

침지액에 산화칼슘 첨가가 두부의 저장성에 미치는 영향

성지혜 · 김로사 · 문지혜 · 김윤숙*
한국식품연구원

Effects of Activated Calcium Addition on the Quality and Shelf-life of Tofu

Jeehye Sung, Rosa Kim, Ji-Hye Moon, and Yoon Sook Kim*

Korea Food Research Institute

Abstract

The effects of activated calcium (AC) addition (0.00, 0.05, 0.10, and 0.15% of tofu-immersion solutions) on the quality and shelf life of tofu were investigated. The pH values of tofu with AC were determined and all initial pH values were decreased during storage at 10°C. The turbidity of the tofu made with AC was lower than that of the tofu soaked in distilled water during storage at 10°C for 9 days. In sensory evaluation, the tofu soaked in water with AC had a day longer shelf-life than the tofu soaked in distilled water. The sensory evaluation of tofu with AC did not show significant differences in terms of not only color and overall acceptability but also textural changes (chewiness and hardness) during the storage periods. The aerobic bacterial, yeast, and mold counts in all treatments were increased during storage, and the addition of 0.15% AC showed the least change, suggesting that the AC had good antimicrobial activity. These results showed that the use of soaking water with AC could be very useful to extend the shelf life of tofu.

Key words: tofu, shelf-life, activated calcium, storage, sensory evaluation

서 론

수산 폐기물의 일종인 천연 폐각의 처리가 사회적으로 환경 보전상 커다란 문제로 제기되고 있다. 천연 폐각은 주로 탄산칼슘(CaCO₃)으로 이루어져 있으나 고온, 고전압으로 소성, 전기분해 되면 산화칼슘(CaO, calcium oxide)으로 전환되며 항균활성을 나타낸다는 연구가 다수 보고되어지고 있다(Sawai et al., 1997; Sawai et al., 2003; Choi & Choi, 2009). 식품첨가물공전에는 소성칼슘은 CaO를 주요성분으로 하고 이를 석회·생석회라고도 하며 공기 중에서 탄산가스를 흡수하여 탄산칼슘이 된다고 규정되어 있다(KFDA, 2004). 천연 폐각은 천연 칼슘 추출 소재와 같이 식품 소재로 이용 가능하나 일부만이 비료 및 사료, 각종 충전제, 안료 화장품, 의약품으로 사용되고 있을 뿐 거의 대부분이 폐기되어 심각한 환경문제를 초래하고 있는 실정(Kim et al.,

2007)으로 그 활용도 증진 방안 확보가 필요하다.

두부는 전통 콩 단백질 비발효 식품으로서 식생활에서 부족하기 쉬운 lysine 같은 필수 아미노산이 풍부하고 소화율이 높을 뿐 아니라 콜레스테롤이 없고 무기질이 풍부한 식품으로 알려져 있다. 비교적 pH가 높고(pH 5.8-6.2) 수분함량이 80-85%로 보존성이 열악하여 저장과 유통면에서 어려움이 많은 식품이다(Miller et al., 1952; Rehverger et al., 1984). 시판되는 포장두부는 포장 후 65-80°C에서 열처리하고 냉각시킨 후 냉장 유통되고 있으며 저장유통기간은 일반적으로 5일이고 포장하지 않은 판 두부는 저장기간이 4-10월은 24시간, 11-3월은 48시간 냉장에서는 3일을 유통기간으로 권장하고 있다(Jung & Cho, 2002). 이러한 두부의 저장성 향상을 위한 연구로는 물리적으로 두부를 microwave나 고압으로 처리하는 방법, Ca²⁺이온 또는 그 이외에 다양한 화합물을 응고제로 사용하는 방법, 두부의 침지액에 보존성을 향상시킬 수 있는 유기산이나 키토산을 첨가하는 방법 등이 보고되어지고 있으며(Lee et al., 1990; Chun et al., 1997; Jung et al., 2000; Prestamo et al., 2000; Lee et al., 2001), 최근에는 다양한 생리활성 성분을 함유하고 있는 천연소재를 두부에 첨가하여 두부의 건강 기능성 보완과 저장성을 동시에 추구하려는 연구가 활발하게 진행되고 있다

*Corresponding author: YoonSook Kim, Korea Food Research Institute, 516 Baekhyun-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, 463-746, Korea
Tel: +82-31-780-9281; Fax: +82-31-780-9281
E-mail: kimyus@kfri.re.kr
Received February 1, 2012; revised February 28, 2012; accepted March 6, 2012

(Kim et al., 1996; Hwang et al., 2001; Kim et al., 2003). 그러나 침지수에 유효 물질을 첨가하여 저장안정성을 확보하고자 하는 연구와 실제 법적 유통온도에서의 저장안정성에 관한 연구는 부족한 실정이다.

