

감칠맛 식품 소재가 *Kokumi* 맛 감지 칼슘수용체에 미치는 효과

김이슬 · 김은영* · †류미라**

한국식품연구원 연구원, *한양여자대학교 식품영양과 조교수, **한국식품연구원 책임연구원

Umami Taste-Yielding Food Materials on Calcium-Sensing Receptor, a *Kokumi* Taste Receptor

Yiseul Kim, Eun-Young Kim* and †Mee-Ra Rhyu**

Researcher, Korea Food Research Institute, Wanju 55365, Korea

*Assistant Professor, Dept. of Food and Nutrition, Hanyang Women's University, Seoul, 04763, Korea

**Principal Researcher, Korea Food Research Institute, Wanju 55365, Korea

Abstract

Umami taste-yielding foods, such as, *Joseonganjang*, dried anchovies, dried shiitake, dried *Konbu* (kelp), and *Yukjeot*, are widely used in the Korean cuisine as soup base. While *Umami* taste enhancement related to *Kokumi* taste substances has been proposed in human sensory studies, the potential action of *Kokumi* taste substances has not been explored on calcium-sensing receptors (CaSR), here referred to as *Kokumi* taste receptors. In this study, we investigated the effect of *Umami* taste-yielding foods on *Kokumi* taste receptors using cells expressing human CaSR. We monitored the temporal changes in intracellular Ca^{2+} in HEK293T cells expressing CaSR in response to aqueous extract of *Joseonganjang*, dried anchovies, dried shiitake, dried *Konbu*, and *Yukjeot*. *Kokumi* substances tested-glutathione and γ -Glu-Val-Gly- evoked intracellular Ca^{2+} influx in a concentration-dependent manner. A similar increment of intracellular Ca^{2+} influx was induced by *Joseonganjang*, *Yukjeot*, and dried anchovies, but not by dried shiitake and dried *Konbu*. Only *Joseonganjang*- and *Yukjeot*-evoked intracellular Ca^{2+} influx was significantly reduced by NPS 2143, a CaSR-specific antagonist. These data indicated that some *Umami* substances/*Umami*-yielding materials could activate CaSR, but this property was not observed for all the *Umami* tasting substances.

Key words: *Kokumi*, *Umami*, taste, calcium sensing receptor, *Joseonganjang*, *Yukjeot*

서론

우리나라의 음식문화는 밥과 국이 기본이 되는 탕반문화로 국은 상차림에 기본이 되는 음식이다. 국, 탕류, 찌개 등의 국물 음식을 조리할 때는 주재료와 함께 소금이나 조식간장 등을 이용하여 간을 하나, 조식간장, 말린 멸치, 육젓, 표고버섯, 다시마 등의 다양한 식재료를 이용하여 조미용 국물을 만들어 맛을 더하기도 하였다(Huh 등 2017).

예로부터 우리나라에서 음식에 맛을 더해주는 조미용으로 사용한 재료 중 하나인 다시마의 경우, 1908년 다시마 삶은 국물에서 분리된 대표적인 향미증진제 중 하나인 글루탐

산나트륨(monosodium l-glutamate, MSG)이 밝혀졌고, MSG의 맛을 umami(감칠맛)로 표현하면서, 다시마가 국물의 감칠맛 물질로 밝혀졌다(Ikeda K 2002). 그 이후 현재까지 다양한 식품 소재에서 다양한 종류의 향미증진제가 밝혀졌으며, 이중 MSG, inosine monophosphate(IMP), guanine monophosphate(GMP) 등은 다시마, 버섯, 가다랭어포 등에 많이 함유되어 있고(Kaddoumi 등 2000; Kim & Kim 2010), 펩타이드를 포함하는 아미노산계 감칠맛 물질이 다량 함유된 조식간장 및 육젓(Lioe 등 2006; Hajeb & Jinap 2012), 그리고 IMP, GMP, adenosine monophosphate(AMP) 등 핵산계 감칠맛 물질이 다량 함유된 멸치와 표고버섯이 있다(Kuninaka A 1960; Zhu

† Corresponding author: Mee-Ra Rhyu, Principal Researcher, Korea Food Research Institute, Wanju 55365, Korea. Tel: +82-63-219-9268, Fax: +82-63-219-9876, E-mail: mrrhyu@kfri.re.kr

등 2021).

