

한국인의 기본 맛 감지 역치 및 인지 역치 분석

— 연구노트 —

이유진^{1,2} · 박세영^{1,3} · 윤경혜¹ · 곽한섭^{1,4}

¹한국식품연구원 가공공정연구단, ²전북대학교 식품영양학과
³이화여자대학교 식품영양학과, ⁴과학기술연합대학원대학교 식품생명공학전공

Detection and Recognition Thresholds for Basic Tastes among Koreans

Yu Jin Lee^{1,2}, Seyeong Park^{1,3}, Gyeonghye Yoon¹, and Han Sub Kwak^{1,4}

¹Food Processing Research Group, Korea Food Research Institute

²Department of Food Science and Nutrition, Jeonbuk National University

³Department of Nutritional Science and Food Management, Ewha Womans University

⁴Major in Food Biotechnology, University of Science and Technology

ABSTRACT This study sought to determine the detection (DT) and recognition thresholds (RT) of the five basic tastes (sweet, salty, sour, bitter, and umami) among the Korean population. Threshold tests were conducted using solutions prepared for sweet (sucrose solution), salty (NaCl solution), sour (citric acid solution), bitter (caffeine solution), and umami (monosodium glutamate solution) tastes, with dilutions created in accordance with ISO3972 standards. The results showed that the DT for sucrose (sweet taste) was 8.1 mM, with an RT of 13.65 mM. For NaCl (salty taste), the DT was determined to be 16.13 mM, and the RT was 20.27 mM, both of which were comparable to previously reported values for Koreans. Citric acid (sour taste) had a DT below 0.7 mM, with 95% of participants detecting the taste at this concentration, and an RT of 0.95 mM, reflecting a higher sensitivity to sourness compared to Western populations. Caffeine (bitter taste) exhibited a DT of 0.9 mM and an RT of 1.26 mM. Finally, monosodium glutamate (umami taste) demonstrated a DT of 1.54 mM and an RT of 2.98 mM. These findings provide a comprehensive profile of taste thresholds among Koreans, highlighting cultural and physiological differences in taste perception that may influence dietary preferences and nutritional behavior.

Keywords: detection threshold, recognition threshold, basic taste, Koreans

서론

역치값(threshold)이란 특정 자극 물질을 감지하는 최소 농도로 정의되며, 이는 인간의 감각적 민감도를 평가하는 중요한 지표로 활용된다(Chung 등, 2017). 감지 역치(detection threshold)는 자극 용액과 증류수를 구별할 수 있는 최소 농도를 의미하며, 인지 역치(recognition threshold)는 자극 용액이 무엇인지 정확히 인식할 수 있는 가장 낮은 농도를 나타낸다(Kim 등, 2005; Trius-Soler 등, 2020). 미각은 혀에서 감지되는 화학적 감각이 신경을 따라서 뇌에서 인지되는 자극으로, 식품의 단맛, 짠맛, 신맛, 쓴맛, 감칠맛을 가지는 화학물질에 의해 유발된다(Hartley 등, 2019; Wang 등, 2024). 이러한 기본 맛은 모든 복합적인 맛 경험의 근간이 된다. 따라서 기본 맛에 관한 역치 연구는

특정 개별 화합물뿐 아니라 식·음료의 복합적인 맛을 이해하는 데 기초적인 정보를 제공한다.

최근 인지 및 감지 역치 연구는 성별, 연령, 식습관, 건강, 문화적 요인 등과 연계 분석을 통해 미각 민감도의 다양성을 보고하고 있다. 예를 들어, 성별에 따른 역치 연구에서는 여성이 남성보다 더 민감하게 반응한다는 결과가 보고된 반면(Fischer 등, 2013; Koubaa와 Eleuch, 2020; Rosa 등, 2023), 20~30대의 젊은 층에서는 남성과 여성 간의 유의미한 차이가 나타나지 않았다는 결과도 보고되었다(James 등, 1997; Wang 등, 2020). 또한, 연령이 증가할수록 기본 맛의 역치가 높아진다는 경향이 다수 보고되었다(Barragán 등, 2018; Braun 등, 2022; Lee 등, 2013). 식습관과 관련해서 결식, 외식, 매점 음식 섭취는 맛의 역치를 증가시켰다는 결과가 나타났다(Kim과 Lee, 2007). 비만인 경우 역치가 증

