

葵花籽肽 ALEPIER 呈鲜机制及其鲜味稳定性

李婉秋, 李 瑞, 赵晓熠, 包小兰

(内蒙古农业大学 食品科学与工程学院, 呼和浩特 010018)

摘要:为评估葵花籽肽 ALEPIER 作为鲜味剂的实际应用价值,通过 TS-5000Z 智能味觉分析系统(电子舌)测定了葵花籽肽 ALEPIER 的呈鲜能力并利用分子对接技术探究其呈鲜机制,并与味精(谷氨酸钠,MSG)进行对比,探讨加工条件(pH、温度)和常见食品辅料(氯化钠、蔗糖、柠檬酸)对葵花籽肽 ALEPIER 鲜味的影响,考察其鲜味稳定性。另外,探讨了葵花籽肽 ALEPIER 对 MSG 鲜味的增强作用。结果表明:葵花籽肽 ALEPIER 的鲜味值和鲜回味值分别为 4.09 和 1.02,均高于 MSG 的(3.27 和 0.84);分子对接结果显示葵花籽肽 ALEPIER 中的谷氨酸、精氨酸、亮氨酸和丙氨酸与鲜味受体 T1R1/T1R3 上的 His71、Asp147、Ser148、Thr149、Ala170、Ser172、Tyr220、Ser276、Glu301 和 Ser385 等氨基酸残基的结合是葵花籽肽呈鲜的关键机制;在 pH 4.0~8.0 范围内,葵花籽肽 ALEPIER 鲜味值随着 pH 的上升而显著上升;在 20~121℃ 范围内,葵花籽肽 ALEPIER 的鲜味值不随温度的变化而改变;氯化钠可提升葵花籽肽 ALEPIER 的鲜味值;蔗糖对葵花籽肽 ALEPIER 鲜味值没有显著影响;柠檬酸会降低葵花籽肽 ALEPIER 的鲜味值;葵花籽肽 ALEPIER 可以通过协同作用增强 MSG 的鲜味。综上,葵花籽肽 ALEPIER 可作为新型鲜味剂进行开发利用。

关键词:葵花籽肽;ALEPIER;鲜味;稳定性

中图分类号:TS229;TQ936

文献标识码:A

文章编号:1003-7969(2023)04-0033-06

Umami mechanism and umami stability of sunflower seed peptide ALEPIER

LI Wanqiu, LI Rui, ZHAO Xiaoyi, BAO Xiaolan

(College of Food Science and Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

Abstract:To evaluate the application value of sunflower seed peptide ALEPIER as an umami agent, the umami capacity of sunflower seed peptide ALEPIER was determined through TS-5000Z intelligent taste analysis system (E-Tongue), and the umami mechanism of sunflower seed peptide ALEPIER was explored by molecular docking technology. Comparing with monosodium glutamate (MSG), the effects of processing conditions (pH, temperature) and common food excipients (sodium chloride, sucrose, citric acid) on the umami of sunflower seed peptide ALEPIER were discussed to study its umami stability, and the enhancement effect of sunflower seed peptide ALEPIER on the umami of MSG was discussed. The results showed that the umami value and umami aftertaste value of sunflower seed peptide ALEPIER were 4.09 and 1.02, respectively, higher than those of MSG (3.27 and 0.84). The results of molecular docking showed that the binding of glutamate, arginine, leucine and alanine in sunflower seed peptide ALEPIER with amino acid residues such as His71, Asp147, Ser148, Thr149, Ala170, Ser172, Tyr220, Ser276, Glu301 and Ser385 on umami receptor T1R1/T1R3 was the key umami mechanism of sunflower seed peptide ALEPIER. In the range of pH 4.0-8.0, the umami value of sunflower seed peptide

ALEPIER significant increased with the increase of pH. In the temperature range from 20℃ to 121℃, the umami value of sunflower seed peptide ALEPIER did not change with the change of temperature. Sodium chloride could enhance the umami value of sunflower seed peptide ALEPIER. Sucrose had no significant effect on the umami

收稿日期:2022-02-12;修回日期:2022-12-06

基金项目:国家自然科学基金地区科学基金(31860423);
内蒙古自治区科技计划项目(2020GG0064)

作者简介:李婉秋(1997),女,硕士研究生,研究方向为粮食、油脂及植物蛋白工程(E-mail)992444708@qq.com。

通信作者:包小兰,教授,博士(E-mail)xl06@163.com。

value of sunflower seed peptide ALEPIER. Citric acid could reduce the umami value of sunflower seed peptide ALEPIER. Sunflower seed peptide ALEPIER could enhance the umami of MSG through synergistic effect. In conclusion, sunflower seed peptide ALEPIER can be developed and utilized as a new umami agent.

