pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 37, No. 2, pp. 80~86 (2022)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2022.37.2.80

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

유통기한이 경과된 포장두부의 저장온도에 따른 품질변화

김수진[1] · 김세훈[2] · 방우석[1]*
[1]영남대학교 식품영양학과, [2]식품의약품안전평가원 미생물과

Changes in Quality of Expired Tofu During Storage at Different Temperatures

Su-jin Kim[1], Se-Hun Kim[2], Woo-Suk Bang[1]*
[1]*Department of Food and Nutrition Yeungnam University Gyeongsan, Gyeongbuk, Korea*
[2]*Food Microbiology Division Food Safety Evaluation Department National Institute of Food and Drug Safety Evaluation Cheongju, Korea*

(Received March 23, 2022/Revised March 28, 2022/Accepted April 6, 2022)

ABSTRACT - The purpose of this study was to examine the microbiological and physicochemical changes on packaged tofu stored at temperatures of 5, 13, 23, and 30°C, and measure the consumable period from the expiry date to ultimately evaluate the microbiological safety on the extension of the consumable period. From the investigation, the pH value of tofu at each storage temperature (5, 13, and 23°C) showed a slight decrease over the storage period, although there was no significant change. The hardness of packaged tofu decreased more rapidly as temperature and storage time increased and the tofu started to show signs of decomposition at the same time. Analysis on the microbial change of tofu at different storage temperature revealed that the number of general bacteria also increased as the temperature increased. It was further found that packaged tofu takes 25 days at 5°C, 7 days at 13°C, and 1 day at 23°C from the expiry date until the general bacteria count is at least at the early decomposition level which is 10°C log CFU/g. However, no coliform bacteria was detected from tofu after storing at 5, 13 and 23°C. When packaged tofu was stored at 5°C, the L value changed significantly after 26 days, whereas the a and b values showed no significant change during the storage period ($P>0.05$). When storing tofu at 13°C and 23°C the L value decreased after 8 and 3 days, respectively. However, both a and b values increased ($P<0.05$).

Key words: Shelf-life, Packed tofu, Storage temperature, Food safety

우리나라에서 식품의 유통기한 의미는 유통기간 동안 섭취 가능한 개념이 아닌 식품의 제조일로부터 소비자에게 판매가 허용되는 기한을 의미한다[1]. 일반적으로 우리나라에서 통용되고 있는 유통기한은 식품을 소비자에게 판매할 수 있는 기한으로, 기한 경과 후 법적으로 판매가 금지되지만, 섭취는 유통기한 이후까지 가능한 경우가 대부분이다. 하지만 제조업체에서는 유통기한이 끝나는 시점으로부터 일정 안전기간만큼 앞당겨 실제 유통기한을 설정하고 있다. 제조업체에서 유통기한을 설정할 때, 소비자의 안전을 위해 실험을 통해 실제로 산출된 날짜에 1 미만의 안전계수(safety factor)를 0.6-0.8 범위에서 적용하여 유통기한을 산출하며, 통상적으로 0.7을 적용하고 있다[2]. 현재 미국, EU, 일본, 호주 등의 국가에서는 소비기한을 도입하여 사용하고 있으며, 국제식품규격위원회(Codex)는 2018년에 식품표시규정에서 유통기한을 삭제하였다[3,4].

식품위생법상 '유통기한'은 '제품의 제조일로부터 소비자에게 판매가 허용되는 기한'을 말하며, '품질유지기한'이라 함은 식품의 특성에 맞는 적절한 보존방법이나 기준에 따라 보관할 경우 해당식품 고유의 품질이 유지될 수 있는 기한으로 정의된다[5]. 소비자들은 이를 섭취 가능한 기한으로 오인하고 있고, 제조업체에서는 유통기한 내에 판매가 이루어지지 않았다는 이유로 제품이 위생상 안전한 상황임에도 불구하고 식품을 폐기하고 있어 자원 낭비를 초래하고 있다. 한국식품산업협회(Korea Food Industry Association)의 보고에 따르면, 제조하여 판매된 식품의 유

*Correspondence to: Woo-Suk Bang, Department of Food and Nutrition Yeungnam University Gyeongsan, Gyeongbuk 38541, Korea
Tel: +82-53-810-2877, Fax: +82-53-810-4768
E-mail: wsbang@ynu.ac.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution,and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

통기한 경과로 인한 식품의 반품비율은 평균 1.8%이며 반품손실 비용이 약 6,500억 원으로 매년 손실비용이 늘어나고 있어 이로 인한 손실비용이 제품의 가격상승으로 전이되는 원인이 되기도 하는 것으로 조사되었다[3].

우리나라는 1985년에 유통기한제도를 도입하여 1994년까지 유형이 비슷한 식품에 대해서 일률적으로 정해놓은 유통기한이 적용되고 있었으나 제품의 특성이 제대로 반영되지 못하고 있어 자원 낭비의 문제를 초래한다는 지적으로 인해 유통기한 설정을 제조업자 자율에 맡기게 되었다[6]. 유통기한 설정이 단계적으로 자율화되면서 2000년 9월부터 부패가 쉬운 두부류, 면류 등 20개 품목이 자율화 되었고, 이후 유통기한 설정이 전면 자율화가 되어 제조업자가 자율적으로 유통기한을 설정하게 되었다[7]. 2008년 8월부터는 단기 보존식품의 권장 유통기한이 도입되었는데, 2007년 12월 1일부터 유통기한 설정사유서 제출이 의무화됨에 따라 유통기한 설정 실험을 하기 어려운 영세업체들에 도움을 주고자 식품의약품안전처에서 단기 보존식품에 대해 유통기한을 설정하도록 기준을 제공하였다[2].