Received 30 December 2024; Revised 16 January 2025; Accepted 18 January 2025

Corresponding author: Han Sub Kwak, Food Processing Research Group, Korea Food Research Institute, 246 Nongsaengmyeong-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeonbuk 33656, Korea, E-mail: hskwak@kfri.re.kr

© 2025 The Korean Society of Food Science and Nutrition.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

가한다는 연구가 보고되었다(Karmous 등, 2022; Kaufman 등, 2018; Rawal 등, 2017). 알츠하이머 환자와 비정신질환 통제군을 비교한 결과에서는(Kouzuki 등, 2020; Ogawa 등, 2017), 알츠하이머 환자의 역치가 유의적으로 더 높게 나타났다. 또한 인구 문화적 측면의 연구에서, 태국에 거주하는 아시아인을 대상으로 감지 역치와 인지 역치를 비교한 연구 결과, 노화에 따라 미각 민감도가 감소하였다(Wiriya-wattana 등, 2018). 태국인과 일본인의 감지 역치와 인지 역치를 비교하였을 때 일본인의 역치가 유의적으로 낮게 나타났다고 보고되었다(Trachootham 등, 2018). 특정한 맛에 대해서만 역치를 측정된 연구 결과도 보고되어, 말레이시아, 중국, 인도 아이들의 짠맛에 대한 감지 역치를 측정된 결과(Dora 등, 2021), 중국과 인도 아이들 사이에서 짠맛에 대한 감지 역치에서 유의미한 차이가 나타났다($P < 0.01$). 또한 미안마와 한국인의 짠맛에 대한 감지 역치와 인지 역치를 측정된 연구에서 한국인의 짠맛 역치가 미안마인보다 낮게 측정된 결과가 있다(Cho 등, 2016). 한국인을 대상으로 한 감지 역치와 인지 역치 연구는 감칠맛을 포함한 다섯 가지 기본 맛에 관한 연구가 부족한 실정이며(Kim 등, 2018; Kim 등, 2019; Oh와 Lee, 2017), 이를 반영하여 감칠맛을 포함한 연구의 필요성이 있다.

한국인을 대상으로 한 감지 역치 및 인지 역치 측정 연구는 제한추정법(Ascending method of limits)을 사용하였다(Kim 등, 2003; Kim 등, 2004; Park 등, 2015). 제한추정법은 자극 농도를 점차 증가시키거나 감소시키면서 연구 참여자가 자극을 인지하는 시점을 측정하는 방식으로, 확률적 오류에 대한 통제가 어렵다는 단점이 있다. 이런 단점을 극복하기 위해서 삼자 의무 선택법(Three-Alternative Forced Choice)이 사용된다. 삼자 의무 선택법은 세 개의 샘플 중 하나가 특정 자극이며 나머지 두 개는 비자극인 경우에 연구 참여자가 특정 자극에 해당하는 샘플을 식별하도록 하는 방법이다. 평가 절차가 단순하고 직관적이기 때문에 연구 참여자가 쉽게 이해하고 수행할 수 있다는 장점이 있다. 또한 정답 확률이 33.3%로 고정되어 있어 확률적 오류를 통제하기 용이하며, 역치 측정 결과의 신뢰성을 높이는 데 기여할 수 있다. 삼자 의무 선택법은 제한추정법에서 나타날 수 있는 오류를 최소화할 수 있어 감지 역치와 인지 역치 측정의 신뢰성을 높이는 데 유용하다.

현재까지 국내에서 수행된 역치 연구 중 다섯 가지 기본 맛을 모두 측정한 연구는 부족하다. 이에 본 연구에서는 한국인을 대상으로 다섯 가지 기본 맛에 대해 삼자 의무 선택법을 이용하여 감지 역치와 인지 역치를 구하고자 하였다. 이를 통해 한국인의 미각 민감도를 정량적으로 평가하고, 국내 소비자들의 미각 특성에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

