

琥珀酸二钠与谷氨酸钠相互作用及喜好度分析

王晶¹, 李蓓², 王文利^{1,2}, 张丹妮², 刘源^{2,*}

(1.上海海洋大学食品学院, 上海 201406; 2.上海交通大学农业与生物学院, 上海 200240)

摘要: 采用成对比较检验, 测定0.300 g/100 mL谷氨酸钠和不同质量浓度琥珀酸二钠(0.010、0.020、0.030、0.050 g/100 mL及0.100 g/100 mL)复合溶液的相对谷氨酸钠质量浓度, 并采用9点标度法对其喜好性进行分析。研究表明, 随着琥珀酸二钠添加量的提高, 复合溶液的整体鲜味强度先大幅增加而后降低, 在谷氨酸钠与琥珀酸二钠添加比例为6:1时达到峰值; 同时随着琥珀酸二钠添加量的增加, 复合溶液的喜好度先略有上升后急剧下降, 在谷氨酸钠与琥珀酸二钠添加比例为15:1时达到峰值。综合以上指标, 谷氨酸钠与琥珀酸二钠在实际应用中的添加比例不宜超过10:1。本实验结果表明琥珀酸二钠与谷氨酸钠的相互作用关系, 为琥珀酸二钠的实际应用提供理论参考。

关键词: 琥珀酸二钠; 谷氨酸钠; 相对鲜味浓度; 成对比较检验; 喜好度

Interaction between Disodium Succinate and Monosodium Glutamate and Their Hedonic Liking

WANG Jing¹, LI Bei², WANG Wenli^{1,2}, ZHANG Danni², LIU Yuan^{2,*}

(1. College of Food Sciences and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201406, China;

2. School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: Monosodium glutamate (MSG), a representative umami substance, is widely used to enhance overall food flavor and palatability in the food industry. Disodium succinate (or WSA for short) is also a widely used flavor enhancer due to its unique umami taste. Although WSA has been applied in many commercial products, its interaction with MSG and their hedonic liking have not been reported yet. A total of 12 panelists were trained for sensory evaluation in this study. Paired comparison test and the nine-point hedonic scale were used to determine the relative umami concentration and to assess the hedonic liking of 5 mixed solutions containing 0.300 g/100 mL MSG and 0.010, 0.020, 0.030, 0.050 and 0.100 g/100 mL WSA, respectively. The results showed that umami taste significantly increased with increasing WSA concentration up to a MSG/WSA ratio of 6:1 and then decreased. Hedonic liking slightly rose with increasing WSA concentration up to a MSG/WSA ratio of 15:1 and then dropped dramatically. Hence, the optimum MSG/WSA ratio does not exceed 10:1 based on the results above. The interaction between MSG and WSA found in this study can provide a theoretical basis for the application of WSA.

Keywords: disodium succinate; monosodium glutamate (MSG); relative umami concentration; paired comparison test; hedonic liking

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201822003

中图分类号: TS202.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2018)22-0015-05

引文格式:

王晶, 李蓓, 王文利, 等. 琥珀酸二钠与谷氨酸钠相互作用及喜好度分析[J]. 食品科学, 2018, 39(22): 15-19. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201822003. <http://www.spkx.net.cn>

WANG Jing, LI Bei, WANG Wenli, et al. Interaction between disodium succinate and monosodium glutamate and their hedonic liking[J]. Food Science, 2018, 39(22): 15-19. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201822003. <http://www.spkx.net.cn>

鲜味这一概念最初由日本学者池田菊苗在1908年提出^[1], 直到20世纪80年代才开始被认为是一种基本味

觉, 鲜味在我国存在的历史可追溯到宋代^[2]。目前从食物中发掘的鲜味物质主要有氨基酸及其盐类、核苷酸及其

收稿日期: 2018-04-03

基金项目: 国家自然科学基金优秀青年科学基金项目(31622042); 国家自然科学基金面上项目(31371790; 31271900);

“十三五”国家重点研发计划重点专项(2016YFD0400803; 2016YFD0401501)