Kokumi 물질은 물질 자체로 맛은 없으나 감칠맛 물질이나 용액에 함께 존재 시 감칠맛을 높이면서 지속성, thickness, 식감을 높이는 특성을 가지는 것으로, 이는 마늘 추출물에 글루탐산과 이노신산을 첨가하면서 처음 관찰되었다(Ueda 등 1990). *Kokumi* 물질은 식품에 함유된 감칠맛, 짠맛, 단맛을 증강시키는 효과를 나타내므로(Ohsu 등 2010), 예로부터 사용되어 온 조미 소재들이 *Kokumi* 물질의 특성을 나타낼 수 있을 것으로 사료되지만 아직까지 밝혀진 바가 없다.

칼슘 감지 수용체(calcium-sensing receptor; CaSR)는 2가 양이온인 Ca^{2+} , Mg^{2+} 및 L-아미노산을 포함하는 많은 영양소를 인지하는 Class C G-단백질 결합 수용체이다(Brown & MacLeod 2001). CaSR은 다양한 신진 대사 신호에 민감한 조절단백질로, 세포 외 Ca^{2+} 항상성을 감지하는 유리(free) 센서로서 정의되어 왔지만(Chattopadhyay 등 1997), 지금은 Ca^{2+} 항상성과 관련되지 않은 다양한 조직에 발현되는 것으로 밝혀졌다(Brown & MacLeod 2001). CaSR agonist들은 단맛, 짠맛, 감칠맛 등을 증진시킨다고 알려져 있고, 미각 기관에서 CaSR은 기본 맛의 효과를 향상시키는 *Kokumi* 물질을 인지하는 역할을 하며(Ohsu 등 2010), 대표적인 *Kokumi* 물질인 γ -Glu-Val-Gly 같은 γ -글루타미드 펩타이드와 glutathione이 CaSR에 의해 인식된다. Ueda 등(1990)은 상업적으로 판매되는 액젓에서 γ -Glu-Val-Gly를 분리하였는데, 이 연구 결과로부터 식품에 액젓을 첨가함으로써 맛의 강도와 깊이가 진해지는 것에 대한 이유를 유추할 수 있으며, 액젓 이외에 장기간 숙성시킨 조선간장 또는 숙성된 치즈 등에 존재하는 다양한 물질들이 기본적인 맛의 효과를 향상시켜 식품의 풍미와 깊이에 관여할 수 있을 것으로 추정된다.

본 연구는 예로부터 감칠맛을 가지는 국물의 조미소재로 사용되어 왔으며 음식에 풍미를 더해주기 위해 사용되는 조선간장, 말린 멸치, 육젓, 표고버섯 및 다시마를 이용하여 CaSR 수용체가 발현된 세포를 통해 이 소재들이 기본 맛의 효과를 향상시키는 *Kokumi* 물질로서의 역할을 구명하기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

1. 식품 재료

분석을 위해 사용한 식품 시료는 총 5종(조선간장, 말린 멸치, 육젓, 표고버섯, 다시마)으로 다음과 같이 시중에 판매하고 있는 원산지가 명확한 시료를 구매하여 사용하였다. 조선간장은 전통 장류를 제조하고 있는 전통장류업체에서 장기 숙성된 것을 구입하였으며, 말린 멸치는 경남 양산군 기장면 대변리 근해에서 어획 및 제조한 것으로 구입, 육젓은

충남 광천 재래시장에서 담근 육젓을 구매하였으며, 표고버섯은 장흥 표고유통공사에서 건조시킨 것을 구매하였고 완도산 다시마를 대형 할인점을 통해 구입하여 사용하였다. 식품의약품안전처가 권고한 식품별 적정 염도는 탕, 국, 찌개 등에서 0.8% 이하가 적절한 농도이며 따라서 염농도를 조절하여 실험에 적용하였다.

2. 시약

Monosodium l-glutamate, monopotassium glutamate(MPG), inosine monophosphate(IMP), guanine monophosphate(GMP), adenosine monophosphate(AMP)는 Sigma-Aldrich사(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. Fetal bovine serum(FBS), Dulbecco's modified Eagle's medium(DMEM), penicillin-streptomycin 및 trypsin-EDTA는 Gibco사(Gaithersburg, MD, USA)에서, lipofectamin 2000은 Invitrogen 사(Carlsbad, CA, USA)에서 구입하여 사용하였다.

