pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 34, No. 4, pp. 354~360 (2019)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2019.34.4.354

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

구연산 첨가에 의한 와사비 페이스트 제품의 저장성 향상

정은정[1] · 이효경[2] · 김용석[1]*
[1]전북대학교 식품공학과, [2]경기도보건환경연구원

Shelf Life Extension of Wasabi Paste Products by Addition of Citric Acid

Eun-Jeong Jeong[1], Hyo-Kyung Lee[2], and Yong-Suk Kim[1]*
[1]*Department of Food Science & Technology, Chonbuk National University, Jeonju, Korea*
[2]*Gyeonggi Province Institute of Health and Environment, Suwon, Korea*

(Received May 24, 2019/Revised June 25, 2019/Accepted July 11, 2019)

ABSTRACT - In order to extend the shelf life of Wasabi paste, the effects of citric acid were confirmed at 35°C for 28 days. Citric acid-treated groups contained citric acid in amounts of 0.05, 0.10, 0.17, 0.30, and 0.40%, respectively. Quality characteristics of Wasabi pastes were determined in pH, titratable acidity, soluble solid content, color values, microbial analysis (aerobic bacteria, yeast), gas production, and content of allyl isothiocyanate. The pH and titratable acidities of Wasabi pastes added with citric acid were indicated as 4.03-5.19 and 4.23-4.82%, respectively. Soluble solid content was significantly different according to concentrations of citric acid. L values showed the highest at 50.05±0.46. a and b values were increased during the storage period. Total aerobic bacteria and yeast counts of Wasabi pastes were decreased in a dose-dependent manner. Gas production from Wasabi pastes showed at 19.55-19.80 mL/tube after 28 days of storage. The addition of citric acid (0.3% or more) to the Wasabi paste resulted in increased storage stability.

Key words : Wasabi, Citric acid, Shelf-life, Allyl isothiocyanate, Wasabi paste

와사비(*Wasabi japonica*)는 향신 조미채소로써 독특한 매운맛을 가지고 있어 일본 및 우리나라에서 생선과 육류 요리 등 조미소스로 활용되고 있다. 특히 매운맛 뿐만 아니라 단맛과 특유의 향미를 가지고 있어, 회, 국, 육류뿐만 아니라 서양요리와 소스 등에 많이 사용되고 있는 추세이다[1,2]. 와사비에 함유되어 있는 allyl isothiocyanate는 와사비의 독특한 향미를 내는 성분으로 식품의 맛을 좋게 하고 식욕 및 소화 촉진작용을 도우며, 다양한 미생물에 대한 항균효과를 나타낸다. 또한 혈액 응고 억제, 천식해소, 충치 예방 효과가 있는 것으로 조사되었다[3-5].

유기산은 식품의 부패 방지와 저장기간 증진을 위해 널리 사용되어 왔으며, FDA에서 GRAS(generally recognized as safe)로 분류된 식품첨가물이다. 또한 유기산은 항균기능과 낮은 pH에서 미생물 활성을 저하시키는 것으로 알려져 있고, 낮은 비용과 넓은 범위로 다양하게 이용될 수 있기 때문에 이에 대한 연구들이 다수 진행된 바 있다[6-12].

*Correspondence to: Yong-Suk Kim, Department of Food Science & Technology, Chonbuk National University, 567 Baekje-daero, Deokjin-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do 54896, Korea
Tel: 82-63-270-2567, Fax: 82-63-270-2572
E-mail: kimys08@jbnu.ac.kr

현재 시판되고 있는 와사비의 형태는 분말, 액상, 페이스트상으로 구분할 수 있으며, 특히 페이스트상 제품은 바로 섭취할 수 있는 장점을 갖고 있으나 보존성이 떨어져 유통 시 냉장 또는 냉동 보관할 경우에도 6개월 이내의 비교적 짧은 유통기한을 가지고 있다. 와사비 페이스트 제품의 경우 저장성의 한계로 유통에 따른 비용이 발생하고 있어 현재의 유통환경에 맞게 상온에서 유통할 수 있는 제품의 개발이 필요한 상황이며, 상온유통 제품이 개발될 경우 국내 유통 및 해외에 수출이 용이해져 제품 판매가 증가될 것으로 예상된다[13].

따라서 본 연구에서는 유기산 처리에 따른 와사비 페이스트의 저장성 향상을 위하여 저장기간 동안 이화학성분 및 미생물학적 변화, 가스생성량, allyl isothiocyanate의 함량변화를 확인하였다.

Materials and Methods

시료

본 실험에 사용한 와사비와 와사비무는 녹미원식품영농조합법인(Imsil, Korea)에서 제공받아 사용하였고, 와사비

Table 1. Experimental design for shelf-life extension of *Wasabi* paste

Ingredients	Mixing ratio (%, w/w)
Wasabi	52.00
Horseradish	22.00
Cyclodextrin (CELDEX TB-50, CYDEX-S)	6.70
Allyl isothiocyanate	0.30
Xanthan gum	0.02
Citric acid	0.17
Salt	2.68
Synthetic food dye (Food Yellow No.4, Food Blue No.1)	0.56
Water	15.57
Total	100.00

페이스트 제조를 위한 첨가물인 덱스트린은 풍림무약(주)(Seoul, Korea), 이소티오시안산 알릴과 잔탄검은 신원무역상사(Anyang, Korea), 구연산과 합성착색료는 세림식품원료(Bucheon, Korea)에서 구입하여 사용하였다. 와사비 페이스트의 저장성 실험을 위해 사용된 튜브는 (주)대양화성(Yongin, Korea)에서 구매하여 사용하였다.