연구 대상

20대와 30대는 미각 한계값이 상대적으로 낮으며 예민하다고 알려져 있다(Jo와 Yoon, 2021). 따라서 본 연구에서도 젊은 층의 역치 측정을 위해서 만 20세에서 39세로 대상을 한정하였고, 한국식품연구원에 재직 중인 한국인을 대상으로 하였다. 패널은 59명으로 남성 17명, 여성 42명이었으며 평균 나이는 30.2 ± 4.3 세였다. Phenylthiocarbamide(PTC) 검사를 진행하여 미맹인자를 구분하였다. PTC는 쓴맛을 감지하는 주요 수용체인 TAS2R38 유전자와 연관되어 있어 개별 쓴맛 민감성을 확인하는 지표로 사용된다(Tan 등, 2012). PTC에 대한 민감성 여부는 개인의 전반적인 쓴맛 감지 능력과 연관이 있을 가능성이 있기 때문에, PTC 테스트를 통과하지 못한 연구 참여자의 결과는 쓴맛의 감지 역치 및 인지 역치 평가에서 제외하였다. 본 연구는 한국식품연구원 기관생명윤리위원회의 승인을 받고 수행되었다(KFRI 2024-09-002-001).

용액의 준비

감지 역치 및 인지 역치를 위한 시료 제조로 단맛은 설탕(CJ Cheiljedang Co.), 짠맛은 소금(Hanju Co.), 신맛은 구연산(Merck), 쓴맛은 식품 등급의 카페인(Merck), 감칠맛은 monosodium L-glutamate(MSG; Merck)를 사용하였다. 기본 맛 감지 역치 및 인지 역치 검사를 위한 기본 맛의 농도는 ISO 3972의 9단계 중 홀수 단계(1, 3, 5, 7, 9)를 사용하였다(Table 1). 제한추정법 대비 삼자 의무 선택법을 활용한 역치 측정에서는 연구 참여자가 제한추정법보다 3배의 시료에 대한 맛 평가를 하여야 하는 관계로, 연구 참여자의 미각 피로도를 줄이기 위해 5개의 단계로 제한하였다(Ervina 등, 2020). 모든 시료는 검사 하루 전 정수된 물에 희석하여 세 자리 난수가 표시된 70 mL 흰색 컵에 10 mL씩 소분하고 밀봉하였다. 소분된 시료는 냉장 보관($4 \pm 1^\circ\text{C}$)을 하였다가 평가 당일 1시간 전 실온($22 \pm 1^\circ\text{C}$)으로 옮겨서 사용하였다.

감지 역치 및 인지 역치 평가 방법

시간과 하루의 피로도에 따라 맛의 역치값이 달라질 수 있기 때문에, 연구 참여자의 피로도가 적고 맛에 대해 예민한 오전 시간(8시 30분)에 감지 역치와 인지 역치 평가를 수행하였다. 평가 절차는 제시된 시료 10 mL를 전량 입안에 머금어 충분히 맛을 느낀 후 뱉은 다음, 즉시 평가 문항에

Table 1. Concentrations of solutions for measuring detection and recognition thresholds of the five basic tastes (mM)

Stimulus number	Sucrose	Sodium chloride	Citric acid	Caffeine	Monosodium glutamate
1	1.0	2.7	0.7	0.3	0.5
2	2.7	5.8	1.0	0.5	1.0
3	7.5	11.8	1.6	0.7	2.0
4	21.0	24.0	2.5	1.1	4.1
5	70.0	68.0	6.2	2.8	12.0

응답하는 방식으로 진행되었다. 연구 참여자는 기본 맛의 다섯 가지 종류에 대해서 인지하는 실험을 하는 것에 대한 설명을 듣고 평가에 참여하였다. 연구 참여자는 모든 평가를 하루에 실시하였으며, 입 행금의 목적으로 온수($40\pm 2^{\circ}\text{C}$)를 제시하였다. 시료는 맛 용액 1개와 증류수 용액 2개를 한 세트로 하여 한 가지 맛당 Table 1에 따라 준비된 농도로 총 다섯 세트가 제공되었다. Williams Latin-square 설계에 따른 시료 평가 순서에 따라 각각의 연구 참여자에게 랜덤화된 맛의 순서로 시료를 제시하였다. 연구 참여자는 시료를 정해진 순서대로 맛보면서 맛의 종류는 구별할 수 없지만 증류수와는 다르게 어떠한 맛이 느껴지는 시료 번호를 선택하도록 하였고, 맛의 종류를 정확히 구별할 수 있는 경우에는 맛의 종류를 기입하도록 하였다. 연구 참여자는 태블릿 PC를 이용하여 평가를 진행하였으며, 모든 데이터의 수집은 감각 평가 데이터 수집 전문 프로그램인 Compusense Cloud(Compusense Inc.)를 사용하였다.

