

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 $0.60 \pm 0.00 \sim 0.77 \pm 0.02\%$ than those of products distributed at room temperature (RW). Salinities of RW were higher ($4.27 \pm 0.06 \sim 7.53 \pm 0.12\%$) than those of CW ($2.20 \pm 0.00 \sim 3.60 \pm 0.10\%$). Soluble solid and sorbitol contents of RW were higher ($33.00 \pm 1.00 \sim 44.67 \pm 2.08^\circ\text{Brix}$, $378.90 \pm 63.79 \sim 724.37 \pm 7.85 \text{ mg}\%$) than those of CW ($22.00 \pm 1.73 \sim 27.00 \pm 1.00^\circ\text{Brix}$, $27.67 \pm 9.92 \sim 175.31 \pm 10.56 \text{ mg}\%$), respectively. The viable cell counts of samples were $\text{ND} \sim 3.65 \pm 0.23 \text{ log CFU/g}$ without distribution method and packaging type, and yeasts and molds were not detected in 6 wasabi products. Allyl isothiocyanate contents of RW were higher ($53.35 \pm 0.08 \sim 159.76 \pm 0.81 \text{ mg}\%$) than those of CW ($24.07 \pm 7.69 \sim 48.19 \pm 0.15 \text{ mg}\%$).

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

와사비(*Wasabi japonica*)는 한랭한 계곡에서 자생하는 십자화과 다년생 식물로 일본이 원산지이며 우리나라에서도 자생하고 있다¹⁾. 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 보고되었다²⁻⁵⁾. 또한 와사비는 매운맛, 단맛 및 독특한 향을 가지고 있어 회, 국수, 육류 등의 조미 향신료로 이용되고, 최근에는 서양요리에도 많이 사용되고 있는 추세이다⁶⁻⁷⁾.

와사비의 주요 향미 성분은 isothiocyanates이며 이 중 allyl isothiocyanate가 와사비의 정유성분의 약 80%를 차지한다⁸⁾. 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 된다⁹⁻¹²⁾. 이 성분은 식품의 맛을 향상시켜 주고 식욕 및 소화 촉진 작용, 여러 식중독 미생물에 항균 효과를 나타낸다고 보고되었으며, 혈액 응고 억제, 천식 해소, 충치 예방 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있다¹³⁻¹⁵⁾. 이로 인하여 와사비에 대한 국내 수요가 점차 증가되고 있다¹⁶⁾. 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 된다¹⁷⁾.

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 향균 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 측정하였다¹⁸⁾.

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 산출하였다¹⁹⁾.

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.

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 (Futechs 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

산화환원적정법²²⁾에 준하여 250 mL 둥근바닥 플라스크에 시료 10 g과 탄산칼슘(CaCO₃) 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(K₂Cr₂O₇) 용액 10 mL를 가하고 다시 진한 황산(H₂SO₄) 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(Na₂S₂O₃) 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(Na₂S₂O₃) 용액의 소요량(mL)

F : 0.1 N 티오황산나트륨(Na₂S₂O₃) 용액의 factor

미생물 수

미생물 수는 식품공전²³⁾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 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

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 얻었다²⁴. 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 package²⁵를 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 측정된 결과는 Table 3과 같다.

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

총산 함량은 $0.22 \pm 0.01 \sim 0.77 \pm 0.02\%$ 범위에 있었으며, 냉장유통 제품인 CW1과 CW2에서 각각 $0.60 \pm 0.00\%$, $0.77 \pm 0.02\%$ 로 상온유통 제품($0.22 \pm 0.01 \sim 0.63 \pm 0.00\%$)보다 대체로 높은 값을 나타내었다. 유기산 첨가는 pH를 저하시켜 식품에 저장성을 부여하며²⁶, 실험에 사용한 시판 와사비 제품에서도 표기사항에 따르면 구연산 등 산도조절제를 첨가하여 총산 함량이 높게 나타났다.