한편, 한국소비자원(Korea Consumer Agency)에서 실시한 『유통기한 경과 식품 섭취 적정성 조사』 결과에 따르면, 대부분 소비자가 유통기한 경과 식품은 변질한 식품으로 오인하여 폐기하고 있으나, 유통기한의 만료가 반드시 제품의 변질을 나타내는 지표가 될 수 없는 것으로 나타났다. 유통기한 경과 후 섭취 가능 기간이 제품의 특성에 따라 다르게 나타났는데, 0-5°C를 유지할 경우 우유는 50일, 치즈는 70일, 식빵은 20일, 건면은 50일, 유음료(액상커피)는 30일, 냉동만두는 25일이 경과한 후에도 안전상에 문제가 없는 것으로 조사되었다[8-10].

식품위생법에 두부류의 권장 유통기한이 설정되어 있는데 비포장 두부만 상온 (15-25°C) 보관 시 4-10월까지는 24시간, 11-3월까지는 48시간이며, 냉장 상태(10°C 이하)에서는 3일로 규정되어 있으며 살균제품은 냉장 보관 시 15일로 권장 유통기한이 규정되어 있다[11]. 포장두부류는 제조업체에서 유통기한 설정 실험 자료를 근거로 하여 유통기한을 인정하고 있으며, 현재 생산되고 있는 포장두부류의 유통기한은 냉장 조건에서 약 15일 정도의 유통기한을 가진다[12].

두부의 유통기한에 관한 선행 연구로 포장두부류의 유통기간 설정[13], 신선도 표시계를 이용한 두부의 저장 중 신선도 측정 및 품질변화[14], 포장두부의 품질에 대한 지표변화 연구[15], 예측모델을 기반으로 두부의 유통기한 예측 및 위해평가 연구[16] 등이 있다. 그러나 두부의 유통기한 경과 후 섭취 적정성에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 시판 포장두부의 저장 중에 일어나는 미생물학적, 이화학적 특성을 조사하여 두부의 저장 가능 기간을 측정함으로써 소비기한을 알아보고자 한다.

Materials and Methods

재료

본 실험에 사용된 시료는 제조사가 다른 포장두부 3종(A, B, C)으로서 대구 지역 대형 할인점에서 구매하여 사용하였다. 실험용 두부는 구매 즉시 아이스박스에 담아 냉장 상태(4°C)를 유지하여 실험실로 운반하여 사용하였으며, 같은 날에 제조된 것을 각각의 시험군으로 나누어 저장 실험을 실시하였다.

저장온도

구입한 시료를 저온배양기(SMDF-U53V, Sanyo Electric Co. Ltd., Tokyo, Japan)에서 5°C(냉장온도), 13°C(냉장온도범위 초과), 23°C(실온), 30°C로 온도를 조정한 후 일정간격으로 실험을 시행하였다. 5°C는 26일 동안 저장하면서 유통기한 경과 후 3일 간격으로 분석하였으며, 저장 25일 이후에는 1일 간격으로 실험을 시행하였다. 13°C는 저장 8일 동안 2일 간격, 23°C는 저장 3일 동안 1일 간격, 30°C는 저장 6시간 후 실험을 시행하였다. 시료를 5, 13, 23°C에 저장하며 pH, 색도, texture, 일반세균수와 대장균군을 측정하였고, 30°C에 저장하며 일반세균수를 측정하였다.

pH

두부의 pH는 저장한 두부를 일정한 크기로 잘라 비커에 넣은 후, pH meter (420A, Orion research Inc., Boston, MA, USA)를 사용하여 측정하였다.

색도

저장한 두부의 색도는 색차계(Model CR-300, Minolta, Tokyo, Japan)로 측정하였으며, L (lightness), a (redness), b (yellowness) 값으로 나타내었다. 표준 백색판 L, a, b 값은 97.51, -0.16, +1.75 이었으며, 시료마다 1회에 3개 샘플을 측정하였으며, 3회 반복 측정하여 그 평균값을 나타내었다.

Texture

저장한 두부의 조직감(hardness) 측정을 위해 두부를 일정 크기(3.0×3.0×1.0 cm)로 절단하여 Texture analyzer (QTS-25, Stevens, Essex, UK)를 이용하여 3회 반복 측정하였다. Cylinder probe (35 mm)를 이용하여 deformation 30%, test type TPA, test speed 50 mm/min로 설정하였다.

일반세균수

미생물 실험용 시료는 멸균 처리된 spatula를 사용하여 무균적으로 채취하였다. 저장한 시료 중 10 g을 멸균 시료백에 넣고, 90 mL 멸균 생리식염수(0.85% NaCl, w/v)를 첨

가한 후 균질기(BagMixer 400, Interscience, Saint-Nom-la-Breteche, France)로 균질화하였다. 균질화한 시료를 1 mL씩 취해 9 mL의 0.1% 멸균 펩톤수 (Bacto™ Peptone, Becton Dickinson Co., Sparks, MD, USA)에 단계 희석하여 1 mL를 주입평판법(pour plate)으로 tryptic soy agar (TSA, Merck, Darmstadt, Germany)와 혼합하여 37°C, 24-48시간 동안 배양기(WIF-105, Wisecubed, Seoul, Korea)에 배양한 후 집락을 계수하였고, 시료 g당 colony forming unit (CFU/g)으로 나타내었다.

