pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 31, No. 6, pp. 426~431 (2016)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2016.31.6.426

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

시판 와사비 페이스트 제품의 품질 특성 및 Allyl Isothiocyanate 함량

이효경 · 김도희 · 김용석*
전북대학교 식품공학과

Quality Characteristics and Allyl Isothiocyanate Contents of Commercial Wasabi Paste Products

Hyo-Kyung Lee, Do-Heui Kim, and Yong-Suk Kim*
Department of Food Science & Technology, Chonbuk National University, Jeonju, Jeonbuk 54896, Korea
(Received August 26, 2016/Revised September 12, 2016/Accepted September 28, 2016)

ABSTRACT - To compare the quality characteristics of commercial wasabi paste products, the physicochemical and microbial characteristics of 6 samples were analyzed. In addition, the contents of allyl isothiocyanate, which show unique flavor and antimicrobial activity in wasabi paste products, were compared. pH of commercial 6 wasabi products were ranged from 4.12 ± 0.01 to 4.90 ± 0.01, and titratable acidities of products distributed at cold temperature (CW) were higher 0.60 ± 0.00 ~ 0.77 ± 0.02% than those of products distributed at room temperature (RW). Salinities of RW were higher (4.27 ± 0.06 ~ 7.53 ± 0.12%) than those of CW (2.20 ± 0.00 ~ 3.60 ± 0.10%). Soluble solid and sorbitol contents of RW were higher (33.00 ± 1.00 ~ 44.67 ± 2.08 °Brix, 378.90 ± 63.79 ~ 724.37 ± 7.85 mg%) than those of CW (22.00 ± 1.73 ~ 27.00 ± 1.00 °Brix, 27.67 ± 9.92 ~ 175.31 ± 10.56 mg%), respectively. The viable cell counts of samples were ND ~ 3.65 ± 0.23 log CFU/g without distribution method and packaging type, and yeasts and molds were not detected in 6 wasabi products. Allyl isothiocyanate contents of RW were higher (53.35 ± 0.08 ~ 159.76 ± 0.81 mg%) than those of CW (24.07 ± 7.69 ~ 48.19 ± 0.15 mg%).

Key words : wasabi, shelf-life, allyl isothiocyanate, quality, wasabi paste

와사비(*Wasabi japonica*)는 한랭한 계곡에서 자생하는 십자화과 다년생 식물로 일본이 원산지이며 우리나라에서도 자생하고 있다[1]. 와사비가 식중독 세균, 효모, 곰팡이 등에 대하여 강한 항균 활성 가지고 있는 것은 오래 전부터 보고되어 있으며, 최근 연구에 따르면 와사비의 isothiocyanate 성분은 항암 및 항산화 활성, 혈소판 응집의 억제 활성, 항변이원 활성 등이 있는 것으로 보고되었다[2-5]. 또한 와사비는 매운맛, 단맛 및 독특한 향을 가지고 있어 회, 국수, 육류 등의 조미 향신료로 이용되고, 최근에는 서양요리에도 많이 사용되고 있는 추세이다[6-7].

와사비의 주요 향미 성분은 isothiocyanates이며 이 중 allyl isothiocyanate가 와사비의 정유성분의 약 80%를 차지한다[8]. Allyl isothiocyanate는 조직에 들어있는 glucosinolate 화합물의 한 종류인 sinigrin이 불활성 상태로 존재하다가 조직이 절단되거나 상처를 입으면 조직 중에 있는 myrosinase의 작용으로 가수분해 되어 생성되는 성분으로 독특한 향미를 나타내게 된다[9-12]. 이 성분은 식품의 맛을 향상시켜주고 식욕 및 소화 촉진 작용, 여러 식중독 미생물에 항균 효과를 나타낸다고 보고되었으며, 혈액 응고 억제, 천식 해소, 충치 예방 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있다[13-15]. 이로 인하여 와사비에 대한 국내 수요가 점차 증가되고 있다[16]. 이러한 와사비의 신미성분은 밀폐된 상태에서는 비교적 안정하지만 저장 혹은 가공 중 myrosinase의 활성이 낮아짐에 따라 신미가 점차 감소하고 고미 발생 및 색상 갈변 등 품질이 저하 된다[17].