3. 시료 추출 및 제조 방법

시료 추출 방법은 다음과 같으며 각 시료의 추출 수율은 Table 1에 나타내었다.

1) 조선간장

조선간장 10 mL를 동결건조하여 얻은 분말을 이노메디텍 DPS-500을 이용, 탈염하여 염농도가 0.19%인 시료를 얻었다.

2) 말린 멸치

말린 멸치 100 g을 취하여 2 L의 물을 첨가, 가열하여 물이 끓기 시작한 시점으로부터 5분 뒤 꺼내어 여과한 후 동결건조를 통해 얻은 분말을 탈염하였고, 탈염 후 염농도가 0.34%인 시료를 얻었다.

3) 표고버섯

100 g의 건조된 표고버섯에 2 L의 물을 첨가한 뒤 교반기로 12,000 rpm에 1분씩 2회 균질화하였다. 그 후 12,000×g에

Table 1. Extraction yield of *Umami* taste-yielding food materials

	Extraction yield (%)
Korean soy sauce (<i>Joseonganjang</i>)	39.0±0.48 ¹⁾
Dried anchovy	16.0±2.24
Dried shiitake	35.6±4.69
Dried <i>Konbu</i> (kelp)	49.1±5.21
Salted shrimp (<i>Yukjeot</i>)	11.4±0.45

¹⁾ Mean±standard error (all such values).

서 15분간 원심분리 후 여과지(Whatman No.2)로 여과한 후 여과액을 동결 건조한 후 분말로 제조하여 분석 시료로 사용하였다. 표고버섯은 염농도가 0.25%로 낮아 탈염 과정 진행 없이 실험에 적용하였다.

4) 다시마

다시마 20 g을 취하여 2 L의 물을 넣고 2시간 정도 불린 후 가열하여 물이 끓기 시작하면 꺼낸 다음 여과하여(Whatman No.2) 동결건조를 통해 얻은 분말을 탈염과정을 통해 0.30%의 염농도를 가진 시료를 얻었다.

5) 육젓

육젓 20 g을 취하여 200 mL의 물과 혼합한 후 교반기로 12,000 rpm에 1분씩 2회 균질화하였다. 그 후 12,000×g에서 15분간 원심분리 후 여과지(Whatman No.2)로 여과한 후 여과액을 동결 건조하였고 이후 탈염 과정을 거쳐 0.34%의 염농도를 가진 시료를 얻었다.

4. 세포 실험 및 측정

1) 세포 배양 및 형질 주입

CaSR plasmid를 lipofectamin 2000을 사용하여 HEK293T 세포에 처리한 뒤 6시간 후, 세포를 96-well black-well plate에 20~26시간 동안 배양 시켰다. 세포는 1% penicillin-streptomycin과 10% heat inactivated FBS가 포함된 DMEM을 사용하여 37°C, 5% CO₂ 에서 배양시켰다.

2) Cell-based high throughput calcium signaling assay

실험 하루 전(20~26 h)에 calcium sensing receptor를 transient로 발현시킨 HEK293T세포를 96well에 분주하고 세포 내 칼슘양의 변화를 측정하기 위한 표식자로 FLIPR Calcium 4 assay kit(Molecular Devices, Sunnyvale, CA, USA)를 사용하였다. 50 uL의 염료를 처리하고 27°C에서 30분간 반응시킨 후, 세포는 FlexStation III(Molecular Devices, Sunnyvale, CA, USA) 내에서 15분간 안정화하였다. 각각의 추출물 및 조성물 처리 시는 assay buffer(146 mM NaCl, 20 mM HEPES, 1.2 mM CaCl₂ · 2H₂O, 2 mM EGTA, 1 mM MgCl₂ · 6H₂O, 10 mM glucose, 5 mM KCl)를 사용하였다. 485 nm, 525 nm에서(cut off 515nm) 형광흡광도를 측정한다. 다음, 세포 내 칼슘양의 변화는 $\Delta F/F_0$ 로 표시하고, Softmax software(Molecular Devices, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 분석하였다.