이에 본 연구는 천연 패각을 이용하여 생산한 산화칼슘(AC, activated calcium)을 여러 농도로 조정하여 두부 침지수에 첨가하고 저장하면서 두부의 이화학적 및 미생물학적 특성과 관능적 기호도 변화를 측정함으로써 저장안정성에 미치는 영향을 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 산화칼슘(Activated calcium, Eco Biotech Co., Ltd., Hwaseong, Korea)은 에코바이오텍(주)에서 공급받아 사용하였다. 두부는 성남의 대형 할인마트에서 직접 제조하여 판매하는 것을 제조당일 구입하여 사용하였다.

두부의 저장

9×10×5 cm의 크기의 성형 직후의 두부를 13×17×5 cm의 plastic tray용기에 넣고 증류수, 0.05% AC 용액, 0.1% AC 용액, 0.15% AC 용액을 침지수로 채워 PE film으로 heat sealing하여 10°C에서 9일간 저장하였다.

저장 중 침지수의 pH 및 탁도 변화

두부 침지수의 pH는 pH meter(720 A, Orion Research Inc., Boston, MA, USA)를 이용하여 측정하였다. 탁도는 침지액을 여과지(Whatman paper No.2)를 이용하여 여과하여 UV spectrophotometer(DU650 spectrophotometer, Beckman, Fullerton, CA, USA)로 600 nm에서 측정하였다.

표면색도

두부의 저장 중 침지수가 두부의 표면색에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 색차계(Color QUEST II, Hunter Associates Laboratory Inc., Cambridge, MA, USA)를 이용하여 명도(L, lightness), 적색도(a, redness/greenness), 황색도(b, yellowness/blueness)로 나타내었다. 이 때 표준 백색판의 L, a, b값은 100, 0, 0 이었다.

저장 중 총균수의 변화

두부 10 g에 멸균된 생리식염수(0.85% NaCl, w/v) 90 mL를 여과지가 달린 무균백에 넣었다. 이 무균백을 stomacher(400 Circulator, Seward Ltd., West Sussex, England)를 사용하여 230 rpm으로 1분간 균질화하여 여과지를 통과한 액을 미생물 시험을 위한 시험액으로 사용하였다. 시험액 1 mL를 10 배 단계로 적절하게 희석하여 호

기성 생균수는 plate count agar(Difco Laboratories, Detroit, MI, USA) 배지에 각각의 희석액 100 µL를 plate에 접종하고 37°C에서 2일간 배양하여 형성된 colony를 계수하였다. 같은 방법으로 효모와 곰팡이는 YM agar(Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)로 25°C에서 2-5일간 배양한 후 형성된 colony를 계수하였다. 미생물 수는 log CFU(colony forming unit)/g로 나타내었다.

관능검사

관능검사는 색, 맛, 향의 기호도와 조직감(씹힘성, 경도, 이물감)의 강도, 전체적 기호도를 특성 항목으로 9 점 척도법(기호도는 9 점법으로 매우 좋다-9 점, 좋다-7 점, 보통이다-5 점, 싫다-3 점, 매우 싫다-1 점)으로 측정하였다. 관능 검사요원은 10 명을 선발하여 훈련하였으며 관능검사의 오류를 제거하기 위해 시료는 무작위로 순서를 정하였다.

통계 분석

자료의 통계처리는 SAS program(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하였다. ANOVA 검정과 Duncan's multiple range test 방법을 이용하여 실험군의 평균값 간에 유의수준 $p < 0.05$ 에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

두부의 저장 중 침지수의 pH 및 탁도 변화

두부를 AC를 첨가한 침지수에 저장 중 pH의 변화를 측정하였다(Fig. 1). 대조구의 초기 pH는 6.45, AC를 0.05%, 0.10%, 0.15% 첨가한 처리구의 초기 pH는 9.79, 11.47, 11.50로 AC 처리시 pH가 높게 나타났다. 대조구의 초기 pH는 Kim et al.(2003)이 보고했던 저장 초기(pH 6.63)와 일치하였다. AC 첨가 시 초기에 pH가 높아지는 이유는 AC가 pH 12.20으로 알칼리성이 높은 물질이어서 영향을 미치는 것으로 생각된다. Kim & Lee(1992)가 보고한 바와

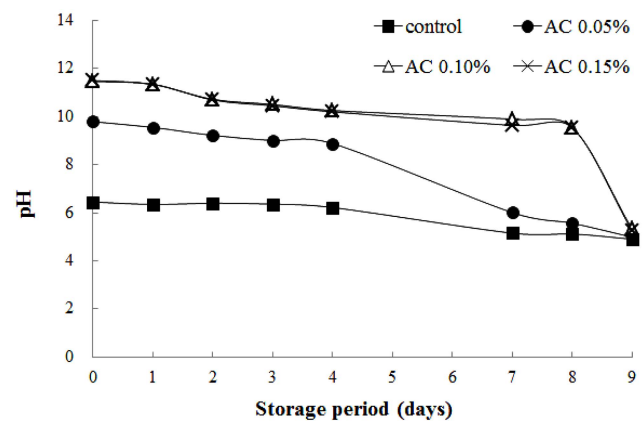


Fig. 1. Changes in pH of soybean curd with activated calcium addition during storage at 10°C.