대장균군

대장균군은 저장한 시료를 사용하였으며, 일반세균수 측정에서와 같은 방법으로 조제된 시료 용액 1 mL를 45°C로 유지된 VRBGA (Violet Red Bile Glucose Agar, Becton Dickinson Co., Sparks, MD, USA) 배지와 주입평판법으로 혼합하여 응고시킨 후 37°C에서 24시간 배양하여 형성된 집락을 계수하여 대장균의 검출 여부를 확인하였다.

통계처리

모든 실험결과는 3회 반복 수행하였으며, 평균과 표준편차로 나타냈다. 각 실험결과에 대한 통계분석은 IBM SPSS ver. 19.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 일원분산분석(ONE-way ANOVA)을 사용하여 비교하였다. 각 실험에 대한 유의적 차이는 Duncan's multiple range test ($P<0.05$)로 검증하였다.

Results and Discussion

두부의 저장 중 pH 변화

구입 직후 포장두부의 pH를 측정한 결과 A, B, C 3종 두부의 초기 pH는 각각 6.54, 6.34, 6.40을 나타냈으며, 포장두부를 5°C에 저장하며 pH를 측정한 결과는 Fig. 1에 나타냈다. A와 B 두부에서 저장 7일째 각각 pH 6.62, 6.41의 측정값을 보였으며 C 두부에서는 4일째 pH 6.14로 저장 초기보다 낮은 pH를 보였지만, 저장 26일째 A, B, C 모두 초기보다 낮은 pH를 나타내었다. 그러나 각각 두부의 pH는 통계적으로 유의적 차이가 없었다.

포장두부를 13, 23°C에 저장하였을 때 pH 값은 저장 기간에 따라 약간 감소하였으나 다시 증가하는 경향을 나타냈다. 23°C에 저장하는 동안, 저장 후 2일 째까지 초기 pH보다 낮은 값을 보였으나 저장 기간 2일 이후부터는 pH 값이 증가하여 A 두부는 pH 6.36, B 두부는 6.28, C 두부는 6.17을 나타냈다. 이것은 23°C 저장 1일 째부터 변질이 일어나 저장 2일 째부터 부패가 발생한 것으로 사료된다. 저장온도 13, 23°C에서 pH값이 감소하다가 증가하는 경향을 나타냈다. 이러한 현상은 두부의 부패로 생성된 아미노산, 저분자의 펩타이드 등에 의한 완충작용 때문이라고 보고된바 있다[17].

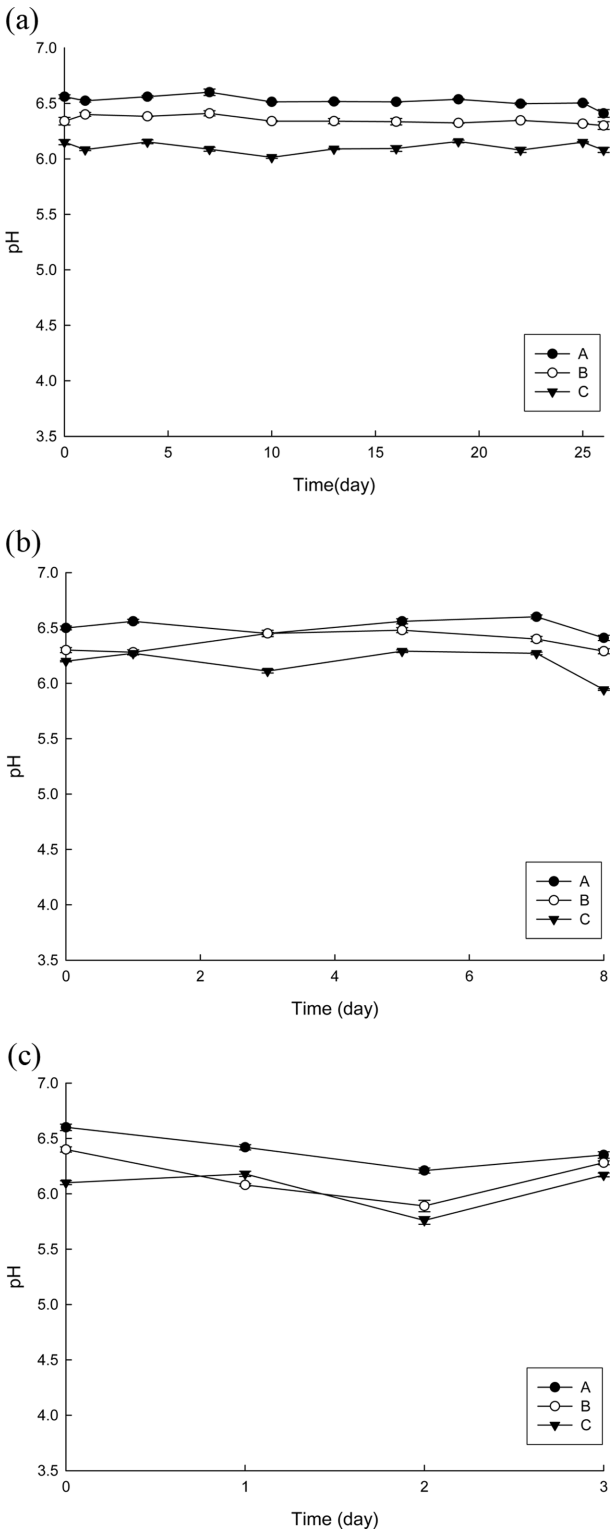

Fig. 1. Change in pH of packed tofu during storage at (a) 5°C, (b) 13°C, (c) 23°C. ●: A (A company packed tofu), ○: B (B company packed tofu), ▼: C (C company packed tofu)