Key words: sunflower seed peptide; ALEPIER; umami; stability

鲜味(Umami)是一种令人感觉愉悦的味道,目前人们发现呈鲜味的物质有氨基酸类、核苷酸类和鲜味肽等^[1-3],其中鲜味肽以其良好的增鲜效果、加工特性和营养价值等备受关注^[4]。鲜味肽广泛分布于动植物食品中,如酱油、花生蛋白、小麦蛋白和鸡肉等^[5-9],这些不同来源的鲜味肽均有在实际生产中作为鲜味剂应用的潜力^[10]。

许多学者通过分子对接技术对鲜味肽的呈鲜机制进行研究并发现鲜味肽与鲜味受体的相互作用是呈鲜的关键^[11]。小鼠的基因敲除实验证明鲜味受体 T1R1/T1R3 是感知鲜味的主要受体^[12]。Zhu 等^[13]通过同源建模法构建了鲜味受体 T1R1/T1R3 模型,通过分子对接技术探究鱼露鲜味肽与鲜味受体的相互作用,发现 Asp196、Glu128 和 Glu197 是主要的结合位点。Zhang 等^[14]通过分子对接技术研究了味精(谷氨酸钠,MSG)呈鲜机制,发现鲜味受体 T1R1/T1R3 的氨基酸残基 Ser172、Ala170、Ala302 和 Tyr220 是关键的结合位点。

鲜味肽在实际应用中常需加热、酸碱处理等加工环节,另外鲜味肽作为鲜味剂势必会与食品中的其他组分混合加工,为此探讨分析加工过程中温度、pH 及食品成分对其鲜味的影响具有一定的必要性。

本实验室前期利用风味蛋白酶水解葵花籽蛋白得到呈鲜味的葵花籽蛋白水解物,以鲜味值为指标,经过超滤、凝胶过滤色谱和反相高效液相色谱对葵花籽蛋白水解物进行分离纯化,利用串联质谱鉴定出序列为 ALEPIER 的葵花籽肽。但葵花籽肽 ALEPIER 呈鲜能力及机制、稳定性与其对 MSG 的鲜味增强作用尚不明确,无法评估其实际应用价值。为此本研究利用固相合成法合成葵花籽肽 ALEPIER 并探究其呈鲜能力,通过分子对接技术探究其呈鲜机制,而后探讨 pH、温度、氯化钠、蔗糖和柠檬酸等对其鲜味的影响,同时研究葵花籽肽 ALEPIER 对 MSG 的鲜味增强作用,以期对葵花籽肽 ALEPIER 的实际生产应用提供一定的理论基础。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 原料与试剂

葵花籽肽 ALEPIER(纯度 98.34%,分子量

826.95 Da),委托上海强耀生物科技有限公司采用固相合成法对本实验室鉴定得到已知氨基酸序列即一级结构的葵花籽肽进行合成;谷氨酸钠(MSG),希杰生物科技有限公司;氢氧化钠、氢氧化钾、盐酸、氯化钠、蔗糖、柠檬酸,国药集团化学试剂有限公司。

1.1.2 仪器与设备

PHSJ-4A 酸度计,上海雷磁仪器电科学仪器股份有限公司;TS-5000Z 智能味觉分析系统,日本 Insent 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 鲜味值和鲜回味值的测定