5. 통계 분석

모든 실험은 3회 이상 반복하였고, 얻어진 실험 결과는 평

균±표준오차로 나타내었다. 통계 분석과 그래프 작성은 GraphPad Prism 5.0(GraphPad Software Inc., San Diego, CA, USA)을 사용하여 수행하였다.

결과 및 고찰

K-Food 국물 조미 소재와 *Kokumi*물질 특성에 대한 상관성을 알아보기 위하여 CaSR이 발현된 세포를 Cell-based high throughput calcium signaling assay를 이용하여 CaSR에 의한 활성 정도를 측정하기 위하여 우선 CaSR에 의해 인식되는 대표적인 *Kokumi* 물질인 γ -Glu-Val-Gly와 glutathione을 CaSR이 발현된 세포에 각각 0.001에서 10 μ M까지 농도를 증가시키면서 처리하여 그 활성 정도를 측정하였다. γ -Glu-Val-Gly와 glutathione은 모두 농도 의존적으로 CaSR의 반응을 증가시켰고 EC₅₀은 각각 0.16±0.03, 0.89±0.04 μ M이었다. 또한 이 반응은 CaSR의 특이적 길항제인 NPS 2143(10 μ M)에 의해 저해되어 CaSR 반응의 측정이 정상적으로 작동함을 확인하였다(Fig. 1A).

식품 성분의 CaSR 반응성을 확인하기 위하여 대표적인 아미노산 계 감칠맛 물질인 MSG와 MSG에 sodium 대신 potassium이 결합된 MPG, 핵산 계 감칠맛 물질인 IMP, GMP 및 AMP를 감칠맛 물질로 선택하여 CaSR 반응을 측정하였다. 실험에 사용하기 전 먼저 수용체가 발현되지 않은 mock-transfected cell에 MSG, MPG, IMP, GMP 및 AMP를 각각 1~10,000 μ M의 농도로 작용시킨 결과 해당 농도에서 비특이적 반응이 검출되지 않는 것을 확인(data not shown)한 후, 해당 농도의 시료를 CaSR이 발현된 세포에 작용시켰다. MSG, MPG, AMP는 처리 농도 증가에 따라 CaSR 반응이 증가하였으며, 이 반응은 10 μ M의 NPS 2143에 의해 유의적으로 저해되는 것을 확인하였다(Fig. 1B).

MSG, IMP, GMP 등이 함유되어 있는 식품 소재인 조선간장, 말린 멸치, 육젓, 표고버섯, 다시마 추출물들이 CaSR에 대해 나타내는 활성을 확인하여 이들의 *Kokumi* 특성을 확인하였다. 조선간장(10~100 μ g/mL), 말린 멸치(0.3~10 μ g/mL), 표고버섯(10~100 μ g/mL), 다시마(10~100 μ g/mL) 및 육젓(3~30 μ g/mL) 추출물을 수용체가 발현되지 않은 mock-transfected cell에 작용시킨 결과 해당 농도에서 비특이적 반응이 검출되지 않는 것을 확인(data not shown)한 후, 이를 CaSR이 발현된 세포에 작용시켰다. CaSR이 발현된 세포에 시료를 농도 별로 처리 시 조선간장(10~100 μ g/mL)과 육젓(3~30 μ g/mL), 말린 멸치(0.3~10 μ g/mL) 추출물은 시료 농도 증가에 따라 CaSR 활성이 유의적으로 증가하였으며 다시마와 표고버섯 추출물은 시료 농도에 따라 증가하기는 했지만 유의적이지 않았다(Fig. 2A). 조선간장과 육젓의 처리로 증가된 CaSR의 활성은