통계 방법

Meilgaard 등(1999)을 참고하여 패널이 특정 농도에서 맛을 감지하지 못했는지(missed), 감지했는지(collect)에 따라 감지 역치를 구하기 위한 데이터로 정리하였다. 또한 패널이 특정 농도에서 맛을 인지하지 못했는지(missed), 인지했는지(collect)에 따라 인지 역치를 구하기 위한 데이터로 정리하였다. 예를 들어, 연구 참여자가 1, 4, 5단계를 인지하였다면, 감지 역치는 4단계로 산출되었다. 1, 2, 3, 4단계를 인지하고 5단계를 인지하지 못하면, 감지 역치를 확인할 수 없어 분석에서 제외하였다. Missed와 collect 값에 제공된 함수를 적용하여, 맛별로 패널마다 감지 역치와 인지 역치를 산출하였다. 그룹의 평균 역치값을 계산하기 위해 기하평균을 사용하여 그룹 감지 역치와 그룹 인지 역치를 구하였다. 기하평균은 데이터가 비대칭 분포를 보일 경우에도 대푯값을 정확하게 나타낼 수 있어, 그룹의 평균 역치값을 산출하는 데 적합한 방법으로 알려져 있다(Freckleton과 Watkinson, 2001).

결과 및 고찰

한국인의 기본 맛 감지 역치

본 연구에서 나타난 다섯 가지 기본 맛의 감지 역치 결과는 Table 2에 제시되었다. 결과 분석에 사용된 연구 참여자의 숫자는 각각의 맛에 따라 Table 1의 농도를 모두 감지하

거나 감지하지 못한 경우 감지 역치를 추정할 수 없기에 제외되었다.

단맛의 감지 역치는 8.10 mM로 나타났다. 20~30대 아시아인과 일본인을 대상으로 한 이전 연구에서는 16.01 mM, 16.89 mM로 보고되었으나(Wiriyawattana 등, 2018; Yamauchi 등, 2002), 호주와 독일의 연구에서는 설탕의 감지 역치가 4.29 mM과 1.26 mM로 나타났다(Hoehl 등, 2010; Low 등, 2017). 20~30대 한국인의 설탕 감지 역치는 동양인의 감지 역치보다는 낮지만, 서양인의 감지 역치보다 높은 수준을 보였다.

짭맛의 감지 역치는 16.13 mM로 나타났다. 이전 연구에서 한국인 20~30대를 대상으로 한 염화나트륨 감지 역치는 5.82 mM과 9.17 mM로 나타났다(Jiang 등, 2016; Shim 등, 2016). 본 연구에서 짭맛의 감지 역치가 높게 나타난 이유는 기존의 제한추정법을 이용하여 측정하였을 경우, 참여자가 처음으로 증류수가 아니고 맛이라 인지되는 지점을 기준으로 감지 역치의 농도를 계산하나, 삼자 의무 선택법의 경우는 처음으로 맛을 인지하는 농도부터 그 이후의 모든 농도에 대하여 구분을 할 수 있는 참여자를 대상으로 감지 역치를 계산하여 실험 방법상의 차이가 있는 것으로 생각된다. 또한 연구 참여자의 식행동과 연관이 있을 것이라고 판단된다(Jiang 등, 2016).

신맛의 감지 역치는 0.7 mM 이하로 추정하였다. 평가에 참여한 59명의 패널 중 56명이 모두 0.7 mM의 구연산 농도부터 증류수와 비교에서 차이를 인지하였기 때문이다. 이전 연구에서 보고된 호주와 튀르키예인의 구연산 감지 역치는 0.78 mM과 0.83 mM로 나타났다(Low 등, 2017; Urhan과 Gezmen Karadağ, 2024). 제한추정법으로 연구된 한국인 여성의 감지 역치는 0.65 mM로 나타났다(Kim 등, 2003). ISO3972 기준에 따른 농도로 감지 역치를 측정하였을 경우 결과 산정에 문제가 있는 것으로 판단된다.

