다고 하였다. Hardness의 경우 본 실험과 차이가 나는 것은 저장기간에 따른 차이로 Lee(19)는 5°C에서 최장 120시간(5일)까지만 저장하여 부패가 덜 진행되어 경도가 유지된 경우라고 사료된다.

요 약

홍국의 발효에 의해서 생산된 Ang-Khak을 여러 농도의 추출물(RS1: red rice powder 0.1 g/10 mL, RS2: 0.2 g/10 mL, RS3: 0.3 g/10 mL, RS4: 0.4 g/10 mL, RS5: 0.5 g/10 mL, CS: control soybean curd)로 만들어 기능성 홍두부(RS)를 제조하였다. 홍두부의 저장 중 변화에서 pH와 산도 그리고 일반 세균수에서 모두 RS5에서 가장 변화가 적었고, 색도에서는 전체적으로 황색도가 약간 증가하였으며, texture의 경우는 경도와 점성 그리고 탄성이 증가 후 감소하는 경향을 보였다. 이는 두부를 10°C에 저장하면서 초기에 수분이 빠져나가 두부의 경도가 증가된 후 부패가 진행되면서 다시 낮아진데 기인된다. 1주간 저장 후에 CS보다는 RS에서 물성의 보존이 더 잘 이루어짐을 알 수 있었으며, 홍국의 기능성을

활용하여 두부의 저장수명을 연장시키기 위한 더 많은 노력이 필요한 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2000년도 순천향대학교 자체연구비 지원사업의 일환으로 수행되었으며 이에 감사를 드립니다.

문헌

1. Wu, M.T. and Salunkhe, D.K. : Extending shelf-life of fresh soybean curds by in-package micro wave treatments. *J. Food Sci.*, **42**, 1448-1450 (1977)
2. Pontecorvo, A.J. and Bourne, M.C. : Simple methods for extending the shelf life of soy curd (tofu) in tropical areas. *J. Food Sci.*, **43**, 969-972 (1978)
3. Lee, S.B. and Choun, S.H. : Effects of preservatives of tofu (soybean curd) on extending its shelf-life. *The Journal Wonkwang Public Health Junior College*, **17**, 203-212 (1994)
4. Lee, K.S., Kim, D.H., Baek, S.H. and Choun, S.H. : Effects of coagulants and soaking solutions of tofu (soybean curd) on extending its shelf life. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **22**, 116-122 (1990)
5. Chun, K.H., Kim, B.Y., Son, K.I. and Hahm, Y.T. : The extension of tofu shelf-life with water-soluble degraded chitosan as immersion solution. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **29**, 476-481 (1997)
6. 류미라 : 홍국소재에 관한 최근의 동향. *식품산업과 영양*, **3**, 42-46 (1998)
7. Endo, A. : Monacolin K, a new hypocholesterolemic agent that specifically inhibits 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase. *J. Antibiotics.*, **33**, 334-336 (1980)
8. Keane, M. : *The red yeast rice cholesteol solution*. Adams Media Co., Canada, p.69-90 (1999)
9. Koh, Y.J., Byoun, K.E. and Chang, S.K. : Studies on the production of natural food pigments in rice with *Monascus purpureus*. *Soonchunhyang J. Nat. Sci.*, **1**, 95-114 (1995)
10. Kang, H.Y. : Tofu taste and quality as affected by coagulants. *Korea Soybean Digest*, **14**, 37-42 (1997)
11. Lee, B.Y., Kim, D.M. and Kim, K.H. : Studies on the processing aptitude of the Korean soybean cultivar soybean curd. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **22**, 363-368 (1990)
12. 김창남, 오원택, 왕순남, 김경숙, 최인순, 광지은 : 영진식품 포장 두부의 저장성 평가. *한국식품위생연구* (1998)
13. Korea Food and Drug Administration : *Food Code*. Seoul (2000)
14. Choun, S.H. : Extension of the shelf life of tofu (soybean curd). *M.S. Thesis*, Wonkwang Univ. (1991)
15. Park, M.J. : Effect of ozone treatment on shelf-life of soybean curd. *M.S. Thesis*, Catholic Univ. of Taegu-Hyosung, Korea (1998)
16. Ryu, C.S. : Antimicrobial effect of *Monascus sp.* isolated from Ang-Khak. *M.S. Thesis*, Korea Univ. (1994)
17. Shin, D.H., Kim, M.S., Bae, K.S. and Kho, Y.H. : Identification of putrefactive bacteria related to soybean curd. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **24**, 29-30 (1992)
18. Song, W.S. : Chang of quality characteristics of soybean curd on storage condition. *M.S. Thesis*, Sungshin Women's Univ. (1989)
19. Lee, H.W. : Studies on the shelf-life and texture of soybean curd. *M.S. Thesis*, Seoul Women's Univ. (1983)

(2001년 8월 6일 접수)