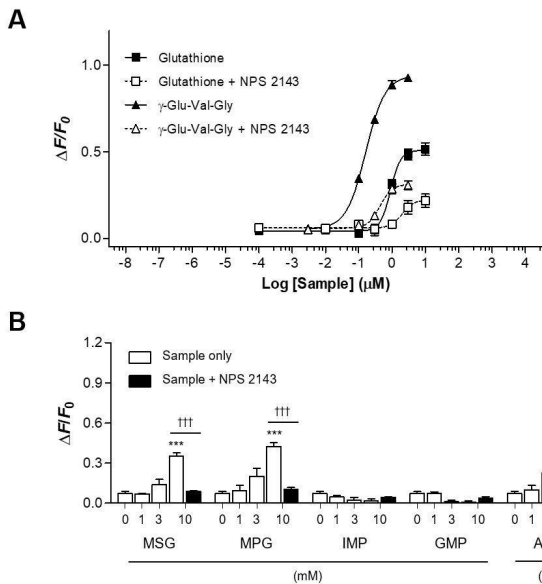


Fig. 1. Modulation of calcium sensing receptor (CaSR) by umami compounds. Concentration-response profiles obtained from known positive allosteric modulators, glutathione and γ -Glu-Val-Gly in the absence or presence of a known antagonist NPS 2143 in HEK293T cells expressing CaSR (A). Responses of HEK293T cells expressing CaSR to MSG, MPG, IMP, GMP and AMP in the absence and presence of NPS 2143 (B). Data were presented as mean \pm SEM of at least three separate experiments performed and fitted in GraphPad Prism ($^*p < 0.05$ and $^{***}p < 0.001$, compared to 0 mM sample group; $^\dagger p < 0.05$ and $^\dagger\dagger\dagger p < 0.001$, compared to sample only group).

10 μ M의 NPS 2143에 의해 유의적으로 저해되어 이들이 CaSR을 특이적으로 활성화시킴을 나타내었다(Fig. 2B).

그러나 말린 멸치 추출물의 농도 증가에 따라 유의적으로 증가된 CaSR 활성화는 NPS 2143에 의해 유의적으로 저해되지 않아 조선간장이나 육젓과는 달랐으며 이는 장기간 숙성시키는 조선간장이나 육젓과는 달리 멸치는 건조시킨 제품이므로 그 작용기전이 다를 수 있을 것으로 사료되었다(Fig. 2B).

실험결과 특이적으로 CaSR 활성을 증가시키는 조선간장과 육젓은 이전의 연구들에서 공통적으로 *Kokumi* 활성을 나타낼 수 있는 아미노산 계 감칠맛 물질인 L-glutamate를 6.1~0.8% 함유하고 있는 식품으로 보고되었다(Lioe 등 2004; Hajeb & Jinap 2012). 이와 다르게 CaSR 반응이 *Kokumi* 활성화 아닌 비특이적인 반응으로 나타난 말린 멸치는 AMP (0.2%)와 IMP(0.5%)를 함유하고 있는 것으로 보고되었다(Kim 등 2003). AMP와 MSG가 *Kokumi* 활성을 가지는 것으로

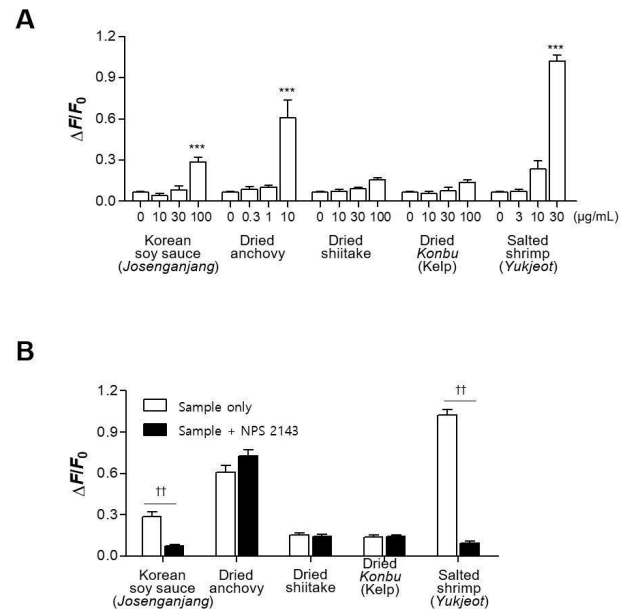


Fig. 2. Modulation of calcium sensing receptor (CaSR) by Umami taste-yielding food materials. Responses of HEK293T cells expressing CaSR to Korean soy sauce (*Joseonganjang*), dried anchovy, dried shiitake, dried *Konbu* (kelp) and salted shrimp (*Yukjeot*) (A). Response of HEK293T cells expressing CaSR to Umami taste-yielding food materials in the absence (white bars) or presence (black bars) of a known antagonist NPS 2143 (B). Data were presented as SEM of at least three separate experiments performed and fitted in GraphPad Prism ($^{***}p < 0.001$, compared to 0 mM sample group; $^\dagger\dagger p < 0.01$, compared to sample only group).