와사비 제품의 형태는 분말, 액상, 페이스트상으로 나눌 수 있는데, 페이스트상 제품은 즉석으로 섭취할 수 있는 장점이 있으나 저장성이 떨어지는 단점을 가지고 있다. 현재 시중에 유통되고 있는 페이스트상 와사비 제품은 냉장 또는 냉동보관의 형태로 5~6개월 정도의 짧은 유통기한을 가지고 있어 소비자의 기호를 충족시키지 못할 뿐만 아니라 유통에 따른 비용이 발생하고 있다.

따라서 본 연구에서는 시판 페이스트상 와사비 제품의 품

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

질 특성을 비교하기 위하여 이화학적 및 미생물적 특성, 그리고 와사비의 주요 향미 성분으로서 항균 활성을 나타내는 allyl isothiocyanate 함량을 분석하였다.

Materials and Methods

시료

시판 와사비 페이스트 제품의 이화학적, 미생물적 특성 및 allyl isothiocyanate 함량을 분석하기 위하여 2015년 3월에 전북 전주지역 마트에서 시판되고 있는 와사비 페이스트 제품 6종(Table 1)을 구입하여 시험용으로 사용하였다.

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[18].

총산 함량은 시료 5 g을 취해 증류수 45 mL를 가한 후 충분히 균질화하여 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.3이 될 때까지 적정하였고, 구연산(citric acid)의 양으로 환산하여 산출하였다[19].

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.

Table 1. Commercial wasabi paste products for quality characteristics analysis

Samples	Distribution method	Container type	Packaging material
CW1	distributed at cold temperature	750 g pouch	polyethylene
CW2	distributed at cold temperature	750 g pouch	polyethylene
RW1	distributed at room temperature	43 g tube	polyethylene
RW2	distributed at room temperature	40 g tube	polyethylene
RW3	distributed at room temperature	43 g tube	polyethylene
RW4	distributed at room temperature	100 g tube	polyethylene

Sorbitol 함량

시료 5 g을 균질기에 넣고 80% ethanol 20 mL를 가하여 균질화시킨 다음 삼각플라스크에 취하고 80% ethanol (v/v) 80 mL를 가하여 80°C에서 1시간 환류냉각 추출한 후 냉각하여 여과하였다. 여액은 감압회전농축기(EYELA, N-1110, Tokyo Rikakikai Co. Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 완전히 에탄올을 휘발시켜 농축하고 3차 증류수를 이용하여 10 mL로 정용한 후 sep-pak C18 cartridge (Waters, Milford, MA, USA)로 색소 및 단백질성분을 제거하였고, 0.22 μm syringe filter (Futecs Co., Daejeon, Korea)로 여과한 액을 HPLC (Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 정량하였다. Sorbitol 분석을 위한 컬럼은 Shodex Asahipak NH2P-50 4E (4.6 mm × 250 mm)를 사용하였고, 컬럼 온도는 35°C, 유속은 1.0 mL/min, 이동상은 75% acetonitrile, 검출기는 RI detector를 사용하여 분석하였다[20,21].

알코올 함량

산화환원적정법[22]에 준하여 250 mL 둥근바닥 플라스크에 시료 10 g과 탄산칼슘($CaCO_3$) 1 g 및 증류수 150 mL를 가하고 100 mL 매스플라스크를 사용하여 수증기증류법으로 추출하였다. 증류액이 매스플라스크의 목선에 이르면 수기를 장치에서 분리하여 100 mL로 정용하였다. 이 증류액 10 mL를 250 mL 삼각플라스크에 취한 후 0.2 N 중크롬산칼륨($K_2Cr_2O_7$) 용액 10 mL를 가하고 다시 진한 황산(H_2SO_4) 10 mL를 조용히 가하여 뚜껑을 닫고 반응시켰다. 증류수 100 mL와 8% 요오드화칼륨(KI) 용액 6.5 mL를 가하고, 1% 전분용액 1 mL를 가한 후 즉시 0.1 N 티오황산나트륨($Na_2S_2O_3$) 용액으로 적정한 후 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\text{알코올 함량(wt\%)} = 2.3 \times (10 - H/2 \times F) \div \text{시료량(g)}$$