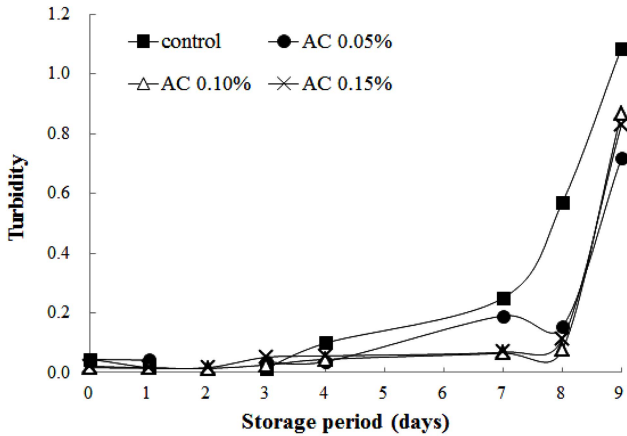


Fig. 2. Changes in turbidity of soybean curd soaking water with activated calcium addition during storage at 10°C.

같이 저장 초기에는 다량 생산되는 저분자량의 peptide와 amino acid, amine등과 같은 양성 전해질의 유기산에 대한 완충작용으로 거의 변화를 나타내지 않았으나 저장기간이 길어질수록 더욱더 분해되면서 decarboxylation 및 deamination 등에 의해 완충능이 저하되어 유기산의 다량 생성으로 pH가 감소함을 보였다. 즉, 침지수의 pH가 점차 낮아지는 경향을 보이며 대조구와 AC 0.05% 처리구는 저장 9일째 pH가 4.90, 5.00으로 감소하였으며 AC를 0.10% 첨가한 처리구는 저장 9일째 pH 5.33과 5.25로 나타났다. Park et al.(2005)은 10°C의 저장 온도 조건에서 chitosan용액에 두부를 일정시간 침지하였을 때 저장기간 동안 두부의 pH 변화가 지연됨으로써 두부에 대한 chitosan용액의 저장성 연장효과를 보고하였다. 본 연구에서는 AC를 0.05%첨가한 침지수에 저장한 두부에서는 4일 저장까지 초기 pH를 유지하였으나 이후 pH저하가 시작되었으며 0.10% 및 0.15% 첨가한 침지수에 저장한 두부에서는 저장 8일 이후에 pH의 저하가 시작되어 저장 초기에는 대조구에 비하여 3.34-5.05의 차이를 보였던 높은 pH 값이 저장 말기에는 대조구와 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 저장 기간 중 대조구의 pH변화는 상대적으로 그 폭이 적어 AC와 같이 수용액을 알칼리화하여 침지수의 pH에 큰 영향을 미치는 경우 pH 변화를 기준으로 부패도를 판단하는 것은 어려운 것으로 생각된다. 두부를 AC를 첨가한 침지수에 저장 중 탁도의 변화를 측정된 결과를 Fig. 2에 나타냈다. 두부 저장 시 세균의 성장과 부패 중 점질물의 생성에 의해 탁도는 점차 높아졌으며 대조구에서 저장 4일 쯤부터 탁도가 서서히 증가하며 가장 빠른 증가율을 보였고, AC 0.10%이상 첨가 시에는 저장 8일까지 탁도가 0.1 수준을 유지하다가 저장 9일째에 급격히 증가하는 것으로 나타났다.

Table 1. Hunter's color values of soybean curd added with activated calcium.

	Storage period (Days)	0	2	4	7	8
L value	control	89.39 ^{1)a2)}	86.09 ^b	84.85 ^c	86.42 ^b	85.94 ^b
	AC 0.05%	89.39 ^a	85.18 ^b	85.50 ^b	85.48 ^b	85.00 ^b
	AC 0.10%	89.39 ^a	86.49 ^{cd}	87.44 ^b	86.29 ^d	87.09 ^{bc}
	AC 0.15%	89.39 ^a	84.91 ^c	86.28 ^b	85.97 ^b	86.22 ^b
a value	control	0.47 ^a	-0.46 ^c	-0.16 ^b	-0.32 ^{bc}	-0.27 ^{bc}
	AC 0.05%	0.47 ^a	-1.05 ^c	-0.87 ^c	-0.39 ^b	-0.48 ^b
	AC 0.10%	0.47 ^a	-2.51 ^b	-2.46 ^b	-1.77 ^b	0.11 ^a
	AC 0.15%	0.47 ^a	-2.18 ^d	-1.78 ^c	-1.52 ^b	-1.82 ^c
b value	control	15.09 ^a	14.07 ^b	13.99 ^b	13.75 ^b	14.05 ^b
	AC 0.05%	15.09 ^a	13.99 ^c	14.98 ^b	13.11 ^d	14.10 ^c
	AC 0.10%	15.09 ^b	20.30 ^a	17.58 ^c	16.49 ^{cd}	16.15 ^d
	AC 0.15%	15.09 ^a	19.75 ^a	17.26 ^b	17.65 ^b	16.69 ^b

¹⁾ Values represent the mean of three replications.