와사비 페이스트 제조

와사비 페이스트는 와사비와 와사비무를 깨끗이 세척하고 이물질을 제거한 후 일정하게 분쇄하여 덱스트린, 구연산, 잔탄검, 정제염, 합성착색료, 이소티오시안산 알릴, 정제수를 배합비율(Table 1)에 맞게 혼합하여 제조하였다. 혼합된 원료는 일정시간동안 섞어준 후 폴리에틸렌 재질의 Ø35 튜브(100 g, 투명)에 포장하여 분석 시료로 사용하였다.

구연산 농도 설정

와사비 페이스트의 저장성을 향상시키기 위해 구연산을 첨가하여 와사비 페이스트를 제조하였다. 본 연구에 사용된 유기산은 구연산(citric acid)이며, 기존 첨가량인 0.17%를 기반으로 농도별로 처리하였다. 위의 방법에 따라 제조된 와사비 페이스트는 35°C에서 28일간 저장하면서 7일 간격으로 시료를 채취하여 품질 특성을 분석하였다.

pH 및 총산 함량

pH는 시료 5 g을 취해 증류수 45 mL를 가한 후 충분히 균질화하여 pH meter (Model Orion 3 Star, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)로 측정하였다[14].

총산 함량은 시료 5 g을 취해 증류수 45 mL를 가한 후 충분히 균질화하여 0.1 N NaOH 용액으로 pH가 8.3이 될 때까지 적정하였고, 구연산의 양으로 환산하여 산출하였다[15].

염도, 색도 및 가용성 고형분 함량

염도는 시료 5 g을 취해 증류수 45 mL를 가하여 희석한 것을 염도계(Model TM-30D, Takemura Electric Works Ltd., Tokyo, Japan)로 측정하였고, 색도는 색차계(Model SUPER-80, Tokyo Denshoku Co., Ltd., Tokyo, Japan)로 hunter scale에 따라 L (lightness), a (redness), b (yellowness) 값으로 표시하였다. 가용성 고형분 함량은 당도계(Model N2, Atago Ltd., Tokyo, Japan)로 측정하였다.

미생물 수

미생물 수는 식품공전[16]에 준하여 일반세균과 효모의 수를 측정하였다. 시료 10 g을 멸균 peptone수 90 mL와 혼합하여 1분 동안 stomacher (BAGMIXER 400, Interscience, St. Nom Lu Breteche, France)를 이용해서 균질화를 실시하였다. 각 시험용액 1 mL와 10배 단계 희석액 1 mL로 무균적으로 분주하였다. 일반세균은 plate count agar (Becton, Dickinson and Co., Le Pont de Claix, France), 효모는 potato dextrose agar (Becton)를 잘 혼합하고 응고시킨 후 배양하였다. 배양 후 미생물 수는 log CFU/g으로 표시하였다.

가스발생량

와사비 페이스트의 저장기간 중 가스발생량을 측정하기 위해 Oh[17]의 방법을 참고하여 실험하였다. 와사비를 포장한 폴리에틸렌 재질의 Ø35 튜브(100 g, 투명)에 미리 도포된 실리콘을 통하여 의약용 주사기(50 mL)로 생성된 가스를 뽑아내어 가스 발생량을 측정하였으며, 저장기간에 따라 각각 3개의 튜브를 대상으로 측정하여 평균값으로 나타내었다.

Allyl isothiocyanate 함량

시료 50 g에 증류수 500 mL를 가한 후 혼합하고 수증기 증류장치를 활용하여 2시간 동안 추출하였다. 추출액은 *n*-hexane을 사용하여 essential oil(정유)을 분리하였으며, essential oil 층에 섞여있는 수분을 제거하기 위하여 sodium sulfate 층을 통과시키고, 50-mL로 정용하여 순수한 essential oil을 얻었다[18]. Essential oil은 4°C 냉장고에서 보관하면서 분석할 때 사용하였다. 표준품은 allyl isothiocyanate (Fluka, Buchs, Switzerland)를 사용하였다. 함량 분석을 위한 기기분석을 위해 GC (GC-2010, Shimadzu, Kyoto, Japan)와 INNOWAX capillary column (Thickness, Agilent, Santa Clara, CA, USA)을 사용하였으며, column oven 온도를 50°C에서 1분당 5°C씩 승온하여 100°C까지 도달시키고, 10°C/min의 조건으로 200°C로 도달 후 2분간 유지하였으며, FID detector를 사용하여 분석하였다. 이때 injection 온

도 180°C, detector 온도 250°C로 설정하였으며, carrier gas는 N_2로써 2.3 mL/min의 조건에서 분석하였다.

통계 처리

통계분석은 SAS(Statistical analysis system) 통계 package[19]를 이용하여 평균 및 표준편차를 구하였으며, ANOVA 분석 및 Duncan's multiple range test로 유의성을 검정하였다.