采用 TS-5000Z 智能味觉分析系统(电子舌)进行样品鲜味分析。根据 Wang 等^[11]方法稍加改动,使用蒸馏水将葵花籽肽 ALEPIER 和 MSG 分别配制成质量浓度为 0.1 mg/mL 的溶液,采用 1 mol/L NaOH 调节 pH 至 7.0,取 70 mL 样品溶液进行味觉测试,得到鲜味值和鲜回味值。每个样品进行 4 次数据采集,去除第 1 次数据取余下 3 次数据分析,以保证数据的可靠性和稳定性。

1.2.2 葵花籽肽 ALEPIER 呈鲜机制分析

使用 Modeller 9.17 构建鲜味受体 T1R1/T1R3 模型,使用拉式图对模型的合理性进行评估。使用 Pymol 构建葵花籽肽 ALEPIER 结构,使用 AutoDock Vine^[15]对葵花籽肽 ALEPIER 与鲜味受体 T1R1/T1R3 模型进行分子对接,找出关键结合位点。

1.2.3 葵花籽肽 ALEPIER 鲜味稳定性分析

1.2.3.1 pH 对葵花籽肽 ALEPIER 鲜味的影响

配制质量浓度为 0.1 mg/mL 的葵花籽肽 ALEPIER 溶液,在室温下分别用 1 mol/L HCl 或 NaOH 调节葵花籽肽 ALEPIER 溶液 pH 为 4.0、5.0、6.0、7.0、8.0,测定不同 pH 下溶液的鲜味值,同时测定相同条件下 MSG 溶液的鲜味值作对比。

1.2.3.2 温度对葵花籽肽 ALEPIER 鲜味的影响

配制质量浓度为 0.1 mg/mL、pH 为 7.0 的葵花籽肽 ALEPIER 溶液,在 20、40、60、80、100、121 °C 下分别处理 15、30、60 min,冷却至室温,测定溶液的鲜味值,同时测定相同条件下 MSG 溶液的鲜味值作对比。

1.2.3.3 氯化钠、蔗糖和柠檬酸对葵花籽肽 ALEPIER 鲜味的影响

分别配制质量浓度为 0.1 mg/mL, pH 为 7.0 的葵花籽肽 ALEPIER 溶液, 分别添加终质量浓度 0.02、0.04、0.06、0.08、0.10 mg/mL 的氯化钠、蔗糖和柠檬酸, 测定溶液的鲜味值, 同时测定相同条件下 MSG 溶液的鲜味值作对比。

1.2.4 葵花籽肽 ALEPIER 对 MSG 鲜味的增强作用

配制质量浓度为 0.1 mg/mL、pH 为 7.0 的 MSG 溶液, 分别添加终质量浓度为 0.02、0.04、0.06、0.08、0.10 mg/mL 的葵花籽肽 ALEPIER 和 MSG, 测定溶液的鲜味值。

1.2.5 数据分析

实验均重复 3 次, 结果以“平均值 ± 标准差”表示。使用 SPSS 22.0 进行独立样本 *t* 检验和方差分析, 不同字母表示显著差异性 ($p < 0.05$)。采用 Origin 2018 作图。