냉장유통 제품인 CW1과 CW2의 염도는 각각 $3.60 \pm 0.10\%$, $2.20 \pm 0.00\%$ 로 낮았고, 상온유통 제품(RW1~4)에서는 $4.27 \pm 0.06 \sim 7.53 \pm 0.12\%$ 로 냉장유통 제품에 비해 높았다. 이는 상온유통 제품의 저장성 확보를 위하여 많은 양의 식염을 첨가했기 때문인 것으로 생각된다²⁷. CW1 및 CW2 제품의 경우 염도는 비교적 낮았으나 총산 함량이 높았고, RW3 제품의 경우 염도는 $7.53 \pm 0.12\%$ 로서 가장 높았으나 총산 함량은 $0.22 \pm 0.01\%$ 로 가장 낮았으며, 나머지 제품의 경우 총산 함량과 염도가 각각 $0.52 \pm 0.01 \sim 0.63 \pm 0.00\%$, $4.27 \pm 0.06 \sim 4.93 \pm 0.12\%$ 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 $33.00 \pm 1.00 \sim 44.67 \pm 2.08$ °Brix로 나타나 냉장유통 제품(CW1~2)의 $22.00 \pm 1.73 \sim 27.00 \pm 1.00$ °Brix보다 높게 나타났다.

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

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⁾	$4.43 \pm 0.01^{2)c3}$	0.60 ± 0.00^c	3.60 ± 0.10^d	22.00 ± 1.73^e	56.62 ± 0.01^a	-5.11 ± 0.01^c	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^e	40.87 ± 0.03^d	-4.02 ± 0.03^d	15.15 ± 0.02^c
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^c	0.22 ± 0.01^c	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^e	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)k3)}	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 크고²⁸⁾, 식품에 청량감을 부여하기 때문에 식품첨가물로 사용된다²⁹⁾.

와사비 제품의 에탄올 함량은 0.02 ± 0.00 ~ 0.04 ± 0.00% 범위에 있었으며, 상온유통 제품인 RW3에서 0.02 ± 0.00%

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

Samples	Allyl isothiocyanate (Unit : mg%)
CW1 ¹⁾	48.19 ± 0.15 ^{2)k3)}
CW2	24.07 ± 7.69 ^c
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 ($p < 0.05$).

로 가장 낮게 나타났다. 그러나 에탄올은 그 함량으로 보아 제품의 유통 중 자연발생적으로 생성된 것으로 추정된다.

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 있다⁸⁾.

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 이었다³²⁾. Allyl isothiocyanate의 *Salmonella*와 *Listeria monocytogenes*에 대한 최소억제농도(MIC)와 최소살균농도(MBC)

는 37°C에서 각각 60-100 ppm 및 120-180 ppm이었다⁴⁾. 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 $4.12 \pm 0.01 \sim 4.90 \pm 0.01$ 범위에 있었고, 총산 함량은 $0.22 \pm 0.01 \sim 0.77 \pm 0.02\%$ 범위에 있었으며, 냉장유통 제품(CW1, CW2)이 상온유통 제품보다 대체로 높은 값을 나타내었다. 상온유통 제품(RW1~4)의 염도는 $4.27 \pm 0.06 \sim 7.53 \pm 0.12\%$ 로 냉장유통 제품에 비해 높았다. 가용성 고형분 함량은 상온유통 제품(RW1~4)에서 $33.00 \pm 1.00 \sim 44.67 \pm 2.08$ °Brix로 나타나 냉장유통 제품(CW1~2)의 $22.00 \pm 1.73 \sim 27.00 \pm 1.00$ °Brix보다 높게 나타났다. Sorbitol 함량은 상온유통 제품에서 $378.90 \pm 63.79 \sim 724.37 \pm 7.85$ mg%로 냉장유통 제품에 비해 유의적으로 높은 함량을 나타내었다. 일반세균 수는 유통방법 또는 포장형태와 관계없이 $ND \sim 3.65 \pm 0.23$ log CFU/g 범위에 있었으며, 효모와 곰팡이는 모든 시료에서 검출되지 않았다. 상온유통 제품(RW1~4)의 allyl isothiocyanate 함량은 $53.35 \pm 0.08 \sim 159.76 \pm 0.81$ 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-3 β , 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 *Cheonmyuncho* (*Opuntia humifusa*) harvested from Yeosu, Jeonnam in Korea. *J. Soc. Food Sci. Nutr.* **40**, 1271-1278 (2011).
21. Grembecka, M., Lebidzinska, 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 *gochujang* during fermentation. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.*, **26**, 1044-1049 (1997).
 23. Ministry of Food and Drug Safety: Korea Food Code. Munkyungsa, Seoul, Korea, pp. 456-467 (2015).
 24. Lee, M.S., Chung, M.S.: Analysis of volatile flavor components from *Zanthoxylum 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).