第一作者简介: 王晶(1993—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品风味。E-mail: jing_w93@163.com

*通信作者简介: 刘源(1979—), 男, 教授, 博士, 研究方向为食品风味。E-mail: y_liu@sjtu.edu.cn

盐类、有机酸盐以及肽类等,这些鲜味物质不但具备呈味特性,而且在人体内发挥生理功能^[3]。鲜味物质在水产品^[4-5]、菌菇^[6-7]、肉品^[8-9]及部分发酵产品^[10-11]中含量较高,以氨基酸和核苷酸类为主,有机酸及肽类虽含量较少但对整体滋味的形成发挥着不可缺少的作用^[12-14]。

谷氨酸钠是最具代表性的氨基酸类鲜味物质。琥珀酸及其钠盐则是另一重要的有机酸类鲜味物质,琥珀酸二钠又名干贝素,多存在于贝类、虾、蟹等甲壳类海产品中,是形成海产品特征鲜味的重要物质^[15-16],在香菇中也有存在^[17-18]。琥珀酸二钠是我国唯一批准使用的有机酸盐类增味剂^[19],因其良好的鲜味特性被广泛应用。但目前国内鲜见关于琥珀酸二钠与谷氨酸钠相互作用及喜好度的确切研究报道。本实验利用感官评价方法,测定琥珀酸二钠的相对谷氨酸钠鲜味强度,研究琥珀酸二钠与谷氨酸钠间的相互作用及琥珀酸二钠添加量与喜好度的关联性,为琥珀酸二钠的实际使用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

琥珀酸二钠(纯度 $\geq 98\%$)、谷氨酸钠(纯度 $\geq 98\%$) 美国Sigma Aldrich公司;实验用水为娃哈哈纯净水。

样品均采用稀释法进行配制。琥珀酸二钠母液的质量浓度为2.000 g/100 mL,谷氨酸钠母液的质量浓度为12.000 g/100 mL,使用时根据实际需要进行稀释配制,所有样品的温度均维持在25℃。

1.2 方法

1.2.1 感官评价员选拔和培训

感官实验在专业感官室内进行,室温20℃,室内相对湿度60%。

专业的感官评价小组根据GB/T 16291.1—2012《感官分析 选拔、培训和管理评价员一般导则 第1部分:优选评价员》^[20]进行选拔和培训。根据GB/T 12312—2012《感官分析 味觉敏感度的测定方法》^[21]对65名来自上海海洋大学食品学院的学生志愿者进行味觉识别和阈值识别的测试,对通过测试的志愿者进行进一步选拔和培训。根据GB/T 12312—2012中推荐的8个鲜味稀释液质量浓度(D1: 0.100 g/100 mL, D2: 0.070 g/100 mL, D3: 0.049 g/100 mL, D4: 0.034 g/100 mL, D5: 0.024 g/100 mL, D6: 0.017 g/100 mL, D7: 0.012 g/100 mL, D8: 0.008 g/100 mL)设计成对比较检验,提供2个相邻的稀释液各15 mL作为一组测试样品,样品盛放于透明品尝杯中并用随机3位数进行编号,要求每个受试者按从左至右的顺序品尝,将左边杯中样品

全部放入口中进行充分品尝后吐出,用提供的清水漱口后按同样的步骤继续品尝右边杯中样品,比较后选出二者中鲜味较强的样品,每次测试后统计结果并挑选能够正确作答的受试者进行下一轮检验。第1轮测试选用D1和D2稀释液作为测试样品,第2轮选用D2和D3稀释液,以此类推,共进行7轮测试。最终的评价小组由12名年龄23~26岁(平均年龄 (24.08 ± 0.86))且男女各半的评价员组成。