H : 0.1 N 티오황산나트륨($Na_2S_2O_3$) 용액의 소요량(mL)
F : 0.1 N 티오황산나트륨($Na_2S_2O_3$) 용액의 factor

미생물 수

미생물 수는 식품공전[23]에 준하여 일반세균, 혐기성균, 효모 및 곰팡이를 측정하였다. 시료 10 g을 멸균된 peptone water 90 mL와 혼합하여 1 min 동안 stomacher (BAGMIXER 400, Interscience, St. Nom., France)를 이용하여 균질화 하였다. 각각의 시험용액 1 mL와 10배 단계 희석액 1 mL를 이용하여 무균적으로 분주하고 일반세균과 혐기성균은 plate count agar (Becton, Dickinson and Co., Le Pont de Claix, France), 효모와 곰팡이는 potato dextrose agar (Becton, Dickinson and Co., France)를 잘 혼합하여 응고시켜 배양하였다. 배양 후 총 미생물수는 log CFU/g으로 표시하였다.

Table 2. Analysis condition of GC for allyl isothiocyanate in wasabi paste products

Items	Operating conditions
Model	GC (Shimadzu GC-2010, Japan)
Column	INNOWAX capillary column (30 m × 0.32 mm id, 0.25 μm film thickness)
Detector	FID
Column temp.	50°C - 5°C/min - 100°C - 10°C/min - 200°C (2 min)
Injector temp.	180°C
Detector temp.	250°C
Carrier gas	N_2 (flow rate : 2.3 mL/min)

Allyl isothiocyanate 함량

시료 50 g에 500 mL의 증류수를 가한 다음 수증기증류 장치를 이용하여 2시간 동안 추출하였다. 추출하여 얻은 액은 n-hexane을 이용하여 정유층을 분리하였으며, 정유층에 섞여있는 수분을 제거하기 위해 sodium sulfate 층을 통과시킨 후 50 mL로 정용하여 순수한 정유를 얻었다[24]. 정유는 4°C 냉장고에서 보관하면서 분석에 사용하였다. 표준품은 allyl isothiocyanate (Fluka, Buchs, Switzerland)를 사용하였고, gas chromatography를 이용한 분석조건은 Table 2와 같다.

통계 처리

통계분석은 SAS (Statistical analysis system) 통계 package[25]를 이용하여 평균 및 표준편차를 구하였으며, ANOVA 분석 및 Duncan's multiple range test로 유의성을 검정하였다.

Results and Discussion

이화학적 특성

시판 와사비 페이스트 제품의 pH, 총산 함량, 염도, 가용성 고형분 함량 및 색도를 측정한 결과는 Table 3과 같다.

시판 와사비 페이스트 제품의 pH는 4.12 ± 0.01 ~ 4.90 ± 0.01 범위에 있었으며, 상온유통 제품 중 RW2에서 4.12 ± 0.01로 가장 낮았고 RW4에서 4.90 ± 0.01로 가장 높았다. 냉장유통 제품인 CW1과 CW2의 pH는 각각 4.43 ± 0.01, 4.34 ± 0.01로서 상온유통 제품과 유사한 pH를 나타내었다.

총산 함량은 0.22 ± 0.01 ~ 0.77 ± 0.02% 범위에 있었으며, 냉장유통 제품인 CW1과 CW2에서 각각 0.60 ± 0.00%, 0.77 ± 0.02%로 상온유통 제품(0.22 ± 0.01 ~ 0.63 ± 0.00%)보다 대체로 높은 값을 나타내었다. 유기산 첨가는 pH를 저하시켜 식품에 저장성을 부여하며[26], 실험에 사용한 시판 와사비 제품에서도 표기사항에 따르면 구연산 등 산도조절제를 첨가하여 총산 함량이 높게 나타났다.