2 结果与分析

2.1 葵花籽肽 ALEPIER 的呈鲜分析

利用 TS-5000Z 智能味觉分析系统对葵花籽肽 ALEPIER 和 MSG 的鲜味值和鲜回味值进行测定, 结果如图 1 所示。

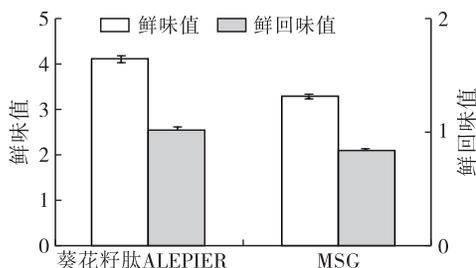


图 1 葵花籽肽 ALEPIER 和 MSG 的鲜味值及鲜回味值

由图 1 可看出, 葵花籽肽 ALEPIER 的鲜味值为 4.09, 鲜回味值为 1.02, 均高于 MSG 的 (3.27、0.84)。

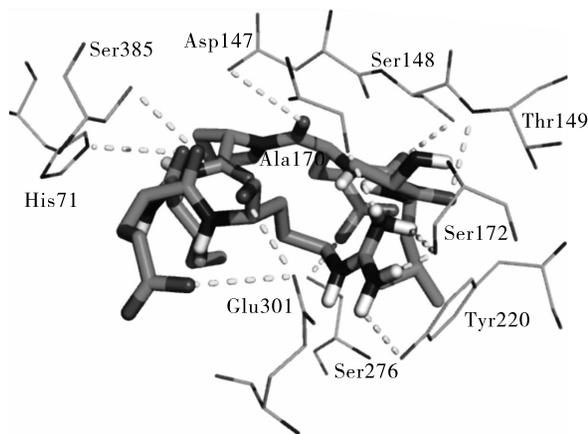
有研究表明鲜味肽一般有谷氨酸(E)和天冬氨酸(D)等呈鲜味氨基酸^[16], 如 Rhyu 等^[3]发现含有谷氨酸和天冬氨酸两种鲜味氨基酸的小分子肽是韩国豆酱中鲜味主要来源。此外, 有研究表明疏水性氨基酸有助于鲜味的产生, 如亮氨酸(L)、脯氨酸(P)等疏水性氨基酸是多数鲜味肽的重要组成成分^[17]。另外, 有研究发现分子质量小于 1 kDa 的组分具有更强的鲜味, 如都荣强等^[18]对猪肉蛋白酶解液的研究与阿衣古丽·阿力木等^[19]对酵母抽提物鲜味肽的研究均表明分子质量小于 1 kDa 的组分鲜味最强。

葵花籽肽 ALEPIER 中含有两个谷氨酸(E)残基, 占比较高, 同时具有脯氨酸(P)和亮氨酸(L)等

疏水性氨基酸, 并且其分子质量小于 1 kDa, 这些特性可能是葵花籽肽 ALEPIER 呈现较好的鲜味和鲜回味的的原因。

2.2 葵花籽肽 ALEPIER 的呈鲜机制

通过拉式图对构建的鲜味受体 T1R1/T1R3 模型的合理性进行评估, 得到鲜味受体 T1R1/T1R3 拉式图的允许区域氨基酸残基为 99.5%, 符合 90% 临界原则^[20], 因此鲜味受体 T1R1/T1R3 模型构建合理。将葵花籽肽 ALEPIER 与鲜味受体 T1R1/T1R3 进行分子对接, 结果见图 2。



注: 柱状结构为葵花籽肽 ALEPIER, 线状结构为鲜味受体 T1R1/T1R3 与葵花籽肽结合氨基酸残基, 虚线为氢键

图 2 葵花籽肽 ALEPIER 与鲜味受体 T1R1/T1R3 分子对接结果

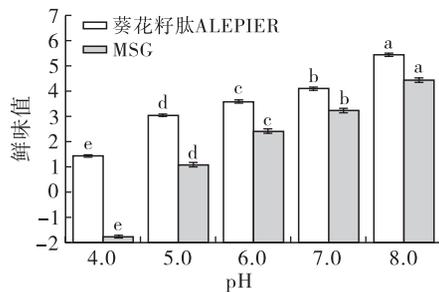
由图 2 可知, 葵花籽肽 ALEPIER 的谷氨酸、精氨酸、亮氨酸和丙氨酸与鲜味受体 T1R1/T1R3 的氨基酸残基 His71、Asp147、Ser148、Thr149、Ala170、Ser172、Tyr220、Ser276、Glu301 和 Ser385 相结合。表明葵花籽肽 ALEPIER 与鲜味受体 T1R1/T1R3 上氨基酸残基 His71、Asp147、Ser148、Thr149、Ala170、Ser172、Tyr220、Ser276、Glu301 和 Ser385 的结合是葵花籽肽 ALEPIER 呈鲜的关键机制。

Yu 等^[21]以虾夷扇贝肌动蛋白为原料经过虚拟酶解得到的鲜味肽为配体与鲜味受体 T1R1/T1R3 结合, 肽与 T1R1 的主要结合氨基酸残基为 Gln27、Gln52、Asp147、Ser148、Arg151、Ala170 和 Arg307。Zhang 等^[14]研究了 MSG 的呈鲜机制, 发现 MSG 与鲜味受体 T1R1/T1R3 的 T1R1 的主要结合氨基酸残基为 Ala170、Ser172、Tyr220 和 Ala302。以上研究结果的鲜味物质与鲜味受体 T1R1/T1R3 对接的关键性结合位点与本研究葵花籽肽 ALEPIER 与鲜味受体 T1R1/T1R3 结合的关键性氨基酸残基结果有相同之处。