Results and Discussion

pH

저장성 향상을 목적으로 구연산을 첨가한 와사비 페이스트 제품의 저장기간에 따른 pH 변화는 Fig. 1과 같다. 저장 0일에 구연산(citric acid, CA) 0.05% 처리구에서 4.93±0.04로 가장 높게 나타났고, CA 0.40% 처리구에서 4.34±0.01로 가장 낮게 나타났으며 유의적인 차이가 있었다. 이는 처리구에 따른 구연산의 첨가량에 따른 차이로 볼 수 있다. 저장 28일에는 CA 0.05% 처리구에서 4.96±0.03으로 가장 높게 나타났고, CA 0.40% 처리구에서 4.01±0.01로 가장 낮게 나타나 저장 초기와 유사한 경향을 나타내었다. 전반적으로 구연산 첨가량이 증가할수록 pH가 유의적으로 감소하는 것을 알 수 있었다. 저장기간 동안 와사비 페이스트의 pH는 4.01-5.19 사이로 나타났다. Shin 등[20]의 연구에 의하면 구연산을 첨가하여 제조한 계란 피단의 난백에서 저장 15일경에 pH가 가장 낮게 측정되었다가 20일경에 다시 증가하였고, 구연산의 첨가량 증가에 따라 pH가 낮게 나타났는데 이는 본 연구와 유사한 경향을 나타내었다. Lee 등[21] 연구에 의하면 시판 와사비 페이스트 제품의 pH는 4.12-4.90의 범위에서 나타났으며, 본 연구의 CA 0.17%-CA 0.40%의 처리구에서 비슷한 분포를 나타내었다.

총산 함량

저장성 향상을 목적으로 구연산을 첨가한 와사비 페이스트 제품의 저장기간에 따른 총산 함량의 변화는 Fig. 2와 같다. 총산 함량은 저장 7일까지 유의적인 차이가 나타나지 않았으며 14일 후부터 감소하였다. 저장 초기에는 CA 0.05% 처리구에서 0.33±0.00%로 가장 낮게 나타났고, CA 0.40% 처리구에서 0.61±0.01%로 가장 높게 나타나 구연산 처리에 따라 유의적으로 차이가 있음을 확인하였다. 28일 저장 후에는 CA 0.10% 처리구에서 0.27±0.00%로 가장 낮게 나타났고, CA 0.40% 처리구에서 0.58±0.01%로 가장 높게 나타나 저장 초기와 유사한 경향을 나타내었다. 총산 함량은 pH와 반대의 경향을 나타내었으며 구연산의 첨가량이 증가할수록 증가되었으며, 저장기간에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. Lee 등[21]의 연구에 따르면 시판 와사비 페이스트의 총산은 0.22-0.77%의 범위에서 나타나 본 연구의 총산함량과 유사하게 나타났다.

가용성 고형분 함량

구연산을 농도별로 첨가한 와사비 페이스트 제품의 가용성 고형분 함량을 Fig. 3에 나타내었다. 분석 결과 모든 처리구에서 저장 기간에 따른 일정한 경향은 나타나지 않았다. 저장 초기에는 전반적으로 26.20-29.60 °Brix로 나타났으며 CA 0.40% 처리구에서 29.60±0.07 °Brix로 가장 높게 나타났다. 저장 28일 후에는 25.60-29.50 °Brix로 나타났으며 구연산 첨가량이 증가할수록 가용성 고형분 함량도 증가하는 것을 확인하였다.

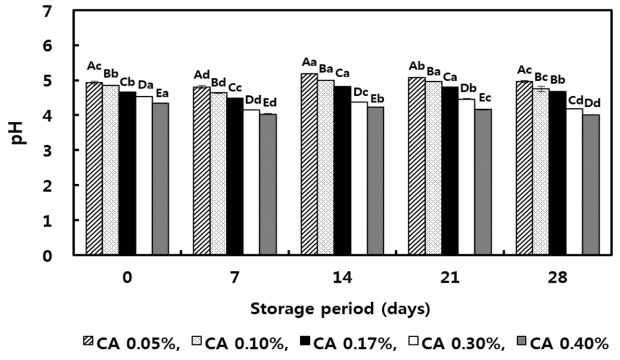

Fig. 1. pH of *Wasabi* pastes added with citric acid of different concentration. For each parameter and for each storage period, mean values followed by different capital letters (A-C) indicate significant (P<0.05) differences as a result of concentration of citric acid (CA). For each parameter and for each concentration of citric acid, mean values followed by different low-case letters (a-d) denote significant (P<0.05) differences as a result of the storage period.

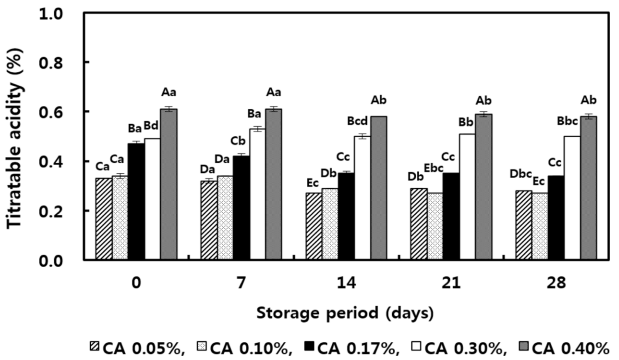

Fig. 2. Titratable acidities of *Wasabi* pastes added with citric acid of different concentration. For each parameter and for each storage period, mean values followed by different capital letters (A-C) indicate significant (P<0.05) differences as a result of concentration of citric acid (CA). For each parameter and for each concentration of citric acid, mean values followed by different low-case letters (a-d) denote significant (P<0.05) differences as a result of the storage period.