²⁾ Values with the same letter in the same row are not significantly different ($p < 0.05$).

두부의 표면색도 변화

AC를 0.05, 0.10, 0.15% 첨가한 침지수에서 저장 중 두부의 표면 색도를 측정된 결과는 Table 1과 같다. L값(명도)은 초기 89.39에서 저장 2일 후에 약간 감소하였지만 큰 변화를 보이지 않았고 AC 첨가의 농도에도 큰 영향을 받지 않았다. 이와 마찬가지로 a값(적색도)도 저장 2일째에 감소하였으나 이후 큰 변화가 없었으며 b값(황색도)은 AC를 0.10%와 0.15% 첨가한 침지수에 저장한 두부가 초기값 15.09에서 저장 2일째에 20.30, 19.75로 다른 처리구에 비해 증가하였다. 이는 대두에 많이 포함되어 있는 flavonoid는 수용성이며 알칼리와 반응 시 불안정해져 구조가 변하기 때문에 짙은 황색을 띄게 되는데 본 실험에서는 AC를 0.10% 이상 첨가한 침지수의 초기 pH가 11을 초과하는 알칼리성이기 때문에 b값이 높아졌을 것으로 생각된다. 이후 저장이 진행될수록 b값이 다시 감소하였는데 이는 가역적으로 일어난 반응에 pH가 산성을 띄며 옅은 황색을 나타내므로 본 실험에서 저장이 진행될수록 침지수의 pH가 낮아져 산성화되면서 옅은 황색을 나타내는 것으로 보여 진다.

저장 중 총균수의 변화

AC를 첨가한 침지수에 두부를 저장 중 호기성 세균수의 변화를 측정된 결과(Fig. 3), 저장 3일까지는 처리구간에 큰 차이 없이 3.93-4.18 log CFU/g까지 증가하였다. 저장기간이 길어질수록 대조구의 호기성 세균수가 가장 빠르게 증가하였고 AC의 첨가율이 높을수록 호기성세균의 증식이 억제되는 것으로 나타났다. 이것은 저장기간이 연장될수록 두부 침지액의 pH는 낮아지고 탁도가 증가하는 현상이 억제되는 본 실험 결과와 잘 일치하였다. 점질물을 생성하는

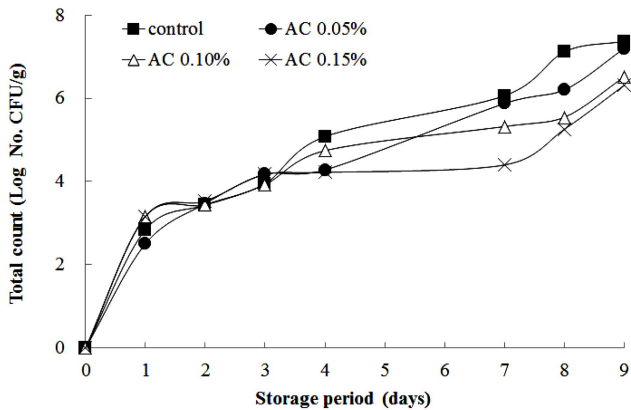


Fig. 3. Changes in aerobic bacterial counts of soybean curd with activated calcium addition during storage at 10°C.

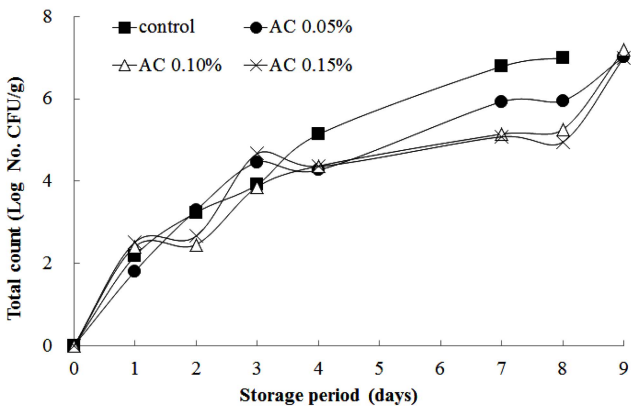


Fig. 4. Changes in yeast and mold counts of soybean curd with activated calcium addition during storage at 10°C.