쓴맛의 감지 역치는 PTC 테스트에서 쓴맛을 인지하는 참여자만을 대상으로 계산하여, 0.9 mM로 나타났다. 이전 연구에서 카페인의 감지 역치와 관련된 연구는 0.16~1.83 mM로 광범위하게 나타났다(Dsamou 등, 2012; Hoehl 등, 2010). 쓴맛은 개인의 유전적 영향 및 환경적 요인에 영향을 받아 편차가 크기 때문에(Feeney 등, 2021; Mennella 등, 2005), 넓은 범위를 보이는 것으로 생각된다. 본 연구의 결과는 기존의 감지 역치의 범위에 포함되는 수준으로 계산되었다.

감칠맛의 감지 역치는 1.54 mM로 나타났다. 호주의 연구

Table 2. Detection threshold results for the five basic tastes

Taste quality	Compound	Number of panelists	Detection threshold (mM)
Sweet	Sucrose	54	8.10
Salty	Sodium chloride	59	16.13
Sour	Citric acid	56	<0.7
Bitter	Caffeine	46	0.9
Umami	Monosodium glutamate	47	1.54

Table 3. Recognition threshold results for the five basic tastes

Taste quality	Compound	Number of panelists	Group recognition threshold (mM)
Sweet	Sucrose	50	13.65
Salty	Sodium chloride	48	20.27
Sour	Citric acid	30	0.95
Bitter	Caffeine	42	1.26
Umami	Monosodium glutamate	30	2.98

에서는 L-글루탐산나트륨의 감지 역치로 3.3 mM로 나타났으며, 아시아인의 연구에서는 0.79 mM로 나타났다(Low 등, 2017; Wiriyawattana 등, 2018). 한국인의 감칠맛 감지 역치 농도는 본 연구를 통해서 처음 계산되었으며, 아시아인 내에서도 L-글루탐산나트륨 민감성이 낮은 것으로 생각된다.

한국인의 기본 맛 인지 역치

본 연구에서 나타난 다섯 가지 기본 맛의 인지 역치 결과는 Table 3과 같다. 단맛의 인지 역치는 13.65 mM로 나타났다. 이전 연구에서 일본인의 단맛 인지 역치는 14.26 mM이었으며, 유럽인의 단맛 인지 역치는 6.16 mM로 나타났다(Hoehl 등, 2010; Hyodo 등, 2024). 설탕의 감지 역치 결과와 비슷하게 한국인의 인지 역치는 유럽인의 인지 역치보다 높은 것으로 나타났다.

짠맛의 인지 역치는 20.27 mM로 나타났다. 이전 연구에서 한국인의 염화나트륨 인지 역치는 17.01 mM, 15.57 mM, 22.1 mM로 나타났다(Hong 등, 2005; Jiang 등, 2016; Shim 등, 2016). 본 연구에서 나타난 인지 역치는 이전 연구들과 비슷한 결과를 보였다. 본 연구를 통한 짠맛에 대한 감지 역치와 인지 역치를 보았을 때, 역치 측정 방법의 선택에 따라서 연구 참여자가 인지하는 역치 값에 일부 차이가 나타나는 것으로 생각된다.

신맛의 인지 역치는 0.95 mM이었다. 이전 연구인 일본, 호주, 유럽의 연구에서의 구연산 인지 역치는 각각 1.09 mM, 1.82 mM, 8.22 mM로 나타난 것과 비교하여 낮은 수치였다(Hyodo 등, 2024; Low 등, 2017; Trius-Soler 등, 2020). 또한 중국인의 경우 서양인에 비해 신맛에 더 민감한 연구 결과도 보고되었다(Yang 등, 2020). 따라서 아시아인이 서양인보다 신맛에 민감하다고 추정할 수 있어, 적합한 신맛 인지 역치로 판단된다.

쓴맛의 인지 역치는 PTC 테스트에서 쓴맛을 인지하는 참여자만을 대상으로 계산하여 1.26 mM로 나타났다. 카페인의 인지 역치는 미국과 아시아의 연구에서 각각 0.79 mM과 0.93 mM로 나타났다(Robinson 등, 2005; Wiriyawattana 등, 2018). 감지 역치의 연구에서와 마찬가지로 한국인의 카페인 민감성이 낮은 것으로 나타났다.