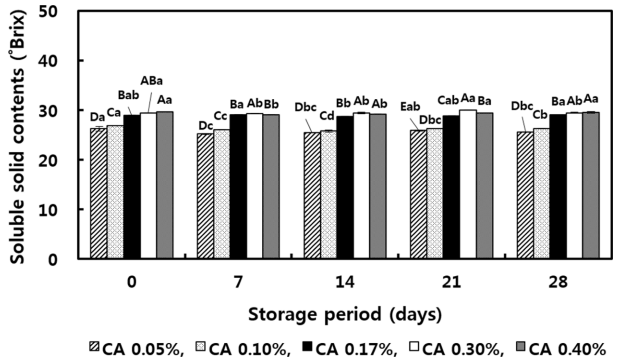

Fig. 3. Soluble solid contents of *Wasabi* pastes added with citric acid of different concentration. For each parameter and for each storage period, mean values followed by different capital letters (A-C) indicate significant (P<0.05) differences as a result of concentration of citric acid (CA). For each parameter and for each concentration of citric acid, mean values followed by different low-case letters (a-d) denote significant (P<0.05) differences as a result of the storage period.

색도

구연산을 농도별로 첨가한 와사비 페이스트 제품의 색도는 Fig. 4에 나타냈다.

명도를 나타내는 L값은 저장 기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 저장 초기에는 CA 0.05% 처리구에서 50.05±0.46으로 가장 높은 값을 나타내었고, CA 0.30% 처리구에서 47.91±0.87로 가장 낮게 나타났다. 28일 저장 후에는 전반적으로 45.03-48.47로 나타났으며 CA 0.30% 처리구에서 45.03±0.49로 가장 낮게 나타났다. Hong 등[9]의 연구에서 구연산을 첨가한 오디 설기떡의 색상을 비교한 결과 L값은 구연산 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향이 있어 본 연구 결과와 유사하였다.

녹색도를 의미하는 -a값을 나타낸 결과에서 저장 기간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 나타내었고, 저장 초기에는 CA 0.05% 처리구에서 -5.98±0.05로 가장 낮은 값을 나타내어 녹색이 진하게 나타나는 것을 확인하였다. 구연산 첨가량이 증가할수록 -a값이 증가하는 것을 알 수 있었으며 28일 저장 후에는 전반적으로 -4.45~-2.66으로 나타났다.

황색도를 나타내는 b값은 저장 기간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 나타내었고, Shin 등[20]의 연구에서 citric acid를 첨가한 난백부위의 b값이 저장기간이 경과할수록 증가하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 구연산을 0.30% 이상 첨가하였을 때는 저장기간에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않는 것을 확인하였다. 또한, 저장 0일에 전반적으로 18.54-19.74로 나타났고. 저장 7일 후부터는 대부분의 처리구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 저장 28일에 18.83-20.84로 나타나 저장 초기와 유사한 경향을 나타내었다.

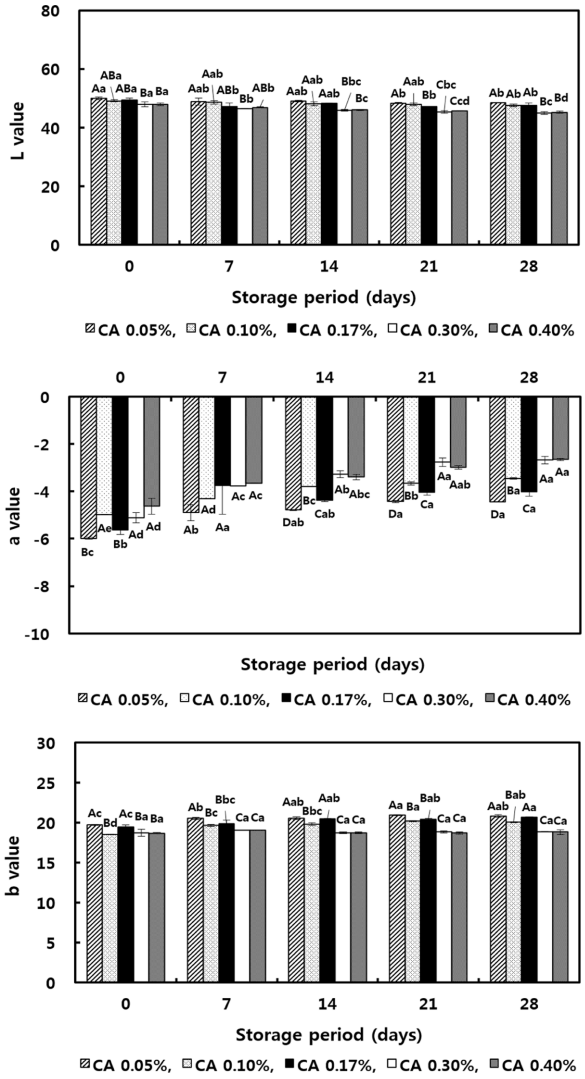

Fig. 4. Color of *Wasabi* pastes added with citric acid of different concentration. For each parameter and for each storage period, mean values followed by different capital letters (A-C) indicate significant (P<0.05) differences as a result of concentration of citric acid (CA). For each parameter and for each concentration of citric acid, mean values followed by different low-case letters (a-d) denote significant (P<0.05) differences as a result of the storage period.