나타난 결과와 달리 AMP와 GMP를 함유한 것으로 보고된 표고버섯(Baek 등 1989)과 주로 MSG를 함유한 다시마(Ikeda K 2002)는 *Kokumi* 활성을 나타내지 않았다. 이는 단순히 하나의 성분으로 인해 그 효과가 나타나는 것이 아니며, 식품 시료 안의 다른 포함된 성분의 작용을 통해 나타난 결과라고 추정할 수 있다. 또한, 맛을 향상시키는 *Kokumi* 물질이 각 시료에 포함이 되어 있는 것으로 보고되었지만, 건조 조건에 따라 핵산 관련 물질 및 아미노산의 함량 변화가 있는 것처럼(Oh & Kim 1998) 시료 처리 방법에 따라 해당 성분의 함량 차이가 있을 것으로 추정되므로, 향후 시료가 포함하고 있는 *Kokumi* 물질의 함량을 정량적으로 측정하여 그 성분의 차이에 따른 활성 차이를 연구할 필요성이 있다.

이전의 연구결과에 의하면, 대두 추출물 또는 두유가 식품의 *Kokumi*물질 특성을 나타내며(Shibata 등 2017), 관능검사 결과 *Kokumi*물질의 특성을 지닌 것으로 나타난 치킨 콘소메

파우더에서 분리한 γ -Glu-Val-Gly가 CaSR의 활성을 증가시킨다고(Kuroda & Miyamura 2015) 하였다. Miyamura 등(2015)은 *Kokumi* 물질은 fish sauces, soy sauces, fermented shrimp paste, 맥주 등 다양한 발효식품에서 많이 발견된다고 보고하였고, Yamamoto T(2019)는 *Kokumi* peptide가 다른 맛 특성의 강도를 조절할 수 있다고 하였다. 또한, 맛 조절제로서 *Kokumi* 물질은 잠재적으로 원료 공급과 무관하게 맛있는 맛 프로파일을 가진 식품의 생산을 가능하게 하며(Salger 등 2019), *Kokumi* 물질을 첨가함으로써 일반 맛 식품의 식감이 증가하므로 향미 조미료 개발에 도움이 될 수 있다고 보고하였다(Suzuki 등 2017). 따라서 조선간장과 육젓 추출물이 특이적으로 CaSR 활성을 증가시킨다는 본 연구 결과는 예전부터 우리나라에서 국물의 감칠맛을 내는 데 사용하는 소재를 이용하여 향미 조미료 개발에 도움이 될 수 있을 것으로 사료된다.

요약 및 결론

K-Food 국물 맛을 내기 위해 사용하는 *Umami* 소재들이 맛 조절 역할을 하는 *Kokumi* 물질로의 작용가능성을 칼슘 감지 수용체에 대한 반응성을 확인하여 측정된 결과, 조선간장과 육젓은 CaSR을 활성화 시키고 이러한 반응이 CaSR의 특이적 길항제인 NPS 2143에 의해 저해되어 이들은 CaSR의 활성화를 통해 식품에서 *Kokumi* 물질의 특성을 나타내어 향미증진에 기여할 것으로 추정되었다. 그러나, 말린 멸치는 CaSR은 활성화시키나 이 활성이 길항제에 의해 저해되지 않고, 표고버섯과 다시마는 CaSR의 활성화에 관여하지 않는 것으로 나타나 향후 이들 식품에 함유된 물질의 특성 및 작용 기전에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2020R1A2C2004661).