냉장유통 제품인 CW1과 CW2의 염도는 각각 3.60 ± 0.10%, 2.20 ± 0.00%로 낮았고, 상온유통 제품(RW1~4)에서는 4.27 ± 0.06 ~ 7.53 ± 0.12%로 냉장유통 제품에 비해 높았다. 이는 상온유통 제품의 저장성 확보를 위하여 많은 양의 식염을 첨가했기 때문인 것으로 생각된다[27]. CW1 및 CW2 제품의 경우 염도는 비교적 낮았으나 총산 함량이 높았고, RW3 제품의 경우 염도는 7.53 ± 0.12%로서 가장 높았으나 총산 함량은 0.22 ± 0.01%로 가장 낮았으며, 나머지 제품의 경우 총산 함량과 염도가 각각 0.52 ± 0.01 ~ 0.63 ± 0.00%, 4.27 ± 0.06 ~ 4.93 ± 0.12% 범위로서 중간 정도의 값을 나타냈다. 따라서 제품에 따라 산도조절제 또는 식염을 첨가하여 와사비 제품의 저장성을 확보한 것으로 추정된다.

와사비 페이스트 제품의 가용성 고형분 함량은 상온유통 제품(RW1-4)에서 33.00 ± 1.00 ~ 44.67 ± 2.08 °Brix로 나타나 냉장유통 제품(CW1~2)의 22.00 ± 1.73 ~ 27.00 ± 1.00 °Brix 보다 높게 나타났다.

색도는 냉장유통 제품인 CW1과 CW2의 L값은 각각 56.62 ± 0.01, 51.76 ± 0.00으로 가장 밝은 색을 나타내었고, a값은 각각 −5.11 ± 0.01, −7.72 ± 0.07으로 상온유통 와사비(RW1~4)보다 진한 녹색을 나타내었다. b값은 냉장유통 제품인 CW1과 CW2에서 각각 19.36 ± 0.01, 21.40 ± 0.02로

Table 3. pH, titratable acidity, salinity, soluble solid contents, and color values of commercial wasabi paste products

Samples	pH	Titratable acidity (%)	Salinity (%)	Soluble solid contents (°Brix)	Color		
					L	a	b
CW1[1)]	4.43 ± 0.01[2)c3)]	0.60 ± 0.00[c]	3.60 ± 0.10[d]	22.00 ± 1.73[e]	56.62 ± 0.01[a]	−5.11 ± 0.01[e]	19.36 ± 0.01[b]
CW2	4.34 ± 0.01[d]	0.77 ± 0.02[a]	2.20 ± 0.00[e]	27.00 ± 1.00[d]	51.76 ± 0.00[b]	−7.72 ± 0.07[f]	21.40 ± 0.02[a]
RW1	4.64 ± 0.00[b]	0.52 ± 0.01[d]	4.27 ± 0.06[c]	34.00 ± 2.65[c]	40.87 ± 0.03[d]	−4.02 ± 0.03[d]	15.15 ± 0.02[e]
RW2	4.12 ± 0.01[f]	0.63 ± 0.00[b]	4.93 ± 0.12[b]	44.67 ± 2.08[a]	29.20 ± 0.02[f]	−3.13 ± 0.06[b]	13.65 ± 0.01[f]
RW3	4.25 ± 0.03[e]	0.22 ± 0.01[e]	7.53 ± 0.12[a]	41.33 ± 1.53[b]	37.53 ± 0.01[e]	−2.77 ± 0.00[a]	18.08 ± 0.01[c]
RW4	4.90 ± 0.01[a]	0.53 ± 0.01[d]	4.87 ± 0.12[b]	33.00 ± 1.00[c]	47.47 ± 0.02[c]	−3.61 ± 0.02[c]	15.37 ± 0.02[d]

[1)]See footnote on Table 1.
[2)]Values are mean ± S.E. Values are mean of triplicates.
[3)]Means with the different superscripts in a column are significantly different ($p < 0.05$).

Table 4. Contents of sorbitol and ethyl alcohol in commercial wasabi paste products

Samples	Sorbitol (mg%)	Ethyl alcohol (%)
CW1[1)]	27.67 ± 9.92[2)e3)]	0.04 ± 0.01[ab]
CW2	175.31 ± 10.56[d]	0.04 ± 0.00[bc]
RW1	724.37 ± 7.85[a]	0.03 ± 0.00[c]
RW2	431.10 ± 27.73[c]	0.04 ± 0.00[a]
RW3	572.21 ± 10.54[b]	0.02 ± 0.00[c]
RW4	378.90 ± 63.79[cd]	0.04 ± 0.00[a]

[1)]See footnote on Table 1.
[2)]Values are mean ± S.E. Values are mean of triplicates.
[3)]Means with the different superscripts in a column are significantly different ($p < 0.05$).