2.3 葵花籽肽 ALEPIER 鲜味稳定性

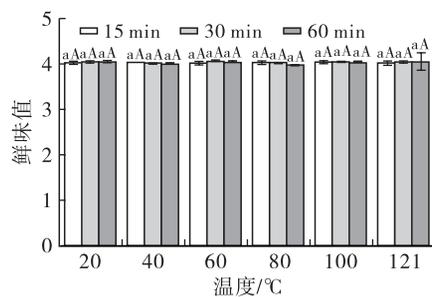
2.3.1 pH 对葵花籽肽 ALEPIER 鲜味的影响

pH 4.0~8.0 为食品体系中常用 pH 范围,因此在此范围内考察葵花籽肽 ALEPIER 和 MSG 鲜味的变化,结果见图 3。

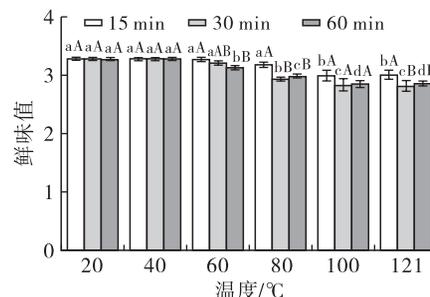


注:同一物质不同字母表示差异显著($p < 0.05$)

图3 pH 对葵花籽肽 ALEPIER 和 MSG 鲜味的影响



a) 葵花籽肽 ALEPIER



b) MSG

注:不同大写字母表示组内差异显著($p < 0.05$),不同小写字母表示组间差异显著($p < 0.05$)

图4 温度对葵花籽肽 ALEPIER 和 MSG 鲜味的影响

由图 4 可看出,在 20~121 °C 下处理 15~30 min 葵花籽肽 ALEPIER 的鲜味值保持稳定。而 MSG 在 20~40 °C 时鲜味值随着温度升高和加热时间延长保持不变,在 60~121 °C 时鲜味值随着加热时间延长和温度上升而下降。以上结果表明,相比 MSG,葵花籽肽 ALEPIER 具有较好的热稳定性。这可能与葵花籽肽 ALEPIER 分子质量较小有关,另外,在加热时 MSG 可能发生脱水反应使得 MSG 含量减少,从而使鲜味下降^[23]。Wang 等^[24]研究发现,从牛肉中分离得到的鲜味肽(BMP)也具有较好的热稳定性。

2.3.3 氯化钠、蔗糖和柠檬酸对葵花籽肽 ALEPIER 鲜味的影响

常见的食品辅料氯化钠、蔗糖和柠檬酸对葵花籽肽 ALEPIER 和 MSG 鲜味的影响如图 5~图 7 所示。

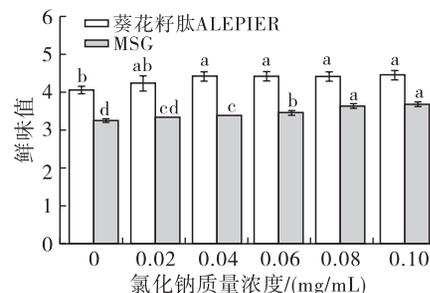
由图 5 可看出,在 0~0.10 mg/mL 范围内,葵花籽肽 ALEPIER 鲜味值随氯化钠质量浓度增大先上升后趋于稳定,溶液中氯化钠质量浓度为 0.10 mg/mL 时葵花籽肽 ALEPIER 鲜味值增加了 0.37。这表明氯化钠可以增强葵花籽肽 ALEPIER 的鲜味,葵花籽肽 ALEPIER 与氯化钠复配使用可以获得更好的味觉口感。Yu 等^[25]研究发现,氯化钠可以增加蚕蛹水解鲜味肽的鲜味;Hayashi 等^[26]研究发现,雪