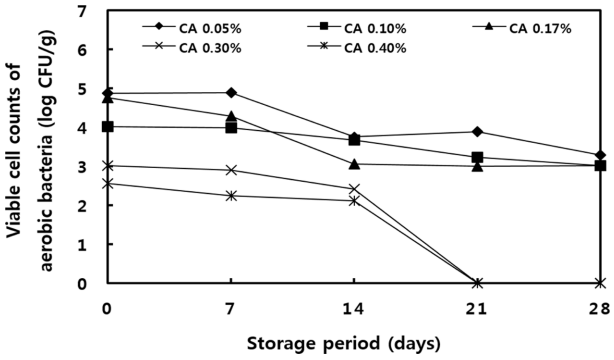

Fig. 5. Viable cell counts of aerobic bacteria in *Wasabi* pastes added with citric acid (CA) of different concentration.

일반세균

구연산 첨가 농도와 저장 기간에 따른 일반세균 수의 변화를 Fig. 5에 나타냈다. 저장 기간이 경과함에 따라 일반세균 수는 감소하는 경향을 나타내었다. 저장 초기에는 구연산을 0.40% 첨가한 CA 0.40% 처리구에서 2.56±0.09 log CFU/g으로 가장 낮은 일반세균 수를 나타났으며 구연산을 0.05% 첨가한 CA 0.05% 처리구는 4.87±0.17 log CFU/g으로 가장 높은 수준으로 검출되었다. 저장 28일 후에는 CA 0.05% 처리구에서 3.29±0.11 log CFU/g으로 가장 높게 검출되었고, 구연산을 0.30%이상 첨가한 와사비 페이스트에서는 일반세균이 검출되지 않았다. 따라서 와사비 페이스트 제조 시 구연산을 0.30%이상 첨가하면 일반세균의 생장이 억제되는 것을 알 수 있었다. 유기산에 의한 항균작용은 pH 저하, 비해리형 분자의 비율, 세포 생리 및 대사과정 등과 관련이 있고[22], 유기산의 -COOH기는 수소이온을 발생시켜 pH 저하를 유발하는 관능기이다[23]. 따라서 구연산과 같이 -COOH기를 많이 가지고 있는 유기산은 -COOH기를 하나만 가지고 있는 유기산에 비해 항균효과가 더 높은 것으로 알려져 있다[6].

효모

구연산 첨가 농도와 저장 기간에 따른 효모 수의 변화를 Fig. 6에 나타냈다. 저장 기간이 경과함에 따라 효모 수는 감소하는 경향을 나타내었다. 저장 초기에는 CA 0.17% 처리구에서 4.05±0.00 log CFU/g으로 가장 높은 수준으로 나타났으며, 구연산을 0.30% 이상 첨가한 처리구에서는 효모가 검출되지 않았다. 저장 28일 후에는 CA 0.10% 처리구에서 3.45±0.02 log CFU/g으로 가장 높게 검출되었고, 구연산을 0.30% 이상 첨가한 와사비 페이스트에서는 효모가 검출되지 않았다. 전반적인 결과를 살펴보았을 때, 와사비 페이스트에 유기산을 0.30%이상 첨가하면 효모의 생장이 억제되는 것을 알 수 있었다.

가스발생량

구연산을 농도별로 첨가한 생와사비 페이스트의 가스 발생량은 Fig. 7과 같다. 가스 발생량은 모든 처리구에서 저장 기간이 경과함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 저장 7일 후 전반적으로 6.60-7.35 mL/tube로 나타났으며, 저장 21일 후 가스 발생량의 증가폭이 가장 크게 나타났다. 저장 28일 후에는 CA 0.10% 처리구와 CA 0.40% 처리구에서 각각 19.80±0.28, 19.80±0.00 mL/tube로 가장 많이 발생하였고, 전반적으로 19.55-19.80 mL/tube의 범위로 나타났다. 가스 발생량에서 구연산 농도에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 생와사비 보관 시 가스 발생량이 증가하는 것은 튜브의 팽창 정도를 나타내기 때문에 품질에 중요한 요인이 될 것으로 생각된다. Oh 등[17]의 연구에서는 양고추냉이 분말을 첨가한 저염 고추장을 분석한 결과 양와사비 분말 1.2%(w/w)와 식염 6%를 첨가하였을 때 발효 10일까지 가스가 발생되지 않았고, 12일 이후 발생하였다. 가스의 조성은 74-80%가 발효에 의해 생성된 이산화탄소였으며 효모 수에는 영향을 주지 않으면서 가스발생을 감소시키는 것을 알 수 있었다. Shin 등[24]의 연구에서는 양고추냉이와 겨자를 고추장에 첨가하여 발효시키면서 가스발생량을 측정하였고, 효모수가 가장 많이 검출된 첨가구에서 가장 많은 가스가 발생하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