두부의 저장 중 색도 및 texture 변화

두부의 저장온도에 따라 명도(lightness), 적색도(redness), 황색도(yellowness)를 측정한 결과, 구입 직후 포장두부 A, B, C의 색도는 A 두부 L 값 85.98, a 값 –0.65, b 값 14.90, B 두부 L 값 88.03, a 값 –0.96, b 값 17.10, C 두부 L 값 88.87, a 값 –0.86, b 값 16.64로 나타났으며 데이터는 제시하지 않았다. 포장두부를 5°C에서 26일 동안 저장했을 때 A, B 두부의 L 값은 저장 기간 0일째에 비해 26일째의 값이 변화하며 유의적 차이를 나타냈으며, a, b 값은 저장 기간 동안 변화가 있었으나 유의적 차이가 나타나지 않았다(P>0.05, Table 1). 13°C에서 8일, 23°C에서 3일간 저장하면서 L 값은 낮아지고, a, b 값은 증가하는 경향을 나타냈다(P<0.05, Table 2-3). 색도는 시각적 기호도의 척도로 이용되는 것으로 두부의 중요 품질 중 하나이다[6,18]. 콩을 장기간 고온에 저장하여 제조된 두부는 flavonoid, carotenoid 등의 색소 성분이 산화, 갈변되어 어두운색을 나타낸다고 보고된바 있는데[19], 고온에서 두부가 황색을 띠는 것은 색소 성분의 변화와 관련이 있는 것으로 사료된다.

Table 1. Effects of storage days on color properties of packed tofu during storage at 5°C

	A			B			C		
Days	L	a	b	L	a	b	L	a	b
0	86.29±0.78$^{1)a}$	-0.46±0.11^{b}	15.54±0.35^{bcd}	88.63±0.76^{cd}	-0.88±0.18^{a}	16.50±0.83^{ab}	88.82±0.15^{abc}	-0.83±0.02^{a}	16.43±0.02^{ab}
1	86.45±0.93ab	-0.47±0.08^{ab}	15.57±0.30^{bcd}	88.13±0.18^{abc}	-0.80±0.17^{a}	16.61±0.47^{ab}	88.81±0.30^{abc}	-0.83±0.07^{a}	16.46±0.14^{abc}
4	86.39±0.30^{ab}	-0.49±0.16^{ab}	15.24±0.18^{bc}	88.78±0.80^{cd}	-0.71±0.03^{a}	16.50±0.27^{ab}	89.32±0.30^{c}	-0.71±0.04^{a}	16.12±0.47^{a}
7	86.30±0.78^{a}	-0.58±0.09^{ab}	14.55±0.30^{a}	87.54±0.49^{ab}	-0.85±0.18^{a}	16.54±0.57^{ab}	89.24±0.35^{c}	-0.91±0.09^{a}	16.90±0.26^{bc}
10	86.48±0.37^{ab}	-0.67±0.15^{a}	15.06±0.74^{ab}	88.46±0.64^{bc}	-0.88±0.05^{a}	16.58±0.12^{ab}	88.90±0.57^{abc}	-0.85±0.02^{a}	16.29±0.24^{ab}
13	88.62±0.11^{d}	-0.48±0.05^{ab}	15.96±0.21^{de}	87.61±0.34^{ab}	-0.83±0.03^{a}	16.65±0.45^{ab}	89.34±0.07^{c}	-0.83±0.02^{a}	16.38±0.23^{ab}
16	88.66±0.56^{d}	-0.54±0.17^{ab}	15.89±0.36^{cde}	88.34±0.56^{bc}	-0.81±0.07^{a}	16.34±0.58^{ab}	89.17±0.13^{bc}	-0.93±0.05^{a}	16.60±0.07^{abc}
19	87.90±0.21^{cd}	-0.51±0.02^{ab}	16.11±0.15^{de}	88.14±0.60^{abc}	-0.88±0.03^{a}	16.69±0.38^{ab}	88.62±0.88^{abc}	-0.89±0.11^{a}	17.15±0.42^{c}
22	87.11±0.31^{abc}	-0.58±0.09^{ab}	16.31±0.28^{e}	87.21±0.36^{a}	-0.83±0.05^{a}	16.92±0.10^{b}	88.29±0.60^{a}	-0.87±0.44^{a}	16.42±0.70^{ab}
25	87.83±0.33^{cd}	-0.49±0.05^{ab}	15.82±0.49^{cde}	89.44±0.14^{d}	-0.84±0.08^{a}	16.00±0.32^{a}	88.39±0.15^{ab}	-0.79±0.05^{a}	16.65±0.51^{abc}
26	87.28±0.12^{bc}	-0.43±0.01^{b}	15.86±0.22^{cde}	87.26±0.10^{a}	-0.83±0.07^{a}	16.52±0.48^{ab}	88.32±0.19^{a}	-0.91±0.04^{a}	16.59±0.37^{abc}

$^{1)a-e}$Means in the same column with different superscripts are significantly different at $p<0.05$.