由图 3 可看出,在 pH 4.0~8.0 范围内随着溶液 pH 的增加葵花籽肽 ALEPIER 和 MSG 的鲜味值均呈现上升的趋势,表明葵花籽肽 ALEPIER 和 MSG 在中性至碱性条件下呈现更好的鲜味。其原因可能是随着 pH 的增加葵花籽肽 ALEPIER 和 MSG 中电离出的正负离子与无机离子(Na^+)相互作用,使得溶液鲜味提升^[14]。冯珍泉等^[22]研究发现,在 pH 5.0~8.0 时大豆肽的鲜味随着 pH 增加而增加,与本研究结果一致。另外由图 3 还可以看出,在 pH 4.0~8.0 范围内葵花籽肽 ALEPIER 的鲜味值均高于 MSG 的。

2.3.2 温度对葵花籽肽 ALEPIER 鲜味的影响

温度对葵花籽肽 ALEPIER 和 MSG 鲜味的影响如图 4 所示。

蟹溶液缺少钠离子鲜味下降;均与本研究结果一致。另外,可以看出,在氯化钠质量浓度 0~0.10 mg/mL 范围的 MSG 鲜味值变化趋势与葵花籽肽 ALEPIER 的一致,但其鲜味值低于葵花籽肽 ALEPIER 的。



注:同一物质不同字母表示差异显著($p < 0.05$)。下同

图5 氯化钠对葵花籽肽 ALEPIER 及 MSG 鲜味的影响

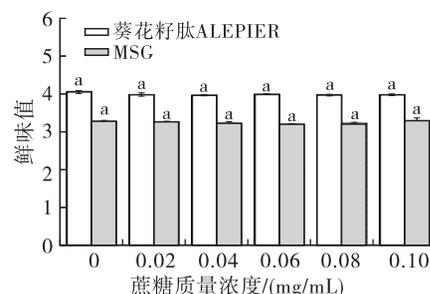


图6 蔗糖对葵花籽肽 ALEPIER 及 MSG 鲜味的影响

由图6可看出,在0~0.10 mg/mL范围内,随蔗糖质量浓度的增大葵花籽肽 ALEPIER 和 MSG 的鲜味值均无显著变化。表明在质量浓度0~0.10 mg/mL范围内蔗糖对葵花籽肽 ALEPIER 的鲜味无显著影响。

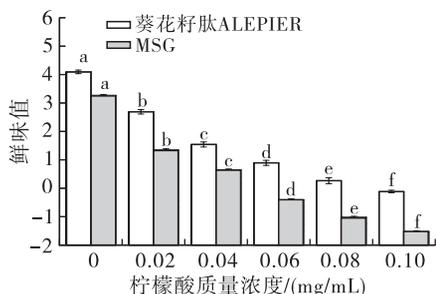
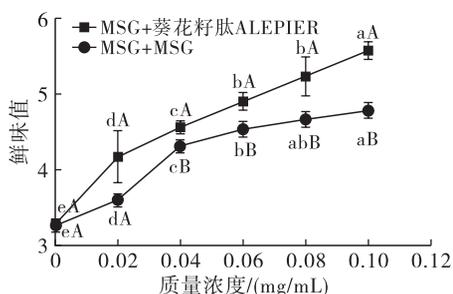


图7 柠檬酸对葵花籽肽 ALEPIER 及 MSG 鲜味的影响

由图7可看出,在0~0.10 mg/mL范围内,随柠檬酸质量浓度增大葵花籽肽 ALEPIER 的鲜味值显著下降。在柠檬酸质量浓度为0.10 mg/mL时葵花籽肽 ALEPIER 的鲜味值接近0,而柠檬酸对 MSG 的鲜味值影响更大,在柠檬酸质量浓度为0.10 mg/mL时鲜味值已达负数。随柠檬酸质量浓度的增大鲜味值下降可能与溶液 pH 下降有关,与2.3.1的结果相一致。这表明葵花籽肽 ALEPIER 在实际应用中为保证呈鲜效果应尽量避免与柠檬酸混合使用。