References

- Baek HH, Kim DM, Kim KH. 1989. Changes in quality of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) by different drying methods. *Korean J Food Sci Technol* 21:145-148
- Brown EM, MacLeod RJ. 2001. Extracellular calcium sensing and extracellular calcium signaling. *Physiol Rev* 81:239-297
- Chattopadhyay N, Vassilev PM, Brown EM. 1997. Calcium-sensing receptor: Roles in and beyond systemic calcium homeostasis. *Biol Chem* 378:759-768
- Hajeb P, Jinap S. 2012. Fermented shrimp products as source of umami in Southeast Asia. *J Nutr Food Sci* 1:006
- Huh CO, Kwon SH, Ahn B, Choi YJ, Kim EM, OH EJ, Won SI, Park YS, Kim SY, Lee EK, Kim EY. 2017. World Food Culture. pp.72. Soohaksa
- Ikeda K. 2002. New seasonings. *Chem Senses* 27:847-849
- Kaddoumi A, Yu Y, Wada M, Hayashida S, Kuroda N, Nakashima K. 2000. Investigation on the useful components in Katsuoibushi residue by an enzymatic treatment. *Anal Sci* 16:425-428
- Kim JT, Kang ST, Kang JG, Choe DJ, Kim SM, Oh KS. 2003. Food components and quality characteristics of boiled-dried anchovies caught by pound net. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32:1186-1192
- Kim MS, Kim GH. 2010. Contents of nucleic acid (nucleosides and mono-nucleotides) in extracts of *Pleurotus ostreatus*, *Agaricus bisporus* and *Flammulina velutipes*. *Korean J Food Nutr* 23:376-380
- Kuninaka A. 1960. Studies on taste of ribonucleic acid derivatives. *J Agric Chem Soc Jpn* 34:489-492
- Kuroda M, Miyamura N. 2015. Mechanism of the perception of "kokumi" substances and the sensory characteristics of the "kokumi" peptide, γ -Glu-Val-Gly. *Flavour* 4:11
- Lioe HN, Apriyantono A, Takara K, Wada K, Naoki H, Yasuda M. 2004. Low molecular weight compounds responsible for savory taste of Indonesian soy sauce. *J Agric Food Chem* 52:5950-5956
- Lioe HN, Takara K, Yasuda M. 2006. Evaluation of peptide contribution to the intense umami taste of Japanese soy sauces. *J Food Sci* 71:S277-S283
- Miyamura N, Kuroda M, Mizukoshi T, Kato Y, Yamazaki J, Miyano H, Eto Y. 2015. Distribution of a kokumi peptide, γ -Glu-Val-Gly, in various fermented foods and the possibility of its contribution to the sensory quality of fermented foods. *Ferment Technol* 4:2
- Oh SH, Kim DJ. 1998. Change of nucleotides, free amino acids in kwamaegi flesh by different drying for Pacific saury, *Cololabis saira*. *Korean J Food Nutr* 11:249-255
- Ohsu T, Amino Y, Nagasaki H, Yamanaka T, Takeshita S, Hatanaka T, Maruyama Y, Miyamura N, Eto Y. 2010. Involvement of the calcium-sensing receptor in human taste perception. *J Biol Chem* 285:1016-1022
- Salger M, Stark TD, Hofmann T. 2019. Taste modulating

- peptides from overfermented cocoa beans. *J Agric Food Chem* 67:4311-4320
- Shibata M, Hirotsuka M, Mizutani Y, Takahashi H, Kawada T, Matsumiya K, Hayashi Y, Matsumura Y. 2017. Isolation and characterization of key contributors to the “kokumi” taste in soybean seeds. *Biosci Biotechnol Biochem* 81:2168-2177
- Suzuki H, Nakafuji Y, Tamura T. 2017. New method to produce kokumi seasoning from protein hydrolysates using bacterial enzymes. *J Agric Food Chem* 65:10514-10519
- Ueda Y, Sakaguchi M, Hirayama K, Miyajima R, Kimizuka A. 1990. Characteristic flavor constituents in water extract of garlic. *Agric Biol Chem* 54:163-169
- Yamamoto T. 2019. Umami and Koku: Essential roles in enhancing palatability of food. In Nishimura T, Kuroda M (Eds.), *Koku in Food Science and Physiology: Recent Research on a Key Concept in Palatability*. pp.17-31. Springer
- Zhu W, Luan H, Bu Y, Li J, Li X, Zhang Y. 2021. Changes in taste substances during fermentation of fish sauce and the correlation with protease activity. *Food Res Int* 144:110349

Received 04 November, 2022

Revised 24 November, 2022

Accepted 02 December, 2022