Table 2. Effects of storage days on color properties of packed Tofu during storage at 13°C

	A			B			C		
Days	L	a	b	L	a	b	L	a	b
0	86.29±0.22$^{1)b}$	-0.46±0.02^{ab}	15.54±0.16^{a}	88.63±0.45^{bc}	-0.88±0.11^{a}	16.51±0.12^{a}	88.82±0.33^{d}	-0.83±0.06^{a}	16.43±0.25^{bc}
1	86.47±0.77^{b}	-0.44±0.07^{ab}	15.77±0.25^{a}	88.25±0.76^{bc}	-0.87±0.03^{a}	16.75±0.19^{ab}	88.28±0.24^{c}	-0.74±0.09^{ab}	15.66±0.21^{a}
3	86.58±0.49^{b}	-0.51±0.03^{a}	15.87±0.26^{a}	88.89±0.21^{c}	-0.79±0.05^{a}	16.97±0.15^{b}	88.50±0.19^{cd}	-0.78±0.04^{ab}	15.92±0.17^{ab}
5	86.15±0.28^{ab}	-0.49±0.05^{ab}	15.56±0.29^{a}	88.14±0.70^{bc}	-0.75±0.05^{ab}	17.10±0.18^{b}	87.02±0.30^{b}	-0.68±0.03^{bc}	16.75±0.18^{cd}
7	86.14±0.30^{ab}	-0.41±0.06^{b}	15.94±0.24^{a}	87.67±0.12^{b}	-0.64±0.12^{b}	17.54±0.08^{c}	87.33±0.31^{b}	-0.63±0.06^{c}	17.25±0.71^{de}
8	85.34±0.32^{a}	-0.40±0.03^{b}	16.54±0.06^{b}	86.41±0.75^{a}	-0.63±0.08^{b}	17.69±0.43^{c}	86.04±0.15^{a}	-0.68±0.02^{bc}	17.43±0.31^{e}

$^{1)a-e}$Means in the same column with different superscripts are significantly different at P<0.05.

Table 3. Effects of storage days on color properties of packed Tofu during storage at 23°C

	A			B			C		
Days	L	a	b	L	a	b	L	a	b
0	86.29±0.05$^{1)a}$	-0.46±0.03^{a}	15.54±0.57^{a}	88.63±0.20^{c}	-0.88±0.04^{a}	16.51±0.18^{a}	88.82±0.29^{b}	-0.83±0.05^{a}	16.43±0.46^{a}
1	86.42±0.51^{a}	-0.37±0.01^{bc}	16.24±0.26^{ab}	88.13±0.78^{bc}	-0.81±0.05^{a}	17.02±0.58^{ab}	88.30±0.27^{ab}	-0.86±0.04^{a}	16.52±0.36^{a}
2	86.13±0.78^{a}	-0.39±0.05^{b}	16.79±0.57^{b}	87.57±0.48^{b}	-0.78±0.06^{a}	17.25±0.43^{ab}	88.88±0.21^{b}	-0.76±0.06^{a}	16.99±0.13^{ab}
3	85.78±0.87^{a}	-0.31±0.03^{c}	16.94±0.81^{b}	86.45±0.47^{a}	-0.63±0.09^{b}	17.57±0.40^{b}	87.99±0.60^{a}	-0.72±0.14^{a}	17.34±0.16^{b}

$^{1)a-c}$Means in the same column with different superscripts are significantly different at P<0.05.

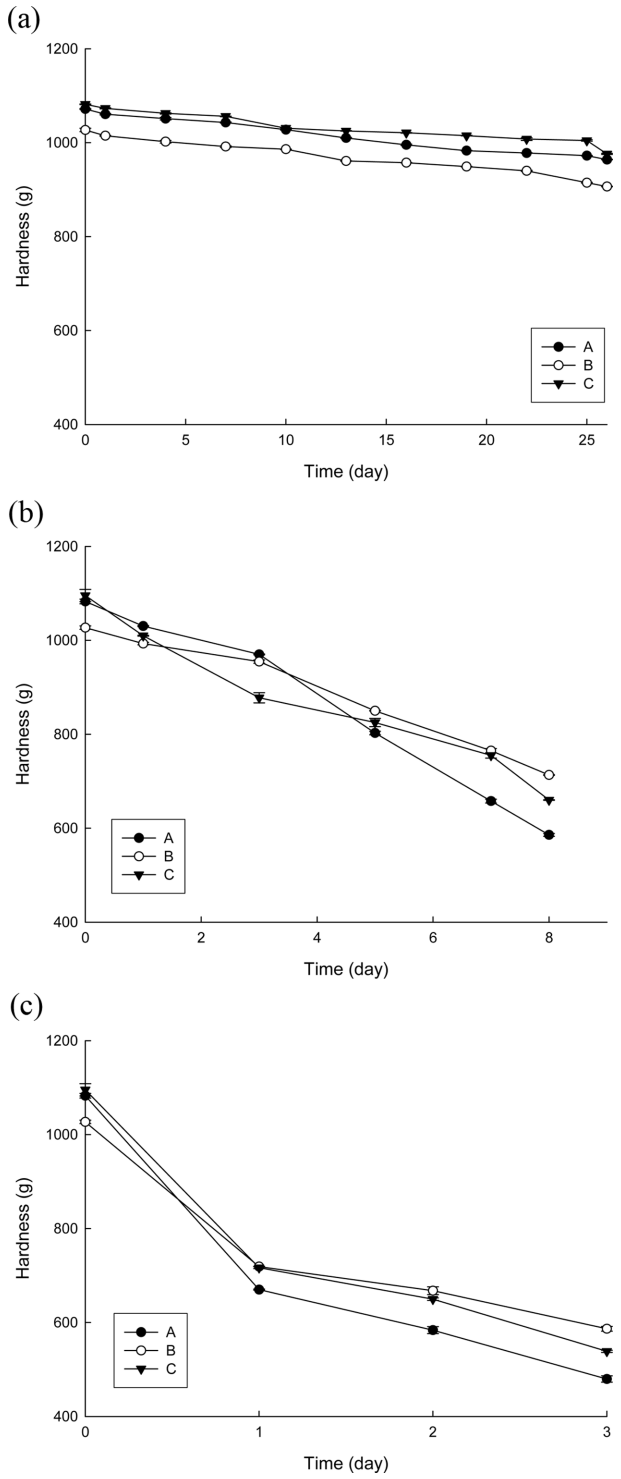

Fig. 2. Change in hardness of packed tofu during storage at (a) 5°C, (b) 13°C, (c) 23°C. ●: A (A company packed tofu), ○: B (B company packed tofu), ▼: C (C company packed tofu)