1.2.2 滋味特性描述

表1 琥珀酸二钠与谷氨酸钠的呈味特性及文献阈值
Table 1 Taste properties and thresholds of WSA and MSG

鲜味物质	呈味特性	阈值/(g/100 mL)
琥珀酸二钠 ^[22]	鲜味	0.030
谷氨酸钠 ^[23]	鲜味	0.012

采用描述检验方法,分别提供2倍阈值质量浓度的琥珀酸二钠溶液与谷氨酸钠溶液作为样品,如表1所示。每个样品15 mL,要求受试者将所有样品放入口中进行充分品尝后吐出,用提供的清水漱口并对样品滋味进行描述,随后进行下一个样品。由12个人组成的小组对其进行统一讨论,最后达成一致。

1.2.3 琥珀酸二钠相对鲜味强度测定

参照GB/T 12310—2012《感官分析 成对比较检验》^[24]采用成对比较检验,根据预实验分别配制质量浓度如表2所示的琥珀酸二钠溶液与3个不同质量浓度的谷氨酸钠溶液,谷氨酸钠溶液的质量浓度之间保持5%对数间隔。分别向感官人员随机提供一组琥珀酸二钠溶液与谷氨酸钠溶液各15 mL作为样品,要求受试者将样品全部放入口中进行充分品尝后吐出,每品尝完一个样品用清水漱口,选出每组中鲜味较强的样品。休息30 s后进行下一组样品测试。每组样品平行3次。统计各样品被选择的次数,并根据实验总次数计算各样品的相应选择率。

表2 琥珀酸二钠质量浓度及对应的谷氨酸钠质量浓度
Table 2 Concentrations of WSA and MSG

琥珀酸二钠质量浓度/(g/100 mL)	谷氨酸钠质量浓度/(g/100 mL)		
0.045	0.040	0.045	0.050
0.050	0.045	0.050	0.056
0.060	0.056	0.063	0.071
0.080	0.075	0.084	0.094
0.100	0.095	0.107	0.120

1.2.4 琥珀酸二钠与谷氨酸钠的相互作用测定

参照实际应用时谷氨酸钠的一般添加比例,向评价小组提供了0.300、0.400、0.500 g/100 mL以及0.600 g/100 mL的谷氨酸钠溶液,要求评价员选出其中鲜味最为自己喜爱的样品,根据12名评价员的选择结果,最终选定谷氨酸钠溶液的质量浓度为0.300 g/100 mL。

分别配制谷氨酸钠与琥珀酸二钠的比例为30:1、15:1、10:1、6:1、3:1的复合溶液,即复合溶液中的琥珀酸二钠质量浓度分别为0.010、0.020、0.030、0.050 g/100 mL及0.100 g/100 mL。采用成对比较检验测定各复合溶液的相对谷氨酸钠质量浓度,以此表示整体鲜味强度,并评价琥珀酸二钠与谷氨酸钠的相互作用情况。复合溶液与3个谷氨酸钠溶液样品的质量浓度如表3所示,其中谷氨酸钠溶液质量浓度间保持3%对数间隔。实验方法同1.2.3节。

表3 复合溶液琥珀酸二钠的质量浓度及对应的谷氨酸钠质量浓度
Table 3 Concentrations of WSA and MSG in mixed solutions

复合溶液中琥珀酸二钠 质量浓度/(g/100 mL)	谷氨酸钠质量浓度/(g/100 mL)		
0.010	0.030	0.032	0.034
0.020	0.033	0.035	0.037
0.030	0.035	0.037	0.392
0.050	0.466	0.498	0.532
0.100	0.410	0.438	0.466

1.2.5 不同复合溶液的喜好度测定

根据1.2.4节中的质量浓度配制复合溶液作为样品。从上海海洋大学食品学院招募50名志愿者(平均年龄 (23.68 ± 1.33)),采用9点标度法分别测定喜好度,−4分为极度不喜欢,4分为极度喜欢。每个样品平行3次。