Allyl isothiocyanate 함량

*Brassica*속의 여러 채소와 와사비에 함유되어 있는 sinigrin은 약산에서 비효소적인 반응을 통하여 nitrile 화합물로 전환되지만 주로 myrosinase에 의해서 가수분해되며 중성 이상의 pH에서 주로 allyl isothiocyanate (AITC)로 전환된다[25,26]. AITC는 끓는점이 150°C인 휘발성 물질이며 항균효과가 잘 알려져 있고 천연조미료의 주요 성분이기 때문에 합성 보존료나 ethanol을 대체하여 사용할 수 있는 물질이다[27]. 뿐만 아니라 식품 외에도 살균제, 훈증살충제 등으로도 이용되고 있다[28]. 실제로 일본에서는 천연추출물로

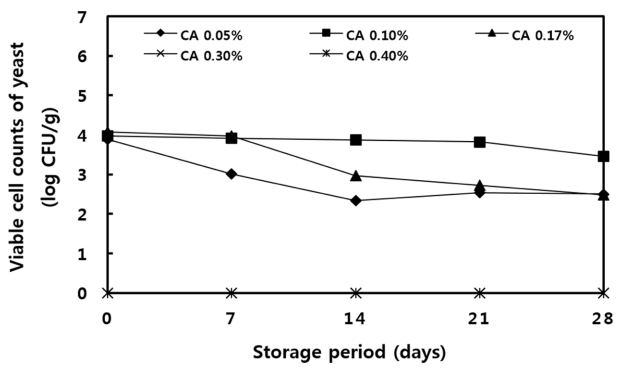

Fig. 6. Viable cell counts of yeast in *Wasabi* pastes added with citric acid (CA) of different concentration.

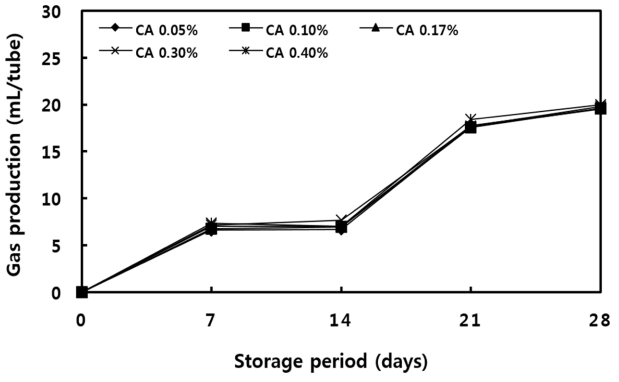

Fig. 7. Gas production of *Wasabi* pastes added with citric acid (CA) of different concentration.

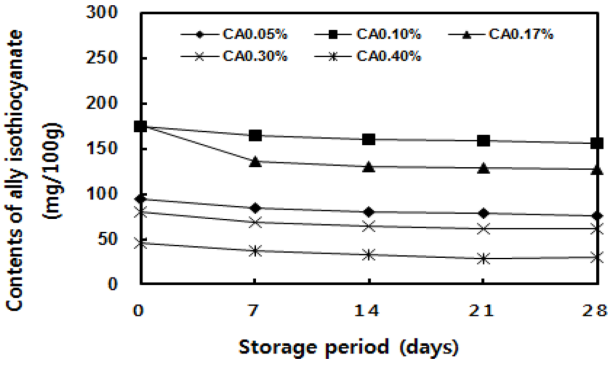

Fig. 8. Contents of allyl isothiocyanate of *Wasabi* pastes added with citric acid (CA) of different concentration.

제한하여 식품보존제로서 AITC의 사용이 허가되어 있다[29]. AITC의 강력한 항균력은 미생물의 유도기를 연장시킴으로써 발휘되며, 항균기작은 AITC에 있는 -NCS(isothiocyanate)가 단백질의 -SH기와 반응하여 단백질 분자를 불활성화시켜 DNA가 손상되어 살균력을 갖는다[27,30].

구연산을 농도별로 첨가하여 제조한 생와사비 제품의 allyl isothiocyanate 함량을 Fig. 8에 나타내었다. AITC 함량은 저장 기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 나타내었고 구연산의 농도가 증가할수록 AITC 함량이 감소하였다. 구연산 첨가량이 가장 높은 CA 0.40% 처리구에서 저장 초기와 저장 28일 후에 각각 45.62±12.78 mg/100 g, 29.72±0.58 mg/100 g로 가장 낮게 나타났다. 이는 Park 등[31]의 연구에서 고추냉이 분말과 페이스트의 저장에 따른 AITC 함량 변화가 감소하는 것과 유사한 경향을 나타내었다. 구연산 처리 농도에 따른 AITC함량의 감소는 sinigrin이 중성이상의 조건에서 AITC로 전환되며, 낮은 pH 조건에서 ally cyanide로 전환된다고 밝힌 Park 등[25]의 내용과 유사한 결과라고 할 수 있다. 또한 Choi 등[32]의 수증기증류 시 분산매의 조성이 냉이의 휘발성 향기성분의 강도 및 정유 회수율에 미치는 영향을 조사한 연구에서 유기산이 일부 휘발성 성분의 강도를 감소시키며 산도가 높을수록 그 효과가 크다는 내용과 일치하는 결과를 보여주었다. 따라서 구연산을 첨가하는 것은 AITC의 함량에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 구연산 첨가에 따른 AITC의 함량은 최소 28.22 mg/100 g에서 최대 175.87 mg/100 g의 함량을 나타내었으며, 이는 Lee 등[21]의 시판 와사비 페이스트 제품의 AITC 함량 24.07~159.76 mg/100 g의 범위와 유사하며, 그 외 이화학적 특징과 큰 차이를 보이지 않아 구연산 첨가에 따른 제품화의 큰 영향은 없을 것으로 생각된다.