감칠맛의 인지 역치는 2.98 mM로 나타났다. 이전 연구에서 나타난 아시아인의 L-글루탐산나트륨 인지 역치는 1.65 mM이었으며, 호주는 5.80 mM로 나타났다(Low 등, 2017; Wiriyawattana 등, 2018). 감지 역치에서와 마찬가지로 인

지 역치의 결과로 한국인은 아시아인 중에서 L-글루탐산나트륨에 대한 민감도가 낮은 것으로 나타났다. 이러한 근거에는 한국인의 MSG 섭취량이 아시아 지역에서 매우 높은 수준으로 조사되어, 지속적으로 많은 MSG 섭취로 인해 이에 대한 민감도가 떨어진다고 할 수 있다(Lim 등, 2022).

요 약

감지 및 인지 역치에 관한 연구는 세계적으로 꾸준히 발표되고 있으나, 국내에서 5가지 모든 기본 맛에 대한 감지 역치 및 인지 역치의 연구는 매우 부족한 실정이다. 본 연구에서는 기존의 제한추정법 대신 삼자 의무 선택법을 활용하여 역치를 측정하였다. 기존의 측정법과 다른 역치 측정 방법을 사용하여, 기존의 결과와 일부 차이가 있을 가능성도 내재하고 있다. 삼자 의무 선택법을 이용한 기본 맛의 감지 및 인지 역치 측정을 통해 단맛의 감지 및 인지 역치는 기존 동양인의 연구보다 민감하게 나타났지만, 서양인보다는 둔감한 것으로 나타났다. 신맛의 역치는 다른 아시아인보다 낮게 나타났지만, 이에 대한 구체적인 이유를 밝히기에 본 연구의 데이터가 부족하므로 유전자 분석 등 분자생물학/생화학적인 연구를 통해서 추가적으로 연구할 필요성이 있다. 쓴맛에 대한 개인차는 크게 나타났으며, 이는 유전적 요인과 환경적 요인의 영향을 받는 것으로 보인다. 또한 본 연구에서는 PTC 테스트에서 쓴맛을 느끼는 연구 참여자만을 대상으로 역치를 계산하였기에 기존의 결과와 다를 수 있다. 감칠맛의 감지 역치와 인지 역치는 아시아인 내에서도 비교적 낮은 수준으로 한국인은 감칠맛에 상대적으로 둔감하였다. 본 연구는 한국인의 기본 맛 민감도를 정량적으로 평가한 결과이며 감지 역치 및 인지 역치의 비교를 통해 한국인의 미각 특성을 구체화했다는 점에서 의의가 있다. 이를 통해 미각 민감도와 반응 특성의 상관관계를 보다 체계적으로 분석하고, 다양한 감각 평가 연구에 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 과학기술정보통신부의 재원으로 한국식품연구원의 기본사업(과제번호: E0211300)의 지원을 받아 수행되었습니다.