1.3 数据处理与统计分析

采用SPSS 22.0进行数据处理与检验分析, P 值小于0.05作为差异显著的要求。所有测定结果均以 $\bar{x} \pm s$ 表示。

2 结果与分析

2.1 滋味特性描述

表4 琥珀酸二钠与谷氨酸钠样品的滋味特性
Table 4 Taste properties of WSA and MSG samples

样品	滋味特性描述
琥珀酸二钠溶液	入口鲜甜味,后有轻微酸涩味
谷氨酸钠溶液	鲜味单一且短暂

如表4所示,评价小组对琥珀酸二钠样品的滋味描述为鲜甜味及轻微酸涩味。琥珀酸二钠是琥珀酸和碱在液态条件下进行中和反应后生成的产物^[25],因此样品中不可避免的存在微量呈酸味的琥珀酸及琥珀酸一钠,且二者阈值远低于琥珀酸二钠;同时琥珀酸二钠作为弱酸盐在水溶液中以多种表现形式达到平衡。因此溶液中的微量琥珀酸或琥珀酸一钠等可能是使样品呈现轻微酸涩味的原因。由于琥珀酸二钠溶液样品的味觉特性非单一,因此后续实验中要求感官员仅针对样品间的鲜味强弱进行评价。

2.2 琥珀酸二钠相对鲜味强度测定

根据GB 2760—2014《食品添加剂使用标准》规定,

琥珀酸二钠作为食品添加剂应用时,其最大使用量为20 g/kg。以该数据为指导,结合琥珀酸二钠阈值及实际感官反馈,最终确定本实验中所测定琥珀酸二钠的质量浓度范围为0.045~0.100 g/100 mL。

2.2.1 0.045 g/100 mL琥珀酸二钠相对鲜味强度的测定

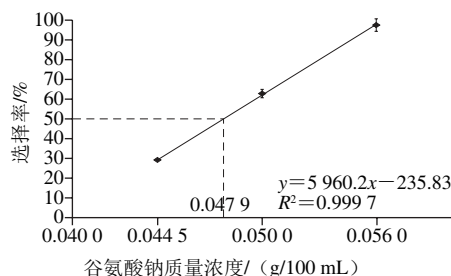


图1 0.045 g/100 mL琥珀酸二钠的相对谷氨酸钠质量浓度

Fig. 1 MSG concentration equivalent to 0.045 g/100 mL WSA

统计12名感官人员的作答情况,分别计算出0.040、0.045、0.050 g/100 mL谷氨酸钠分别对应的选择率并作回归曲线,如图1所示。选择率为50%处对应的谷氨酸钠质量浓度即为同等鲜味强度条件下0.045 g/100 mL琥珀酸二钠的相对谷氨酸钠质量浓度。

2.2.2 0.045~0.100 g/100 mL琥珀酸二钠相对鲜味强度的测定

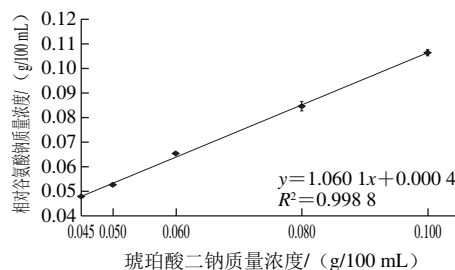
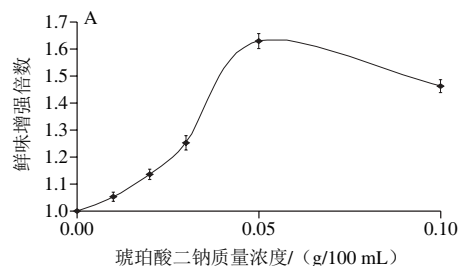


图2 琥珀酸二钠相对谷氨酸钠质量浓度曲线

Fig. 2 Standard curve of MSG concentrations equivalent to WSA

分别测定5个质量浓度琥珀酸二钠的相对谷氨酸钠质量浓度。参考相对甜度的计算方法^[26-27],由图2可知,琥珀酸二钠的相对谷氨酸钠鲜味强度值为1.0601,即在本质量浓度范围内质量浓度为1 g/100 mL的琥珀酸二钠与质量浓度为1.0601 g/100 mL的谷氨酸钠具有相同鲜味强度。