국문요약

와사비 페이스트의 저장성 향상을 위하여 구연산을 농도별로 첨가하고 저장기간에 따른 이화학적 및 미생물학적 특성, 가스발생량 및 ally isothiocyanate 함량 변화를 측정하였다. 와사비 페이스트의 pH는 구연산 첨가량에 따라 감소하였으며, CA 0.4%처리구에서 4.34±0.01로 가장 낮게 나타났다. 저장기간 동안 와사비 페이스트의 pH는 4.01-5.19사이로 나타났다. 총산의 함량은 저장 7일까지 유의적인 차이가 나타나지 않았으며 저장 14일 이후 감소하였다. 와사비 페이스트의 가용성 고형분 함량은 구연산 첨가량에 따라 증가하였으며, 저장기간에 따른 유의적 차이를 보이지 않고 저장 28일 후 25.60-29.50 °Brix로 나타났다. 저장기간에 따른 와사비 페이스트의 L값은 감소하였으며, a값과 b값은 증가하는 경향을 나타내다. 일반세균수는 저장기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 나타냈으며, 저장 초기에 2.56±0.09~4.87±0.17 log CFU/g에서 저장 21일 후 CA 0.30%와 CA 0.40% 처리구에서 일반세균이 검출되지 않았다. 효모의 경우 일반세균의 경우와 마찬가지로 저장기간에 따라 감소하는 경향을 나타내었으며, CA 0.30%와 CA 0.40%의 경우 저장 초기부터 28일까지 검출되지 않았다. 이로써 와사비 페이스트에 구연산 0.30% 이상 첨가하면 미생물의 생장이 억제되는 것을 확인할 수 있었다. 가스발생량은 21일 저장 후 가스 발생량의 증가폭이 가장 크게 나타났으며, 저장 28일 후 19.55-19.80 mL/tube로 나타났으며, 구연산 처리농도에 따른 유의성은 나타나지 않았다. Allyl isothiocyanate 함량은 구연산 처리 농도와 저장기간에 따라 감소하였으며, CA 0.40% 처리구에서 저장 초기와 28일 후 각각 45.62±12.78 mg/100 g와 29.72±0.58 mg/100 g로 가장 낮게 측정되었다. 연구 결과 와사비 페이스트에 구연산 0.30%를 첨가하여 제조 시 저장성 향상 효과를 얻을 수 있으며, 이를 통하여 와사비 페이스트의 상온유통 시 유통기한 연장 효과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

References

1. Kim, S.J., Lee, M.K., Back, S.S., Chun, B.S.: Extraction and identification of volatile isothiocyanates from *wasabi* using supercritical carbon dioxide. *Korean J. Biotechnol. Bioeng*. **22**, 174-178 (2007).
2. Sultana, T., Savage, G.P., McNeil, D.L., Porter, N.G., Martin, R.J., Deo, B.: Effects of fertilisation on the allyl isothiocyanate profile of above-ground tissues of New Zealand-grown *wasabi*. *J. Sci. Food Agric.* **82**, 1477-1482 (2002).
3. Yoshida, J., Nomura, S., Nishizawa, N., Ito, Y., Kimura, K.: Glycogen synthase kinases-3β inhibition of 6-(methylsulfinyl) hexyl isothiocyanate derived from *wasabi* (*Wasabia japonica* Matsum). *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **75**, 136-139 (2011).
4. Sung, S.Y., Sin, L.T., Tee, T.T., Bee, S.T., Rahmat, A.R.,