식품 중 응고제 첨가량, 단백질 함량과 조성은 hardness에 영향을 끼치며, 식품의 노화 현상을 가장 잘 나타내는 것으로 알려져 있다[20]. 저장온도에 따른 두부의 물성 변화를 알아보기 위해 texture analyzer를 이용하여 hardness 변화를 측정하였다(Fig. 2). 구입 직후 포장두부 A, B, C의 hardness는 1027.00 g, 1087.66 g, 1095.33 g이었으며, 유통기한 마지막 날 hardness 측정값은 1014.66 g, 1073 g, 1060.66 g으로 약간 감소하였다. 포장두부를 5°C에서 26일, 13°C에서 8일, 23°C에서 3일 저장하는 동안 모두 감소하는 경향을 보였다. 특히 23°C에서 저장 3일째 hardness 측정값은 A 두부는 670.00 g, B 두부 719.00 g, C 두부 716.66 g을 나타내며 13°C에서 8일 동안 저장하였을 때 측정된 hardness 값과 비슷한 값을 나타냈다. 이는 저장온도가 높을수록 두부의 변질속도가 빨라져 식품의 노화에 영향을 미친 것으로 생각된다. Park[21], 등과 Hwang 등[22]의 연구에서 두부를 저장하는 동안 hardness가 증가하다가 감소하는 경향을 보였는데 본 실험에서는 다른 결과를 보였다. 이것은 포장두부의 경우 두부의 침지액 때문에 수분이 감소하는 현상이 나타나지 않은 것으로 사료된다. 또한 두부의 저장온도가 높아질수록 두부의 견고성이 급격히 낮아져 hardness 측정값이 낮게 나왔으며, 온도로 인해 품질 저하 현상을 일으킨 것으로 보인다.

두부의 저장 중 미생물 변화

식품공전 상 두부류의 기준규격을 보면 대장균군은 충전·밀봉한 두부 제품에 한해 n=5, c=1, m=0, M=1으로 설정되어 있다[23]. 일반세균수는 정해져 있지 않아 본 실험에서는 10^6 CFU/g (초기부패기준)으로 최대 허용기준으로 정하였다. 포장두부 A, B, C를 5, 13, 23°C에 저장하면서 미생물 변화를 조사한 결과는 Fig. 3과 같다. 두부를 구입한 직후 미생물수를 측정한 결과, 포장두부인 A, B, C 중 A와 B 두 종의 두부에서는 불검출되었으며, C 두부에서는 2 CFU/g을 나타내었다.

포장두부를 5°C에서 저장하는 동안 일반세균수는 점차적으로 증가하였다. C 두부는 25일째 2.4×10^6 CFU/g를 보여 일반세균수가 가장 빨리 증가하였고, A, B 두부는 저장 26일째 1.5×10^6 CFU/g, 1.6×10^6 CFU/g으로 나타났다. 또한 저장기간 동안 A, B, C 두부 모두에서 대장균군은 검출되지 않았다. 포장두부 A, B, C를 13°C에 저장한 결과 5°C에 저장했을 때보다 일반세균의 증가 속도가 빠르게 나타났다. 저장 1일째 A 두부에서 1.35×10^2 CFU/g, B 두부 6.86×10^2 CFU/g, C 두부 6.06×10^2 CFU/g이 검출되었으며, A 두부보다 B, C 두부에서 비교적 높게 나타났다($P<0.05$). 저장 5일 이후부터 일반세균수가 급속히 증가하였으며 저장 7일째 A, B, C 두부에서 각각 2.07×10^5 CFU/g, 2.85×10^5 CFU/g, 8.3×10^5 CFU/g이 검출되었다($P<0.05$). 그러나 포장두부를 13°C에 저장하는 동안 A, B, C 두부에서 대장균은 검출되지 않았다.

포장두부 A, B, C를 23°C에 저장하였을 때, 저장 1일째 A 두부는 $2{,}0\times10^5$ CFU/g, B 두부는 9.1×10^5 CFU/g, C 두