두부변패의 주된 원인균은 호기성의 gram음성 구균인 *Acinetobacter*속이라는 이전의 보고(Shirakawa, 1985)와 같이 본 실험에서의 두부의 부패도 *Acinetobacter*속의 영향을 클 것으로 생각된다. 저장 7 일째에 대조구는 호기성 세균수의 수가 6.06 log CFU/g, AC 0.05%를 첨가한 처리구는 5.88 log CFU/g, AC 0.10%와 0.15% 첨가한 처리구는 각각 5.54 log CFU/g와 5.26 log CFU/g순으로 나타났으며 대조구가 가장 빠른 속도로 6 log CFU/g를 초과하였다. 두부 침지액에 AC 0.05%를 첨가한 처리구는 저장 8 일째에 6.20 log CFU/g, AC를 0.10%와 0.15% 첨가한 처리구는 저장 9 일째에 6.51 log CFU/g, 6.31 log CFU/g로 두부 침지액에 AC첨가 농도가 높을수록 호기성 세균의 증식이 억제되는 것으로 나타났다. 효모와 곰팡이의 경우도(Fig. 4) 호기성 세균과 비슷한 양상으로 대조구에서 7 일째에 6.78 log CFU/g로 6 log CFU/g를 초과하는 가장 빠른 성장률을 나타냈다. AC 처리구는 저장 8 일까지 서서히 증가하다가 저장 9 일째에 7.00-7.19 log CFU/g를 보여 AC의 처리가 효모와 곰팡이의 증식 속도를 지연 시킬 수 있는 것으로

판단되었다.

한편, 두부의 저장성 증대에 관한 연구는 많이 진행되어 오고 있으나 응고제를 이용하거나 4°C의 낮은 농도에서 측정된 연구가 대부분이다(Kim et al., 1996; Kim & Park, 2006; Kim et al., 2007; Han & Kim, 2006). 실제로 포장 두부의 경우 10°C 냉장조건에서 유통기한이 3일로 제한되어 있고, 유통기한 4일 경과시 두부내의 미생물이 7.00 log CFU/g에 이른다고 보고되어 지고 있다(Lee et al., 1995). 본 논문은 10°C 냉장조건에서 침지수에 AC의 첨가하여 저장안정성을 조사하였고 실험 결과 미생물의 생육을 9일 동안 억제하며 두부의 저장성 증대에 기여하는 것으로 나타났으며 두부의 유통기한 연장에 큰 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단되었다.

관능적 특성 변화

AC를 첨가한 침지수에 두부를 저장하며 저장 중 색, 맛, 향, 전체적 기호도와 강도(씹힘성, 경도, 이물감, 침지수의 점도)의 항목에 대한 관능검사를 실시하였다. 저장기간에 따른 두부의 기호도에 관한 결과를 Table 2에 나타내었다. 저장 초기에 AC를 0.10%, 0.15% 첨가한 침지수가 0.05% 첨가한 침지수보다 짙은 노란색을 띄며 두부 표면에 색이 침착되어 표면색도의 b값(황색도)이 높아져 AC의 첨가율이 높아짐에 따라 색에 대한 기호도가 약간 감소하는 경향을 보였으나 저장기간의 차이에 의한 두부 색의 기호도는 유의적으로 큰 차이를 보이지는 않았다. AC를 첨가하지 않은 침지수에서 저장한 두부(대조구)는 저장 7 일째에 부패취가 나며 맛에 대한 기호도가 급격히 저하되어 이후 더 이상 섭취하지 못할 상태에 이르렀다. 이에 반해 AC를 첨가한 침지수에 저장한 두부는 저장 8 일째까지도 부패취가 감지되지 않았다. 그러나 AC의 첨가율이 높을수록 색에 대한 기호도가 떨어지고 맛에 대한 기호도도 감소하며 전체적 기호도가 낮아졌다. 장기간에 따른 두부의 조직감에 관한 결과는 Table 3에 나타내었다. 조직감 중 씹힘성(Chewiness)은 두부의 저장 초기에는 유의적 차이를 보이지 않았으나 대체적으로 AC를 첨가한 침지수에서 저장한 두부가 더 낮은 값을 나타내었고 AC의 첨가율이 높을수록 씹힘성이 더 낮아졌다. 대조구의 경도(Hardness)는 부패 전까지 저장기간이 길어질수록 증가하였으며 AC의 첨가율이 높을수록 경도가 낮아졌다. 이물감은 대조구와 처리구간에 유의적 차이를 나타내지 않아 침지수에 AC를 첨가하는 것이 두부에 이물감을 부여 하지 않는 것으로 나타났다.

요 약

본 연구는 두부의 침지수에 AC를 처리하고 저장기간에 따른 품질의 변화를 측정하여 두부의 저장안정성을 조사하고자 수행하였다. 두부 침지액으로는 증류수, 0.05% AC

Table 2. Changes in the sensory evaluation of soybean curd added with activated calcium during storage at 10°C.