2.4 葵花籽肽 ALEPIER 对 MSG 鲜味的增强作用分析

通过在 MSG 溶液中添加葵花籽肽 ALEPIER 和 MSG 探究葵花籽肽 ALEPIER 对 MSG 鲜味的增强作用,结果如图8所示。



注:不同大写字母表示组间差异显著($p < 0.05$),不同小写字母表示组内差异显著($p < 0.05$)

图8 葵花籽肽 ALEPIER 对 MSG 鲜味的增强作用

由图8可看出,随着葵花籽肽 ALEPIER 质量浓度的增加,溶液的鲜味值从3.27显著提升到5.57。随着 MSG 质量浓度的增加,溶液的鲜味值显著提升,但在质量浓度为0.08 mg/mL以后,溶液鲜味值已无显著提升。这表明在添加量0~0.10 mg/mL范围内葵花籽肽 ALEPIER 可以显著增加 MSG 溶液的鲜味值。

3 结论

葵花籽肽 ALEPIER 的鲜味值和鲜回味值显著

高于 MSG 的,葵花籽肽 ALEPIER 的谷氨酸、精氨酸、亮氨酸和丙氨酸与鲜味受体 T1R1/T1R3 上的 His71、Asp147、Ser148、Thr149、Ala170、Ser172、Tyr220、Ser276、Glu301 和 Ser385 等氨基酸残基的结合是葵花籽肽 ALEPIER 呈鲜的关键机制。在 pH 4.0~8.0 范围内,随着 pH 的升高,葵花籽肽 ALEPIER 的鲜味值上升;在 20~121 °C 范围内葵花籽肽 ALEPIER 的鲜味值保持稳定;氯化钠可增加葵花籽肽 ALEPIER 的鲜味值,蔗糖对葵花籽肽 ALEPIER 的鲜味值没有显著影响,柠檬酸会降低葵花籽肽 ALEPIER 的鲜味值;葵花籽肽 ALEPIER 可以对 MSG 产生鲜味增强作用,显著提升 MSG 的鲜味。综上所述,葵花籽肽 ALEPIER 在加工过程中应避免过酸环境,避免与柠檬酸混合使用,可以与氯化钠和 MSG 复合使用。研究结果为葵花籽肽 ALEPIER 实际应用提供理论依据。

参考文献:

- [1] IKEDA K. New seasonings [J]. Chem Sens, 2002, 27 (9):847-849.
- [2] YAMAGUCHI S, NINOMIYA K. Umami and food palatability [J]. J Nutr, 2000, 130(4):921S-926S.
- [3] RHYU M R, KIM E Y. Umami taste characteristics of water extract of Doenjang, a Korean soybean paste: low-molecular acidic peptides may be a possible clue to the taste [J]. Food Chem, 2011, 127(3):1210-1215.
- [4] 余霞琴. 鲜味受体 T1R1/T1R3 的结构模拟及其与鲜味六肽作用研究 [D]. 上海:上海海洋大学,2017.
- [5] YAMASAKI Y, MAEKAWA K. A peptide with delicious taste [J]. Agric Biol Chem, 1978, 42(9):1761-1765.
- [6] 庄明珠. 酱油鲜味肽的分离纯化鉴定及呈味特性研究 [D]. 广州:华南理工大学,2015.
- [7] DANG Y, GAO X, MA F, et al. Comparison of umami taste peptides in water-soluble extractions of Jinhua and Parma hams [J]. LWT - Food Sci Technol, 2015, 60(2):1179-1186.
- [8] 张佳男. 花生鲜味肽的释放及其鲜味强度提升作用研究 [D]. 广州:华南理工大学,2016.
- [9] CHEN M D, GAO X C, PAN D, et al. Taste characteristics and umami mechanism of novel umami peptides and umami-enhancing peptides isolated from the hydrolysates of Sanhuang chicken [J]. Eur Food Res Technol, 2021, 247 (7):1633-1644.
- [10] 李学鹏, 谢晓霞, 朱文慧, 等. 食品中鲜味物质及鲜味肽的研究进展 [J]. 食品工业科技, 2018, 39(22):319-327.
- [11] ZHANG Y, VENKITASAMY C, PAN Z L, et al. Novel umami ingredients: umami peptides and their taste [J]. J