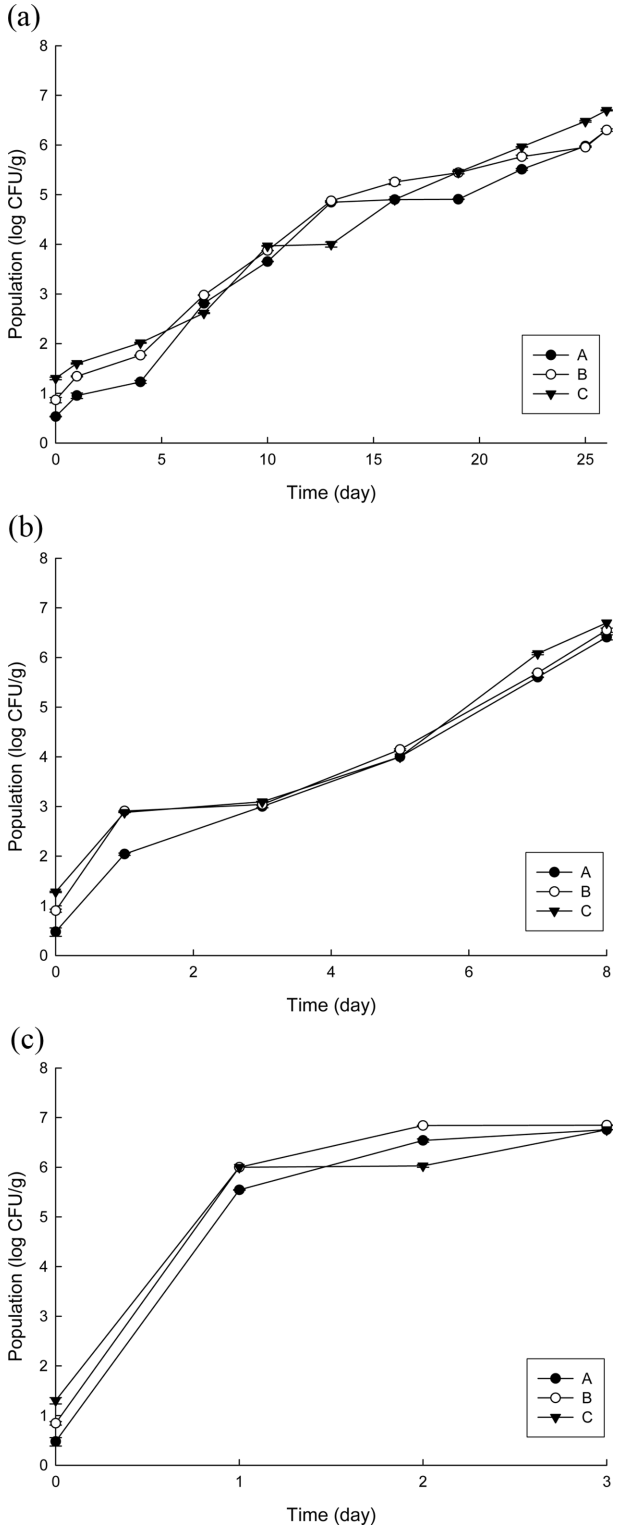

Fig. 3. Change in total bacterial count of packed tofu during storage at (a) 5°C, (b) 13°C, (c) 23°C. ●: A (A company packed tofu), ○: B (B company packed tofu, ▼: C (C company packed tofu)

부는 9.2×10^5 CFU/g의 일반세균이 검출되었으며, A 두부가 유의적으로 낮게 나타났다($P<0.05$). 저장 2일째 A, B, C 두부는 2.5×10^6 CFU/g, 5.0×10^6 CFU/g, 1.15×10^6 CFU/g의 일반세균수를 나타내며 일반세균 최대허용치를 초과하였으며($P<0.05$), B 두부> A 두부> C 두부 순으로 부패가 일어났다. 저장 2일 째 A, B, C 두부에서 일반세균수는 기준치 이상 검출되었지만, 대장균은 검출되지 않았다.

저장 온도에 따른 두부의 저장성을 살펴보면 5°C에서 저장한 두부가 13°C, 23°C에 저장한 두부보다 일반세균의 성장 속도가 느리게 나타났다. 이는 Kim 등[24]의 연구에서 저장온도가 낮아질수록 미생물 생육이 억제되어 높은 보존성을 보고한 결과와 유사한 경향을 나타냈으며, 본 실험에서도 저온에 의해 미생물의 생육이 억제된 것으로 사료된다. 또한 두부 부패에 관여하는 세균으로 *Bacillus subtilis*와 *Acinetobacter calcoaceticus*로 알려져 있으며, 이러한 세균의 증식에는 온도가 지배적인 영향을 끼친다[24-26]. Kim 등[24]의 연구와 본 실험 결과를 종합해 볼 때, 두부 부패 속도를 늦추는 것은 온도의 영향이 큰 것으로 보이며, 두부를 5°C에 저장하였을 때 유통기한 경과 후 섭취 가능 기간이 가장 긴 것으로 나타났다. 포장두부를 5°C에 26일, 13°C에서 8일, 23°C에서 3일 동안 저장하며 품질 특성을 살펴보았을 때 쉽게 변질될 수 있는 식품이라고 여겼던 두부를 보관 최적 온도인 냉장 상태로 잘 유지한다면 유통기한 경과 후에도 섭취가 가능할 것으로 판단된다. 본 연구 결과는 음식물 쓰레기 처리에 의해 발생하는 이산화탄소 발생을 줄이고, 소비자와 산업체에서 식품폐기감소로 식품폐기 손실비용을 줄여 경제적 편익이 발생되는 소비기한 표시제도 도입을 위한 기초자료로 활용될 수 있다고 생각된다.