REFERENCES

- Barragán R, Coltell O, Portolés O, et al. Bitter, sweet, salty, sour and umami taste perception decreases with age: sex-specific analysis, modulation by genetic variants and taste-preference associations in 18 to 80 year-old subjects. *Nutrients*. 2018. 10:1539. <https://doi.org/10.3390/nu10101539>
- Braun T, Doerr JM, Peters L, et al. Age-related changes in oral sensitivity, taste and smell. *Sci Rep*. 2022. 12:1533. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05201-2>
- Cho H, Kim SM, Jeong SS, et al. Comparison of salt taste thresholds and salt usage behaviours between adults in Myanmar and Korea. *Asia Pac J Clin Nutr*. 2016. 25:879-884.
- Chung Y, Jeong Y, Kim M, et al. Effect of capsaicin on the threshold of sweet, sour, salty, and umami tastes. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2017. 46:1510-1516.
- Dora R, Lim SY, Haron H, et al. Salty taste threshold among children of different ethnicities. *J Sens Stud*. 2021. 36:e12623. <https://doi.org/10.1111/joss.12623>
- Dsamou M, Palicki O, Septier C, et al. Salivary protein profiles and sensitivity to the bitter taste of caffeine. *Chem Senses*. 2012. 37:87-95.
- Ervina E, Berget I, Almli VL. Investigating the relationships between basic tastes sensitivities, fattiness sensitivity, and food liking in 11-year-old children. *Foods*. 2020. 9:1315. <https://doi.org/10.3390/foods9091315>
- Feeney EL, McGuinness L, Hayes JE, et al. Genetic variation in sensation affects food liking and intake. *Curr Opin Food Sci*. 2021. 42:203-214.
- Fischer ME, Cruickshanks KJ, Schubert CR, et al. Taste intensity in the beaver dam offspring study. *Laryngoscope*. 2013. 123: 1399-1404.
- Freckleton RP, Watkinson AR. Asymmetric competition between plant species. *Funct Ecol*. 2001. 15:615-623.
- Hartley IE, Liem DG, Keast R. Umami as an 'alimentary' taste. A new perspective on taste classification. *Nutrients*. 2019. 11: 182. <https://doi.org/10.3390/nu11010182>
- Hoehl K, Schoenberger GU, Busch-Stockfisch M. Water quality and taste sensitivity for basic tastes and metallic sensation. *Food Quality and Preference*. 2010. 21:243-249.
- Hong JH, Chung JW, Kim YK, et al. The relationship between PTC taster status and taste thresholds in young adults. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2005. 99: 711-715.
- Hyodo A, Mikami A, Horie K, et al. Salivary buffering capacity is correlated with umami but not sour taste sensitivity in healthy adult Japanese subjects. *Arch Oral Biol*. 2024. 165:106013. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2024.106013>
- James CE, Laing DG, Oram N. A comparison of the ability of 8-9-year-old children and adults to detect taste stimuli. *Physiol Behav*. 1997. 62:193-197.
- Jiang L, Jung YY, Lee YK. Correlations among threshold and assessment for salty taste and high-salt dietary behavior by age. *Korean J Community Nutr*. 2016. 21:75-83.
- Jo YJ, Yoon HH. Saltiness enhancement effects of basic taste components by binary interactions. *Culi Sci Hos Res*. 2021. 27 (7):29-39.
- Karmous I, Doggui R, Khan AS, et al. Is fat taste associated with diet quality? A cross-sectional study conducted among Tunisian adults. *Appetite*. 2022. 176:106138. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2022.106138>
- Kaufman A, Choo E, Koh A, et al. Inflammation arising from obesity reduces taste bud abundance and inhibits renewal. *PLoS Biol*. 2018. 16:e2001959. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2001959>
- Kim EY, Kim Y, Lee Y, et al. A comparative study of whole-mouth taste thresholds between North Korean refugees and South Koreans. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg*. 2019. 62:631-636.
- Kim G, Lee H. The effect of lifestyle, dietary habit, food preference and eating frequency on sweet taste sensitivity and preference of the middle school students. *J Nutr Health*. 2007. 40:531-541.
- Kim MK, Hur YK, Choi JK. Interrater and intrater reliability of 'sip-and swallow' method for measurement of whole-mouth taste threshold. *J Oral Med Pain*. 2004. 29:143-151.
- Kim SH, Hur YK, Choi JK. Suprathreshold taste intensities for sucrose, NaCl, citric acid, and quinine HCl in young Koreans and the influence of sex, taste preference, and smoking. *J Oral Med Pain*. 2005. 30:149-162.
- Kim SH, Jang SY, Choi JK. Taste preference and whole-mouth taste threshold in a Korean population in the age of the 3rd decade. *J Oral Med Pain*. 2003. 28:413-426.
- Kim TH, Kim YH, Bae NY, et al. Salty taste thresholds and preference in patients with chronic kidney disease according to disease stage: A cross-sectional study. *Nutr Diet*. 2018. 75: 59-64.
- Koubaa Y, Eleuch A. Gender effects on odor-induced taste enhancement and subsequent food consumption. *Journal of Consumer Marketing*. 2020. 37:511-519.
- Kouzuki M, Ichikawa J, Shirasagi D, et al. Detection and recognition thresholds for five basic tastes in patients with mild cognitive impairment and Alzheimer's disease dementia. *BMC Neurol*. 2020. 20:110. <https://doi.org/10.1186/s12883-020-01691-7>
- Lee JW, Shin SH, Rhyu MR, et al. The effect of aging on taste thresholds in Korean. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg*. 2013. 56:286-290.
- Lim SY, Rosmawati D, Yatiman NH, et al. Umami detection threshold among children of different ethnicities and its correlation with various indices of obesity and blood pressure. *Curr Res Food Sci*. 2022. 5:2204-2210.
- Low JYQ, McBride RL, Lacy KE, et al. Psychophysical evaluation of sweetness functions across multiple sweeteners. *Chem Senses*. 2017. 42:111-120.
- Meilgaard MC, Carr BT, Civille GV. Determining thresholds. In: *Sensory Evaluation Techniques*. 3rd ed. CRC Press. 1999. p 123-132.
- Mennella JA, Pepino MY, Reed DR. Genetic and environmental determinants of bitter perception and sweet preferences. *Pediatrics*. 2005. 115:e216-e222.
- Ogawa T, Irikawa N, Yanagisawa D, et al. Taste detection and recognition thresholds in Japanese patients with Alzheimer-type dementia. *Auris Nasus Larynx*. 2017. 44:168-173.
- Oh SI, Lee MS. Salinity and sweetness of Korean jang products related to taste threshold, preferences of food group and nutrient intakes in the rural elderly. *Korean J Food Nutr*. 2017. 30:780-787.
- Park DC, Yeo JH, Ryu IY, et al. Differences in taste detection thresholds between normal-weight and obese young adults. *Acta Otolaryngol*. 2015. 135:478-483.
- Rawal S, Huedo-Medina TB, Hoffman HJ, et al. Structural equation modeling of associations among taste-related risk factors, taste functioning, and adiposity. *Obesity*. 2017. 25:781-787.
- Robinson KM, Klein BP, Lee SY. Utilizing the R-index measure for threshold testing in model caffeine solutions. *Food Qual Prefer*. 2005. 16:283-289.
- Rosa A, Pinna I, Piras A, et al. Sex differences in the bitterness perception of an aromatic myrtle bitter liqueur and bitter com-