Rahman, W.A., Tan, A.C., Vikhraman, M.: Antimicrobial agents for food packaging applications. *Trends in Food Sci. Technol.* **33**, 110-123 (2013).
5. Kim, Y.S., Ahn, E.S., Shin, D.H.: Extension of shelf life by treatment with allyl isothiocyanate in combination with acetic acid on cooked rice. *J. Food. Sci*. **67**, 274-279 (2002).
6. Chang, S.K., Lee, H.H., Hong, S.I., Han, Y.S.: Effect of organic acid treatment on the quality attributes of buckwheat sprout during storage. *Korean J. Food Sci. Technol*. **42**, 190-197 (2010).
7. Kim, K.S., Han, C.W., Joung, K.H., Lee, S.K., Kim, A.J., Park, W.J.: Quality characteristics of rice noodles with organic acid and thickening agents. *J. Academia-Ind. Technol*. **10**, 1148-1156 (2009).
8. Nha, Y.A., Ryu, Y.K.: Stabilization of chopped garlic quality by the addition of natural preservatives. *J. East Asian Soc. Dietary Life*. **10**, 107-115 (2000).
9. Hong, J.H., An, S.H., Park, G.S., Choi, S.W., Rhee, S.J.: Quality characteristics of mulberry fruit *Seolgidduk* added with citric acid. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci*. **19**, 777-782 (2003).
10. Lim, H.J., Park, S.K., Kim, B.K., Lee, W.K., Min, J.K., Cho, Y.J.: Changes in the quality characteristics of autoclaving on salmon frame with citric acid pretreatment. *JFMSE*. **27**, 973-980 (2015).
11. Mok, C.K.: Suppression of browning of green tea by extraction with organic acids. *Food Eng. Progr.* **6**, 215-221 (2002).
12. Bibiana, G.S., Santiago, P., Aubourg, P.C.M., Jorge, B.V..: Extension of the shelf life of chilled hake (*Merluccius merluccius*) by a novel icing medium containing natural organic acids. *Food Cont*. **34**, 356-363 (2013).
13. Yang, S.T.: Preparation of instant seasoned *Wasabi* and shelf-life extension of its product. *Kyungsung Univ. Bull*. **22**, 445-453 (2001).
14. Kim, I.J., Lee, J.K., Pack, M.H., Shon, D.H.: Preparation method of *meju* by three step fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.* **34,** 536-539 (2002).
15. Sadler, G.O.: Titratable acidity. *In Introduction to the Chemical Analysis of Foods*, Ed. (Nielsen, S.S.). James and Bartlett Publisher, London, UK, pp. 83-94 (1994).
16. Ministry of Food and Drug Safety. 2018. Korea Food Code. Munyoungsa, Seoul, Korea, pp. 456-467.
17. Oh, J.Y., Kim, Y.S., Shin, D.H.: Changes in microorganisms and enzyme activities of low-salted *Kochujang* added with horseradish powder during fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol*. **37**, 463-467 (2005).
18. Lee, M.S., Chung, M.S.: Analysis of volatile flavor components from *Zanthoxylun schinifolium* and sensory evaluation as natural spice. *Korean J. Soc. Food Sci.* **16**, 216-220 (2000).
19. SAS Institute, Inc. 1990. SAS User Guide. ver. 6, Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA.
20. Shin, T.S., Lee, K.W., Kim, S.K., Kang, H.S., Cho, B.W.: Influence of citric acid addition on the qualities of pidan during cold storage. *J. Ior. Dev. Inst*. **6**, 1-5 (2002).
21. Lee, H.K., Kim, D.H., Kim, Y.S.: Quality characteristics and allyl isothiocyanate contents of commercial wasabi paste products. *J. Food Hyg. Saf*. **31**, 426-431 (2016).
22. Cherrington, C.A., Himton, N., Mead, G.C., Chopras I.: Organic acids: Chemistry, antibacterial activity and practical application. Advan. Microbial physiol. **32**, 87-108 (1991).
23. Poli, G., Biondi, P.A., Uberti, F., Ponti, W., Balsari, A., Cantoni, C.: Virucidal activity of organic acids. *Food Chem*. **4**, 250-258 (1979).
24. Shin, D.H., Ahn, E.Y., Kim, Y.S., Oh, J.Y.: Fermentation characteristics of *Kochujang* containing horseradish or mustard. *Korean J. Food Sci. Technol*. **32**, 1350-1357 (2000).
25. Park, Y.Y., Cho, M.S., Park, S., Lee, Y.D., Jeong, B.R., Chung, J.B.: Sinigrin contents in different tissues of *Wasabi* and antimicrobial activity of their water extracts. *Kor. J. Hort. Sci. Technol*. **24**, 480-487 (2006).
26. Cho, Y.S., Park, S.K., Chun, S.S., Park, J.R.: Analysis of isothiocyanates in *Dolsan* leaf mustard (*Brassica juncea*). *Korean J. Diet. Cult*. **8**, 147-151 (1993).
27. Kim, Y.S., Kyung, K.H., Kim, Y.S.: Inhibition of soy sauce film yeast by allyl isothiocyanate and horse-radish powder. *Korean J. Food & Nutr.* **13**, 263-268 (2000).
28. Wu, H., Zhang, G.A., Zeng, S., Lin, K.C.: Extraction of allyl isothiocyanate from horseradish (*Armoracia rusticana*) and its fumigant insecticidal activity on four stored-product pests of paddy. *Pest Manag. Sci*. **65**, 1003-1008 (2009).
29. Ahn, E.S., Kim, J.H., Shin, D.H.: Antimicrobial effects of allyl isothiocyanates on several microorganisms. *Korean J. Food Sci. Technol*. **31**, 206-211 (1999).
30. Banerjee, A., Penna, S., Variyar, P.S.: Allyl isothiocyanate enhances shelf life of minimally processed shredded cabbage. *Food Chem*. **183**, 265-272 (2015).
31. Park, W.K., Yoon, J.H., Choi, C.U.: Effects of ascorbic acid and citric acid on pungency and color of commercial horseradish powder. *J. Korean Soc. Food Nutr.* **21**, 171-174 (1992).
32. Choi, H.S., Lee, M.S.: The effect of dispersion medium on intensity of volatile flavor components and recovery of essential oil from *Capsella Bursa-pastoris* by steam distillation. *Korean J. Food Sci. Technol*. **28**, 827-833 (1996).