Days	Treatment	Control	AC 0.05%	AC 0.10%	AC 0.15%	
Color	0	6.00±1.5	6.00±1.55	6.00±1.55	6.00±1.55	
	1	6.86±1.07 ^{aA1)}	6.14±1.07 ^{abA}	6.00±1.10 ^{abA}	5.00±0.89 ^{bbB}	
	2	6.14±1.35 ^{aA}	6.29±1.11 ^{aA}	6.29±0.76 ^{aA}	6.14±0.69 ^{aAB}	
	3	6.75±1.28 ^{aA}	6.63±1.30 ^{aA}	6.63±1.41 ^{aA}	6.67±0.82 ^{aA}	
	4	6.29±1.70 ^{aA}	6.14±1.57 ^{aA}	6.14±1.35 ^{aA}	6.00±1.29 ^{aAB}	
	7	6.17±1.17 ^{aA}	6.33±0.82 ^{aA}	5.86±1.35 ^{aA}	6.33±0.82 ^{aAB}	
	8	-	6.00±0.89 ^{aA}	6.00±1.00 ^{aA}	5.50±1.52 ^{aAB}	
	Taste	0	6.17±1.47	6.17±1.47	6.17±1.47	6.17±1.47
		1	6.71±1.38 ^{aA}	6.43±1.27 ^{aA}	6.17±0.75 ^{aA}	6.67±1.51 ^{aA}
2		6.14±1.07 ^{aA}	6.29±1.11 ^{aA}	6.00±1.00 ^{aAB}	6.14±1.07 ^{aA}	
3		6.38±1.41 ^{aA}	6.38±0.74 ^{aA}	6.50±1.20 ^{aA}	6.00±1.41 ^{aA}	
4		6.57±1.13 ^{aA}	6.43±1.27 ^{aA}	5.86±1.21 ^{aAB}	5.43±1.51 ^{aAB}	
7		2.50±1.38 ^{bbB}	4.83±1.17 ^{abB}	5.00±0.82 ^{aAB}	5.83±0.41 ^{aAB}	
8		-	5.83±1.47 ^{aAB}	5.60±0.89 ^{abB}	4.67±1.21 ^{bbB}	
Flavor		0	6.00±1.55	6.00±1.55	6.00±1.55	6.00±1.55
		1	7.00±0.82 ^{aA}	6.43±1.27 ^{aAB}	6.00±0.89 ^{aA}	6.17±1.33 ^{aA}
	2	6.14±1.21 ^{aA}	6.14±1.21 ^{aAB}	6.00±1.29 ^{aA}	5.71±1.11 ^{aA}	
	3	6.25±1.39 ^{aA}	6.50±1.31 ^{aAB}	6.25±1.28 ^{aA}	6.00±0.63 ^{aA}	
	4	6.57±1.51 ^{aA}	6.71±1.25 ^{aA}	6.00±1.29 ^{aA}	6.29±1.70 ^{aA}	
	7	4.00±1.90 ^{abB}	5.00±1.26 ^{abB}	5.43±1.40 ^{aA}	5.67±1.21 ^{aA}	
	8	-	5.50±1.38 ^{aAB}	5.60±0.55 ^{aA}	5.00±1.41 ^{aA}	
	Overall acceptability	0	6.00±1.55	6.00±1.55	6.00±1.55	6.00±1.55
		1	6.71±1.25 ^{aA}	6.00±0.82 ^{abAB}	6.00±0.63 ^{abA}	5.17±1.47 ^{bbAB}
2		6.43±1.13 ^{aA}	6.00±0.82 ^{aAB}	6.14±0.90 ^{aA}	5.86±0.90 ^{aA}	
3		6.25±1.39 ^{aA}	6.50±0.76 ^{aA}	6.13±1.55 ^{aA}	6.00±1.41 ^{aA}	
4		6.71±0.95 ^{aA}	6.29±1.11 ^{aA}	5.43±1.40 ^{aA}	5.43±1.13 ^{aAB}	
7		2.50±1.38 ^{bbB}	4.83±1.17 ^{abB}	5.29±1.25 ^{aA}	6.00±0.63 ^{aA}	
8		-	5.67±1.37 ^{aAB}	5.00±0.01 ^{abA}	4.33±0.82 ^{bbB}	

¹⁾ Means with different superscripts within the same row (a-c) and column (A-B) were significantly different ($p < 0.05$).

용액, 0.1% AC 용액 및 0.15% AC 용액을 사용하여 10°C에 저장하면서 pH와 탁도, 색도, 관능검사, 그리고 미생물의 변화를 관찰하였다. 침지액에 AC를 처리한 두부는 대조구와 비교해 보았을 때 pH가 높게 나타났고 저장기간이 늘어남에 따라 두부의 pH가 약간 감소하였다. 대조구에서 탁도는 두부의 저장기간이 늘어남에 따라 급격히 증가하였으나 AC를 첨가한 두부에서는 농도 의존적으로 탁도의 변화가 감소하는 경향을 보였다. 색도를 측정된 결과 AC를 처리한 두부에서 모든 군에서 차이를 나타내지 않았다. 두부의 관능검사에 있어서 저장기간 동안에 AC를 처리한 두부는 관능적 특성을 더 오래 유지하였으나 AC의 첨가율이 높을수록 색에 대한 기호도가 떨어지고 맛에도 영향을 미쳐 전체적 기호도를 저하시켰다. 두부의 씹힘성과 경도는 AC의 첨가율이 높을수록 낮아졌으나 이물감 조성에는 영향을 끼치지 않는 것으로 나타났다. Texture 특성을 관능검사를 통해 측정된 결과 경도, 탄성, 검성, 씹힘성은 0.1% AC와 0.15% AC 용액을 침지액으로 사용하였을 때 대조