Table 5. Viable cell counts of commercial wasabi paste products

(Unit : log CFU/g)

Samples	Aerobic bacteria	Anaerobic bacteria	Yeast	Mold
CW1[1)]	3.00 ± 0.15[2)ab3)]	3.80 ± 0.07[a]	ND[4)]	ND
CW2	ND[c]	ND[d]	ND	ND
RW1	2.69 ± 0.22[b]	2.60 ± 0.11[c]	ND	ND
RW2	ND[c]	ND[d]	ND	ND
RW3	2.85 ± 0.12[b]	ND[d]	ND	ND
RW4	3.65 ± 0.23[a]	3.10 ± 0.35[b]	ND	ND

[1)]See footnote on Table 1.
[2)]Values are mean ± S.E. Values are mean of triplicates.
[3)]Means with the different superscripts in a column are significantly different ($p < 0.05$).
[4)]Not detected.

높게 나타났다. 한편 제품의 표기사항에 따르면 RW3 제품을 제외한 다른 제품들의 경우 착색제를 첨가하여 색도를 조정하였다(data not shown).

Sorbitol 및 에탄올 함량

시판 와사비 페이스트 제품의 sorbitol 및 에탄올 함량은 Table 4와 같다.

Sorbitol 함량은 상온유통 제품에서 378.90 ± 63.79 ~ 724.37 ± 7.85 mg%로 냉장유통 제품인 CW1 (27.67 ± 9.92 mg%), CW2 (175.31 ± 10.56 mg%)에 비해 유의적으로 높은 함량을 나타내었다. 제품의 표기사항에 따르면 함량이 다른 제품에 비해 현저히 낮게 검출된 CW1 제품을 제외한 다른 제품에는 sorbitol이 첨가되어 있었다. Sorbitol은 mannitol, 설탕 등 다른 당류에 비해 미생물의 증식을 억제하는 효과 더 크고[28)], 식품에 청량감을 부여하기 때문에 식품첨가물로 사용된다[29)].

와사비 제품의 에탄올 함량은 0.02 ± 0.00 ~ 0.04 ± 0.00% 범위에 있었으며, 상온유통 제품인 RW3에서 0.02 ± 0.00%로 가장 낮게 나타났다. 그러나 에탄올은 그 함량으로 보아 제품의 유통 중 자연발생적으로 생성된 것으로 추정된다.

Table 6. Contents of allyl isothiocyanate in commercial wasabi paste products

(Unit : mg%)

Samples	Allyl isothiocyanate
CW1[1)]	48.19 ± 0.15[2)d3)]
CW2	24.07 ± 7.69[e]
RW1	74.59 ± 0.81[c]
RW2	159.76 ± 0.81[a]
RW3	97.78 ± 0.37[b]
RW4	53.35 ± 0.08[d]

[1)]See footnote on Table 1.
[2)]Values are mean ± S.E. Values are mean of triplicates.
[3)]Means with the different superscripts in a column are significantly different ($p < 0.05$).

미생물학적 특성

시판 와사비 제품의 미생물 분석 결과는 Table 5와 같다. 일반세균 수는 파우치형태로 제조된 냉장유통 제품과 튜브형태로 제조된 상온유통 제품에서 유통방법 또는 포장형태와 관계없이 ND~3.65 ± 0.23 log CFU/g 범위에 있었다. 혐기성균 수는 일반세균의 경우와 마찬가지로 유통 방법 및 포장형태에 따른 차이를 보이지 않았으며, ND~3.80 ± 0.07 log CFU/g 범위에 있었다. 효모와 곰팡이는 모든 시료에서 검출되지 않았다.

Allyl isothiocyanate 함량

와사비는 생선의 비린내를 없애주면서 그 맛을 상승시키는 작용과 함께 항균 효과도 가지고 있어 생선회 섭취 시 중요한 향신료로서 많이 애용되고 있다[30,31)]. 와사비에서 추출한 정유 중 allyl isothiocyanate는 약 80%를 차지하며, 항균활성을 나타내는 주성분인 것으로 알려져 있다[8)].