2.3 琥珀酸二钠与谷氨酸钠的相互作用测定



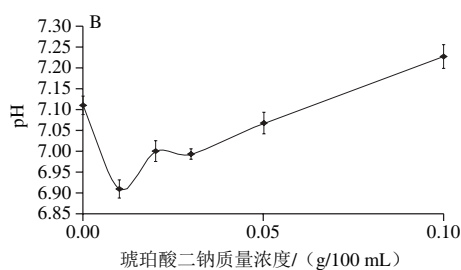


图3 添加不同量琥珀酸二钠的复合溶液鲜味增强倍数曲线 (A) 和复合溶液的pH值 (B)

Fig. 3 Increase factor of umami taste (A) and pH value (B) of different mixed solutions

如图3A所示, 琥珀酸二钠与谷氨酸钠存在明显的鲜味相乘作用。琥珀酸二钠的呈味阈值为0.030 g/100 mL, 谷氨酸钠能够降低琥珀酸二钠的呈味阈值。当谷氨酸钠与琥珀酸二钠添加比例小于6:1时, 随着添加量的增加, 复合溶液的鲜味增强倍数呈指数趋势上升, 之后随着添加量的增加, 鲜味增强倍数反而开始下降。李永歌等^[28]指出当谷氨酸钠和琥珀酸二钠比例在5:1~10:1范围内混合时鲜味强度达到最大值, 为谷氨酸钠的2倍。本实验结果显示在谷氨酸钠和琥珀酸二钠添加量比例为6:1时混合溶液的鲜味强度达到最大, 为谷氨酸钠的1.63倍, 与之基本相符。袁亦丞^[29]研究表明, 琥珀酸与谷氨酸钠共同存在时具有相乘作用, 但用量超过谷氨酸钠的1/10后由于体系酸性增强易使谷氨酸钠变成谷氨酸而降低呈味力。结合图3B可以看出, 未加入琥珀酸二钠时0.300 g/100 mL谷氨酸钠的pH值为7.10, 加入0.010 g/100 mL琥珀酸二钠后pH值明显降低至6.91, 随着添加量的逐渐增加, pH值也重新升高至7.00以上。冯珍泉等^[30]指出, 0.5 g/100 mL谷氨酸钠在pH值为7.0的时鲜味最强, 此后随着pH值升高鲜味强度逐渐降低; 而0.5 g/100 mL琥珀酸二钠的鲜味强度在pH 7.5时达到最大, pH值较低时琥珀酸二钠以琥珀酸及琥珀酸一钠形式存在, 因此鲜味较弱。结合本实验的测定结果, 混合溶液鲜味强度达到最大值时的pH值为7.06, 此时谷氨酸钠的鲜味强度达到较高水平, 且此时琥珀酸二钠以琥珀酸二钠及琥珀酸一钠形式共同存在, 对谷氨酸钠的鲜味有促进作用。此后随着pH值升高, 谷氨酸钠的鲜味强度降低, 导致整体鲜味强度下降。

2.4 不同复合溶液的喜好度测定

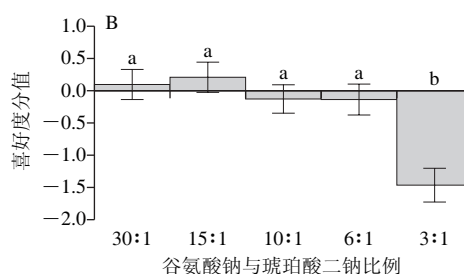
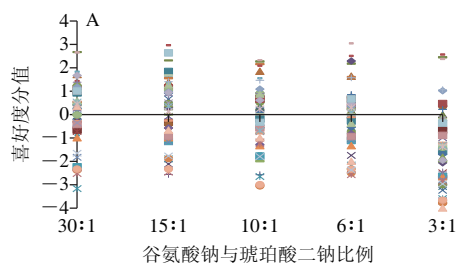