구와 비교해서 낮은 수치를 나타내는 것을 볼 수 있었다. 두부의 저장기간 동안 호기성 세균수는 대조구에서 7일 후 6.00 log CFU/g을 초과하였으나 0.1% AC와 0.15% AC 처리 시에는 미생물의 증식이 효과적으로 억제되어 저장기간이 연장되는 결과를 보였다. 이와 같은 결과로 볼 때, AC의 침지처리는 10°C에서 7일 동안 가공두부의 선도유지 기간을 연장할 수 있는 효과를 기대할 수 있었다.

참고문헌

- Choi SY, Choi IW. 2009. New technology-anti-microbial activities of active calciums and their application into food amerials. Bull. Food Technol. 22: 117-126.
- Chun KH, Kim BY, Son TI, Hahm YT. 1997. The extension of tofu shelf-life with water-soluble degraded chitosan as immersion solution. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 476-481.
- Han MR, Kim MH. 2006. Effects of alkaline ionic water and grapefruit seed extract added immersion solutions on storage

Table 3. Textural changes in the sensory evaluation of soybean curd added with activated calcium during storage at 10°C.

Days	Treatment				
	Control	AC 0.05%	AC 0.10%	AC 0.15%	
Chewiness	0	4.67±0.82	4.67±0.82	4.67±0.82	4.67±0.82
	1	4.14±0.69 ^{aB1)}	4.14±1.07 ^{aA}	4.29±1.11 ^{aAB}	4.14±1.35 ^{aAB}
	2	5.29±1.11 ^{aAB}	4.71±1.11 ^{aA}	4.57±1.13 ^{aAB}	4.57±1.96 ^{aAB}
	3	5.63±1.30 ^{aA}	4.50±1.31 ^{aA}	5.00±2.00 ^{aA}	4.88±1.96 ^{aA}
	4	5.43±1.62 ^{aAB}	5.00±1.00 ^{abA}	3.71±1.25 ^{bcB}	3.43±1.13 ^{cB}
	7	3.86±1.21 ^{aB}	4.00±1.15 ^{aA}	3.14±0.69 ^{aB}	3.57±1.51 ^{aB}
	8	-	4.57±2.15 ^{aA}	3.86±0.69 ^{aB}	3.86±0.90 ^{aB}
	Hardness	0	4.67±0.52	4.67±0.52	4.67±0.52
1		3.86±0.90 ^{aBC}	4.14±1.21 ^{aA}	3.86±1.35 ^{aA}	4.57±1.90 ^{aA}
2		5.14±1.35 ^{aA}	4.29±1.11 ^{aA}	4.14±1.35 ^{aA}	4.14±1.57 ^{aA}
3		5.25±1.58 ^{aAB}	4.25±1.28 ^{aA}	4.50±1.77 ^{aA}	4.38±1.77 ^{aA}
4		5.29±1.80 ^{aAB}	4.86±1.07 ^{aA}	3.43±0.98 ^{ba}	3.14±0.69 ^{ba}
7		3.29±1.25 ^{aC}	3.86±0.90 ^{aA}	2.86±1.21 ^{aA}	3.14±1.57 ^{aA}
8		-	4.29±1.38 ^{aA}	3.71±1.11 ^{aA}	4.00±1.63 ^{aA}
Feeling for foreign substance		0	4.17±1.33	4.17±1.33	4.17±1.33
	1	3.29±1.60 ^{aA}	3.57±1.40 ^{aA}	3.71±1.60 ^{aAB}	3.57±1.40 ^{aAB}
	2	3.43±1.72 ^{aA}	3.14±1.77 ^{aA}	3.00±1.63 ^{aB}	3.00±1.63 ^{aAB}
	3	3.63±1.92 ^{aA}	3.38±1.85 ^{aA}	3.75±2.12 ^{aAB}	3.63±2.20 ^{aAB}
	4	3.00±1.91 ^{aA}	3.00±1.91 ^{aA}	2.57±1.72 ^{aAB}	2.43±1.13 ^{aB}
	7	3.57±1.51 ^{aA}	3.71±1.38 ^{aA}	4.29±2.14 ^{aA}	4.57±2.23 ^{aA}
	8	-	2.57±1.40 ^{aA}	3.14±1.86 ^{aB}	3.00±1.15 ^{aAB}
	Viscosity of immersion solution	0	4.33±1.63	4.33±1.63	4.33±1.63
1		4.00±1.83 ^{aB}	4.43±2.07 ^{aAB}	4.14±1.57 ^{aAB}	4.71±2.14 ^{aA}
2		3.29±1.80 ^{aB}	3.71±2.56 ^{aB}	3.29±2.14 ^{aAB}	3.71±2.56 ^{aA}
3		4.00±1.69 ^{aB}	4.50±2.07 ^{aA}	4.63±2.13 ^{aAB}	4.88±2.42 ^{aA}
4		3.57±1.51 ^{aB}	4.14±1.95 ^{aA}	4.86±2.41 ^{aA}	5.43±2.70 ^{aA}
7		5.43±2.30 ^{aA}	5.29±2.21 ^{aA}	4.43±1.40 ^{aA}	4.14±1.46 ^{aA}
8		-	3.43±2.15 ^{aAB}	4.29±2.69 ^{aAB}	3.71±2.29 ^{aA}