시판 와사비 페이스트 제품의 allyl isothiocyanate 함량은 Table 6과 같다. 상온유통 제품인 RW1~4의 allyl isothiocyanate 함량은 53.35 ± 0.08 ~ 159.76 ± 0.81 mg% 범위로 냉장유통 제품인 CW1 (48.19 ± 0.15 mg%) 및 CW2 (24.07 ± 7.69 mg%)보다 높았다. 특히 RW2 제품의 allyl isothiocyanate 함량은 159.76 ± 0.81 mg%로서 다른 제품(24.07 ± 7.69 ~ 74.59 ± 0.81 mg%)보다 유의적으로 높은 것으로 나타났다. 상온유통 제품의 allyl isothiocyanate 함량이 높은 것은 저장성과 보존성을 위하여 냉장유통 제품보다 와사비를 더 많이 첨가하였기 때문인 것으로 추정된다.

동결건조한 와사비의 뿌리에서 초임계유체법에 의해 추출한 allyl isothiocyanate의 함량은 368 mg/100 g solid 이었다[32)]. Allyl isothiocyanate의 *Salmonella*와 *Listeria monocytogenes*에 대한 최소억제농도(MIC)와 최소살균농도(MBC)

는 37°C에서 각각 60-100 ppm 및 120-180 ppm이었다[4]. 따라서 본 연구에서 분석한 시판 와사비 제품에는 이들 식중독 미생물의 증식을 억제하기에 충분한 allyl isothiocyanate가 함유되어 있는 것으로 생각되었다.

국문요약

시판 와사비 페이스트 제품의 품질 특성을 비교하기 위하여 이화학적 및 미생물적 특성, 그리고 와사비의 주요 향미 성분으로서 항균 활성을 나타내는 allyl isothiocyanate 함량을 분석하였다. 와사비 제품의 pH는 4.12 ± 0.01 ~ 4.90 ± 0.01 범위에 있었고, 총산 함량은 0.22 ± 0.01 ~ 0.77 ± 0.02% 범위에 있었으며, 냉장유통 제품(CW1, CW2)이 상온유통 제품보다 대체로 높은 값을 나타내었다. 상온유통 제품(RW1~4)의 염도는 4.27 ± 0.06 ~ 7.53 ± 0.12%로 냉장유통 제품에 비해 높았다. 가용성 고형분 함량은 상온유통 제품(RW1~4)에서 33.00 ± 1.00 ~ 44.67 ± 2.08 °Brix로 나타나 냉장유통 제품(CW1~2)의 22.00 ± 1.73 ~ 27.00 ± 1.00 °Brix보다 높게 나타났다. Sorbitol 함량은 상온유통 제품에서 378.90 ± 63.79 ~ 724.37 ± 7.85 mg%로 냉장유통 제품에 비해 유의적으로 높은 함량을 나타내었다. 일반세균 수는 유통방법 또는 포장형태와 관계없이 ND~3.65 ± 0.23 log CFU/g 범위에 있었으며, 효모와 곰팡이는 모든 시료에서 검출되지 않았다. 상온유통 제품(RW1~4)의 allyl isothiocyanate 함량은 53.35 ± 0.08 ~ 159.76 ± 0.81 mg% 범위로 냉장유통 제품(CW1 48.19 ± 0.15 mg%, CW2 24.07 ± 7.69 mg%)보다 높았다.