국문요약

본 연구는 시판 포장두부를 5, 13, 23, 30°C에 저장하면서 나타나는 미생물학적, 이화학적 변화를 조사하여 두부의 유통기한 경과 후 섭취 가능 기간을 측정하여 소비기한 연장에 대한 미생물학적 안전성에 대해 평가하고자 했다. 저장온도별(5, 13, 23°C) 두부의 pH 측정에 있어서 두부의 저장 기간이 길어질수록 다소 감소하는 경향을 나타냈으나, 큰 차이를 보이지 않았다. 포장두부의 hardness는 온도가 높을수록, 또 저장기간이 증가될수록 급격히 낮아지는 부패 현상을 보였다. 저장온도에 따른 두부의 미생물 변화는 온도가 증가할수록 일반세균수가 증가하였다. 5°C에 저장한 포장두부는 유통기한 경과 후 25일, 13°C에서는 7일, 23°C에서 1일 후 일반세균이 초기부패 수준인 10^6 log CFU/g이상 검출되었다. 그러나 두부를 5, 13, 23°C에 저장기간동안 대장균군은 음성으로 나타냈다. 포장두부를 5°C에서 저장했을 때 26일후 L 값의 유의적 차이를 나타냈으며, a, b 값은 저장 기간 동안 변화가 있었으나 유의적 차이가 나타나지 않았다($P>0.05$). 13°C에서 8일,

23°C에서 3일간 저장하면서 L값은 낮아지고, a, b값은 증가하였다($P<0.05$).

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Su Jin Kim https://orcid.org/0000-0002-7431-4905
Se-Hun Kim https://orcid.org/0000-0003-1239-7466
Woo-Suk Bang https://orcid.org/0000-0001-8276-1329

References

1. Hwang, T.H., Park, K.H., Harmonization of date marketing for export of Korean foods. *Food. Ind. Nutr.,* **12,** 12-18 (2007).
2. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), Shelf-life guideline (2011).
3. Korea Food Security Research Foundation (2022, January 27), Forum on occurrence status and reduction method for wasted food. available from: http://www. foodsecurity.or.kr.
4. Codex., General standard for the labeling of prepackaged foods. CXS 1-1985 (2018).
5. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2011, October 07), Labeling Standards for Food etc. (2021).
6. Min, Y.H., Kim, J.Y., Park, L.Y., Lee, S.H., Park, G.S., Physicochemical quality characteristics of tofu prepared with turmeric (*Curcuma aromatica* Salab). *Korean J. Food Cookery Sci.,* **23**, 502-510 (2007).
7. Hwang, T.H., Improvement of shelf-life labeling for effective food distribution management. MS Thesis, Chung Ang University Seoul, Korea (2006).
8. Korea Consumer Agency (KCA)., The result report on survey for suitability of intake of food that passed the shelf life. (2009).
9. Korea Consumer Agency (KCA)., The result report on survey for suitability of intake of food that passed the shelf life. (2010).
10. Korea Consumer Agency (KCA)., The result report on survey for suitability of intake of food that passed the shelf life. (2011).
11. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS)., Shelf life standards for food, food additives and health functional foods (2019).
12. Ryu, Y.G., Tofu's manufacturing system and market situations. *Food Ind. Nutr.,* **10,** 6-10 (2005).
13. Kim, K.S., Assessment of the shelf lives of packed tofu products. MS thesis, Sunchon National University, Suncheon, Korea (2000).
14. Shin, H.Y., Ku, K.J., Park, S.K., Song, K.B., Use of freshness indicator for determination of freshness and quality change of tofu during storage. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.,* **49,** 158-162. (2006).
15. Lee, Y.B., Kim, T.S., Yeo, I.H., Study on the change of quality index of packed tofu. *Korea Soybean Digest.,* **12,** 56-60 (1995).
16. Wang, C., Zhou, S., Qinling, D., Qin, W., Wu, D., Raheem, D., Yang, W., Zhang, Q., Shelf life prediction and food safety risk assessment of an innovative whole soybean curd based on predictive models. *J. Food Sci. Technol.,* **56,** 4233-4241 (2019).
17. Lee, K.S., Kim, D.H., Baek, S.H., 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).
18. An, J.H., Park, J.M., Gu, J.G., Yoon, S.J., Lee, J.S., Kim, J.M., Kim, S.H., Kim, R.J., Park, J.W., Song, S.O., Wee, S.H., Kim, J.M., A study of establishment and exploitation of bio-markers for determination of shelf-life of eggs and egg products. Korean *J. Food Sci. Ani. Resour.,* **32,** 354-363 (2012).
19. Lee, H.J., Sul, M.S., Cha, B.S., Yook, H.S., Tofu Qualities as influenced by soybeans storage temperatures. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.,* **27,** 833-839 (1998).
20. Shin, M.K., A study on development of functional tofu by using natural hamcho and deep water-solidifier. PhD Thesis, Kyonggi University, Suwon, Kyeonggi, Korea (2009).
21. Park, L.Y. Kim SJ. Lee SH., Effect of surface treatment with chitosan on shelf-life of soybean tofu. Korean *J. Food Preserv.,* **12,** 516-521 (2005).
22. Hwang, T.I., Kim, S.K., Park, Y.S., Byoun, K.E., Studies on the storage of functional red soybean curd. J. *Korean Soc. Food Sci. Nutr.,* 30, 1115-1119 (2001).
23. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS)., Korean Food Codex. (2021).
24. Kim, J.H., Woo, E.Y., Kim, K.H., A study on the soy bean curd(tofu) made from defatted soybean flour. *Korean. J. Food Nutr.,* **19,** 22-27 (2006).
25. Shin, I.S., Development of shelf-life prediction model of tofu using mathematical quantitative assessment model. *Food Ind. Nutr.,* **10,** 11-16 (2005).
26. Kim, J.N., Lee, Y.S., Three dimensional mathematical simulation for predicting the shelf life of tofu packaged in a semi-rigid plastic container. *Korean J. Food Sci. Technol.,* **41,** 272-277 (2009).