- pounds. *Nutrients*. 2023. 15:2030. <https://doi.org/10.3390/nu15092030>
- Shim E, Yang YJ, Yang YK. Relationship between thresholds and self-assessed preference for saltiness and sodium intake in young women. *J Nutr Health*. 2016. 49:88-98.
- Tan J, Abrol R, Trzaskowski B, et al. 3D Structure prediction of TAS2R38 bitter receptors bound to agonists phenylthiocarbamide (PTC) and 6-n-propylthiouracil (PROP). *J Chem Inf Model*. 2012. 52:1875-1885.
- Trachootham D, Satoh-Kuriwada S, Lam-ubol A, et al. Differences in taste perception and spicy preference: A Thai-Japanese cross-cultural study. *Chem Senses*. 2018. 43:65-74.
- Trius-Soler M, Santillán-Alarcón DA, Martínez-Huélamo M, et al. Effect of physiological factors, pathologies, and acquired habits on the sweet taste threshold: A systematic review and meta-analysis. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2020. 19:3755-3773.
- Urhan M, Gezmen Karadağ M. Diet quality, nutritional status and taste recognition are impaired in men with substance use disorder. *Nutr Bull*. 2024. 49:40-51.
- Wang JJ, Liang KL, Lin WJ, et al. Influence of age and sex on taste function of healthy subjects. *PLoS One*. 2020. 15: e0227014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227014>
- Wang P, Ye X, Liu J, et al. Recent advancements in the taste transduction mechanism, identification, and characterization of taste components. *Food Chem*. 2024. 433:137282. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137282>
- Wiriyawattana P, Suwonsichon S, Suwonsichon T. Effects of aging on taste thresholds: A case of Asian people. *J Sens Stud*. 2018. 33:e12436. <https://doi.org/10.1111/joss.12436>
- Yamauchi Y, Endo S, Yoshimura I. A new whole-mouth gustatory test procedure: II. Effects of aging, gender and smoking. *Acta Otolaryngol Suppl*. 2002. 122:49-59.
- Yang Q, Williamson AM, Hasted A, et al. Exploring the relationships between taste phenotypes, genotypes, ethnicity, gender and taste perception using Chi-square and regression tree analysis. *Food Quality and Preference*. 2020. 83:103928. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103928>