References

1. Byeon, H.S., Heo, S.J., Lim, S.J., Seo, J.S.: Variation of growth and allyl isothiocyanate contents of *Wasabia japonica* Matsum. cultivar. *Korean J. Medicinal Crop. Sci.* **10**, 181-184 (2002).
2. Lee, Y.S.: Anti-oxidant effect of *Wasabia japonica* extracts. *Kor. J. Oriental Prev. Med. Soc.* **12**, 119-126 (2008).
3. Shin, I.S., Lee, J.M.: Study on antimicrobial and antimutagenic activity of horseradish (*Wasabia japonica*) root extracts. *J. Korean Fish. Soc.* **31**, 835-841 (1998).
4. Olaimat, A.N., Holley, R.A.: Effects of changes in pH and temperature on the inhibition of *Salmonella* and *Listeria monocytogenes* by allyl isothiocyanate. *Food Cont.* **34**, 414-419 (2013).
5. Yoo, M.J., Kim, Y.S., Shin, D.H.: Antibacterial effects of natural essential oils from various spices against *Vibrio* species and their volatile constituents. *Korean J. Food Sci. Technol.* **38**, 438-443 (2006).
6. 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).
7. 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).
8. Choi, K.Y., Lee, Y.B., Cho, Y.Y.: Allyl-isothiocyanate content and physiological responses of *Wasabia japonica* Matusum as affected by different EC levels in hydroponics. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* **29**, 311-316 (2011).
9. Chin, H.W., Lindsay, R.C.: Volatile sulfur compounds formed in disrupted tissues of different cabbage cultivars. *J. Food Sci.* **58**, 835-839 (1993).
10. Ohtsuru, M., Kawatani, H.: Studies on the myrosinase from *Wasabia japonica*: purification and some properties of *wasabi* myrosinase. *Agric. Biol. Chem.* **43**, 2249-2255 (1979).
11. Eileen, Y.Y., Pickering, I.J., George, G.N., Prince, R.C.: In situ observation of generation of isothiocyanates from sinigrin in horseradish and *wasabi*. *Biochimica et Biophysica Acta*. **1527**, 156-160 (2001).
12. Ghawi, S.K., Shen, Y., Niranjan, K., Methven, L.: Consumer acceptability and sensory profile of cooked broccoli with mustard seeds added to improve chemoprotective properties. *J. Food Sci.* **79**, S1756-S1762 (2014).
13. 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).
14. 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).
15. 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).
16. Kim, H.M., Eun, J.S., Rha, E.S.: Effect of temperature and shading on the growth and major disease incidence of *wasabi* (*Eutrema wasabi* Matsum.) *J. Bio. Fac. Env.* **4**, 240-245 (1995).
17. 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).
18. 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).
19. 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).
20. Jung, B.M., Han, K.A., Shin, T.S.: Food components of different parts of *Cheonnyuncho (Opuntia humifusa)* harvested from *Yeosu*, *Jeonnam* in Korea. *J. Soc. Food Sci. Nutr.* **40**, 1271-1278 (2011).
21. Grembecka, M., Lebiedzinska, A., Szefer, P.: Simultaneous separation and determination of erythritol, xylitol, sorbitol, mannitol, maltitol, fructose, glucose, sucrose and maltose in

food products by high performance liquid chromatography coupled to charged aerosol detector. *Microchem. J.* **117**, 77-82 (2014).
22. Shin, D.H., Kim, D.H., Choi, U., Lim, M.S., An, E.Y.: Effect of red pepper varieties on the physicochemical characteristics of traditional *kochujang* during fermentation. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.*, **26**, 1044-1049 (1997).
23. Ministry of Food and Drug Safety: Korea Food Code. Munyoungsa, Seoul, Korea, pp. 456-467 (2015).
24. 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).
25. SAS Institute, Inc.: SAS User Guide. ver. 6. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA (1990).
26. Rahman M.S.: pH in food preservation. *In Handbook of Food Preservation*, 2nd Ed. (Rahman M.S.) CRC Press, New York, pp. 289-292 (2007).
27. Byun, O.H., Park, J.M., Park, Y.S., Bai, D.H.: Analysis of microflora and volatile flavor components in traditional *gochujang* with different concentrations of salt during fermentation. *Food Eng. Prog.* **18**, 282-292 (2014).
28. Buchanan, R.L., Bagi, L.K.: Effect of water activity and humectant identify on the growth kinetics of *Escherichia coli* O157:H7. *Food Microbiol.* **14**, 413-423 (1997).
29. Shin, D.H., Kim, D.S., Kim, Y.S.: Food Additives. Public Health Edu, Seoul, Korea. pp. 60-61 (2014).
30. Shin, I.S., Lee, J.M.: Study on antimicrobial and antimutagenic activity of horseradish (*Wasabia japonica*) root extracts. *J. Korean Fish. Sci.* **31**, 835-841 (1998).
31. 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).
32. Li, L., Lee, W., Lee W.J., Auh, J.H., Kim, S.S., Yoon, J.: Extraction of allyl isothiocyanate from wasabi (*Wasabia japonica* Matsum) using supercritical carbon dioxide. *Food Sci. Biotechnol.* **19**, 405-410 (2010).