图4 琥珀酸二钠不同添加比例的复合溶液喜好度得分

Fig. 4 Hedonic liking of different mixed solutions

采用9点标度法对5个复合溶液进行喜好度测定。50名志愿者对5个复合溶液的喜好情况如图4所示, 不同点代表不同感官员对相应样品的喜好度打分。琥珀酸二钠添加比例在15:1时复合溶液的喜好度最高, 之后依次是30:1、10:1、6:1和3:1, 琥珀酸二钠添加量最高的复合溶液与其他4个复合溶液间存在显著性差异。结合2.3节结果, 随着琥珀酸二钠添加量的增加, 复合溶液的鲜味强度先增加后降低, 并且酸涩味逐渐增强, 这可能是导致喜好度降低的主要因素。结合测定的pH值, 较受喜好的样品呈中性或弱酸性, 且随着pH值的升高, 样品的喜好度逐渐降低。此外, 所有喜好度较高的样品的相对谷氨酸钠质量浓度均低于0.40 g/100 mL, 且喜好度最高的样品的相对谷氨酸钠质量浓度约为0.35 g/100 mL, 此结果在实际应用中也可作为参考。

3 结论

本实验运用感官评价方法探究了琥珀酸二钠与谷氨酸钠间的相互作用关系, 结果表明随着琥珀酸二钠添加量的增加, 琥珀酸二钠与谷氨酸钠复合溶液的整体鲜味强度先增强后减弱, 并在谷氨酸钠与琥珀酸二钠添加比例为6:1时达到峰值, 此时鲜味增强1.63倍。同时对不同琥珀酸二钠添加比例的复合溶液进行了喜好度测评, 发现随着添加比例的增加, 对复合溶液的喜好度先上升后下降, 在谷氨酸钠与琥珀酸二钠添加比例为15:1时的喜好度最高, 此时pH值呈中性。因此建议在实际应用中将谷氨酸钠与琥珀酸二钠的添加比例控制在10:1以下, 并调节pH值为中性, 此时既能达到较高的鲜味相乘效果又能保证良好的口感。

参考文献:

- [1] IKEDA K. On a new seasoning[J]. Journal of Tokyo Chemistry Society, 1908, 30: 820-836. DOI:10.1093/chemse/27.9.847.
- [2] 季鸿崑. 鲜味的尴尬[J]. 扬州大学烹饪学报, 2012(1): 24-29. DOI:10.3969/j.issn.1009-4717.2012.01.006.