¹⁾ Means with different superscripts within the same row (a-c) and column (A-B) were significantly different ($p < 0.05$).

characteristics of mulberry leaf soybean curd. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem. 49: 108-113.

Hwang TI, Kim SK, Park YS, Byoun KE. 2001. Studies on the storage of functional red soybean curd. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 30: 1115-1119.

Jung JY, Cho EJ. 2002. The effect of green tea powder levels on storage characteristics of tofu. Korean J. Soc. Food Cookery Sci. 18: 129-135.

Jung GT, Ju IO, Choi JS, Hong JS. 2000. Preparation and shelf-life of soybean curd coagulated by fruit juice of *Schizandra chinensis* RUPRECHT (omija) and *Prunus mwme* (maesil). Korean J. Food Sci. Technol. 32: 1087-1092.

KFDA. 2004. Food Additives Code. Korea Food and Drug Administration No. 264. Seoul, Korea.

Kim JO, Lee SE, Lee CH. 2007. A study on calcination characteristics of powdered oyster shell. J. Korra. 15: 143-148.

Kim KT, Im JS, Kim SS. 1996. A study of the physical and sensory characteristics of ginseng soybean curd prepared with various coagulants. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 965-969.

Kim SS, Park MK, Oh NS, Kim DC, Han MS, In MJ. 2003. Studies on quality characteristics and shelf-life of chlorella soybean curd (Tofu). J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol. 46: 12-15.

Kim JS, Cho ML, Heu MS. 2003. Improvement on storage stability of soybean curd using cuttle bone powder treated with acetic acid. J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol. 46: 183-188.

Kim SK, Lee KS. 1992. Effects of coagulant on storage of packed tofu. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28: 161-166.

Kim JY, Park GS. 2006. Quality characteristics and shelf-life of tofu cogulated by fruie juice of pomegranate. Korean J. Food Culture 21: 644-652.

Kim SY, Choi YM, Noh DO, Cho SY, Suh YJ. 2007. The effect of oyster shell powder on the extension of the shelf life of tofu. Food Chem. 103: 155-160.

Lee KS, No HK, Meyers SP. 2001. Effect of chitosan as a coagulant on shelf-life of tofu prepared in commercial-scale. Food Sci. Biotechnol. 10: 529-533.

Lee KS, Kim DH, Baek SH, Chon SH. 1990. Effects of coagulants and soaking solutions of tofu (soybean curd) on extending its shelf life. Korean J. Food Sci. Technol. 22: 115-122.

Lee YB, Kim TB, Yeo IH. 1995. Study on the change of quality index of packed tofu. Korean Soybean Digest 12: 56-60.

- Miller CD, Denning H, Bauer A. 1952. Relation of nutrients in commercially prepared soybean curd. *Food Res.* 17: 261-266.
- Park LY, Kim SJ, Lee SH. 2005. Effect of surface treatment with chitosan on shelf-life of sybean tofu. *Korean J. Food Preserv.* 12: 516-521.
- Prestamo G, Lesmes M, Otero L, Arroyo G. 2000. Soybean vegetable protein (tofu) preserved with high pressure. *J. Agric. Food Chem.* 48: 2943-2947.
- Rehverger TG, Wilson LA, Glatz BA. 1984. Microbiological quality of commercial Tofu (soybean curd). *J. Food Sci.* 47: 177-181.
- Sawai J, Miyoshi H, Kojima H. 2003. Sporicidal kinetic of *Bacillus subtilis* spore by heated scallop shell powder. *J. Food Prot.* 66: 1482-1485.
- Sawai J, Kojima H, Igarashi H, Hashmoto A, Shoji S, Takehara A, Sawaki T, Kokugan T, Shimizu M. 1997. *Escherichia coli* damage by ceramic powder slurries. *J. Chem. Eng. Jpn.* 30: 1034-1039.
- Shirakawa T. 1985. On the slimy spoilage of tofu (soybean curd). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkashi* 32: 1-5.