- [3] 刘源, 王文利, 张丹妮. 食品鲜味研究进展[J]. 中国食品学报, 2017, 17(9): 1-10. DOI:10.16429/j.1009-7848.2017.09.001.
- [4] WANG S, HE Y, WANG Y Y, et al. Comparison of flavour qualities of three sourced *Eriocheir sinensis*[J]. Food Chemistry, 2016, 200: 24-31. DOI:10.1016/j.foodchem.2015.12.093.
- [5] YUE J, ZHANG Y F, JIN Y F, et al. Impact of high hydrostatic pressure on non-volatile and volatile compounds of squid muscles[J]. Food Chemistry, 2016, 194: 12-19. DOI:10.1016/j.foodchem.2015.07.134.
- [6] PHAT C, MOON B K, LEE C. Evaluation of umami taste in mushroom extracts by chemical analysis, sensory evaluation, and an electronic tongue system[J]. Food Chemistry, 2016, 192: 1068-1077. DOI:10.1016/j.foodchem.2015.07.113.
- [7] LI W, GU Z, YANG Y, et al. Non-volatile taste components of several cultivated mushrooms[J]. Food Chemistry, 2014, 143: 427-431. DOI:10.1016/j.foodchem.2013.08.006.
- [8] NGAPO T M, VACHON L. Umami and related components in "chilled" pork for the Japanese market[J]. Meat Science, 2016, 121: 365-374. DOI:10.1016/j.meatsci.2016.05.005.
- [9] JAYASENA D D, JUNG S, KIM H J, et al. Taste-active compound levels in Korean native chicken meat: the effects of bird age and the cooking process[J]. Poultry Science, 2015, 94(8): 1964-1972. DOI:10.3382/ps/pev154.
- [10] ZHAO C J, SCHIEBER A, GAENZLE M G. Formation of taste-active amino acids, amino acid derivatives and peptides in food fermentations: a review[J]. Food Research International, 2016, 89: 39-47. DOI:10.1016/j.foodres.2016.08.042.
- [11] LIN S Y, LO Y C, CHEN Y K, et al. Nonvolatile taste components and functional compounds of commercial soy sauce products[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2015, 39(6): 2680-2686. DOI:10.1111/jfpp.12518.
- [12] YU Z L, JIANG H R, GUO R C, et al. Taste, umami-enhance effect and amino acid sequence of peptides separated from silkworm pupa hydrolysate[J]. Food Research International, 2018, 108: 144-150. DOI:10.1016/j.foodres.2018.02.047.
- [13] KIM M J, SON H J, KIM Y, et al. Umami-bitter interactions: the suppression of bitterness by umami peptides via human bitter taste receptor[J]. Biochemical and Biophysical Research Communications, 2015, 456(2): 586-590. DOI:10.1016/j.bbrc.2014.11.114.
- [14] ZHANG Y, VENKITASAMY C, PAN Z L, et al. Novel umami ingredients: umami peptides and their taste[J]. Journal of Food Science, 2017, 82(1): 16-23. DOI:10.1111/1750-3841.13576.
- [15] FUKU S, KONOSU S. Taste-active components in some foods: a review of Japanese research[J]. Physiology & Behavior, 1991, 49(5): 863-868. DOI:10.1016/0031-9384(91)90195-T.
- [16] LIU Y, ZHANG C H, CHEN S J. Comparison of active non-volatile taste components in the viscera and adductor muscles of oyster (*Ostrea rivularis* Gould)[J]. Food Science and Technology Research, 2013, 19(3): 417-424. DOI:10.3136/fstr.19.417.
- [17] 冯容保. 有机酸鲜味剂[J]. 发酵科技通讯, 2002, 31(2): 29. DOI:10.3969/j.issn.1674-2214.2002.02.010.
- [18] 翁世兵, 孙恢礼. 海产鲜味物质及海产品特征滋味的研究进展[J]. 中国调味品, 2007, 32(11): 21-27. DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2007.11.003.
- [19] 国家卫生和计划生育委员会. 食品添加剂使用标准: GB 2760—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [20] 农业部. 感官分析 选拔、培训和管理评价员一般导则 第1部分: 优选评价员: GB/T 16291.1—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [21] 农业部. 感官分析 味觉敏感度的测定方法: GB/T 12312—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [22] 孙芝杨. 鲜味剂的应用及发展前景[J]. 中国调味品, 2011, 36(6): 1-3. DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2011.06.001.
- [23] YAMAGUCHI S. The umami taste[J]. American Chemical Society, 1979, 115: 33-51. DOI:10.1021/bk-1979-0115.ch002.
- [24] 农业部. 感官分析 成对比较检验: GB/T 12310—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [25] 伍军, 白云起, 苏亮, 等. 琥珀酸钠固相反应工业化生产技术及优化研究[J]. 中国食品学报, 2014, 14(12): 94-99. DOI:10.16429/j.1009-7848.2014.12.023.
- [26] PARRISH F W, TALLEY F B, ROSS K D, et al. Sweetness of lactulose relative to sucrose[J]. Journal of Food Science, 2010, 44(3): 813-815. DOI:10.1111/j.1365-2621.1979.tb08509.x.
- [27] PANGBORN R M. Relative taste intensities of selected sugars and organic acids[J]. Journal of Food Science, 1963, 28(6): 726-733. DOI:10.1111/j.1365-2621.1963.tb01680.x.
- [28] 李永歌, 刘立新. 琥珀酸二钠在食品中的应用[J]. 中国调味品, 2013, 38(3): 109-111. DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2013.03.027.
- [29] 袁亦丞. 鲜味剂简介与调味品的开发[J]. 食品工业, 1997(5): 13-14.
- [30] 冯珍泉, 李树标, 郝武斌, 等. pH对多种鲜味剂滋味的影响[J]. 中国食品添加剂, 2017(2): 144-148. DOI:10.3969/j.issn.1006-2513.2017.02.016.