- Food Sci, 2017, 82(1): 16–23.
- [12] 王莉, 伍圆明, 孙伟峰, 等. 鲜味肽与鲜味受体的研究进展[J]. 中国调味品, 2019, 44(2): 182–189.
- [13] ZHU W H, LUAN H W, BU Y, et al. Identification, taste characterization and molecular docking study of novel umami peptides from the Chinese anchovy sauce [J]. J Sci Food Agric, 2021, 101(8): 3140–3155.
- [14] ZHANG F, KLEBANSKY B, FINE R M, et al. Molecular mechanism for the umami taste synergism [J]. Proc Natl Acad Sci, 2008, 105(52): 20930–20934.
- [15] OLEG T, OLSON A J. AutoDock Vina: improving the speed and accuracy of docking with a new scoring function, efficient optimization, and multithreading [J]. J Comput Chem, 2010, 31(2): 455–461.
- [16] 刘希, 谭志辉, 朱立才, 等. 食品中鲜味肽和浓厚味肽的研究进展[J]. 广东化工, 2020, 47(8): 91–93.
- [17] 阮仕艳. 罗非鱼下颌水提鲜味肽的呈味特性及其作用机制研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2021.
- [18] 都荣强, 肖群飞, 范梦蝶, 等. 猪肉蛋白酶解液中鲜味肽组分的分离[J]. 中国食品学报, 2017, 17(9): 134–141.
- [19] 阿衣古丽·阿力木, 宋焕禄, 刘野, 等. 酵母抽提物在热反应中鲜味的变化及肽的鉴定[J]. 食品科学, 2019, 40(3): 9–15.
- [20] CARRASCOZA F, ZARIC S, SILAGHI – DUMITRESCU R. Computational study of protein secondary structure elements: ramachandran plots revisited [J]. J Mol Graph Modell, 2014, 50: 125–133.
- [21] YU Z P, KANG L X, ZHAO W Z, et al. Identification of novel umami peptides from myosin via homology modeling and molecular docking [J/OL]. Food Chem, 2021, 344(15): 128728 [2022–02–12]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128728>.
- [22] 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.
- [23] 王向阳, 金菲, 施青红, 等. 谷氨酸钠及I+G的热杀菌稳定性[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(5): 66–69.
- [24] WANG K, MAGA J A, BECHTELI P J. Taste properties and synergisms of beefy meaty peptide [J]. J Food Sci, 1996, 61(4): 837–839.
- [25] YU Z, JIANG H, GUO R, et al. Taste, umami – enhance effect and amino acid sequence of peptides separated from silkworm pupa hydrolysate [J]. Food Res Int, 2018, 108(7): 144–150.
- [26] HAYASHI T, YAMAGUCHI K, KONOSU S. Sensory analysis of taste – active components in the extract of boiled snow crab meat [J]. J Food Sci, 2010, 46(2): 479–483.
-
- (上接第15页)
- [16] 马君义, 闫辉强, 吕孝飞, 等. 陇南两种单品种VOO的理化性质和脂肪酸组成随成熟度的变化[J]. 中国粮油学报, 2020, 35(11): 72–79, 85.
- [17] 李雪, 张玉, 王君虹, 等. 特级初榨橄榄油中酚类化合物不同提取方法对比研究[J]. 中国油脂, 2020, 45(1): 102–107, 131.
- [18] 植物提取物及其制品中总多酚含量的测定 分光光度法: T/AHF I A 005—2018 [S]. 合肥: 安徽省食品行业协会, 2018.
- [19] GUDERJAN M, TOPFL S, ANGERSBACH A, et al. Impact of pulsed electric field treatment on the recovery and quality of plant oils [J]. J Food Eng, 2004, 67(3): 281–287.
- [20] PUÉRTOLAS E, MARANON I M D. Olive oil pilot – production assisted by pulsed electric field: impact on extraction yield, chemical parameters and sensory properties [J]. Food Chem, 2015, 167: 497–502.
- [21] ANDREWES P, BUSCH J L H C, DE JOODE T, et al. Sensory properties of virgin olive oil polyphenols: identification of deacetoxy – ligstroside aglycon as a key contributor to pungency [J]. J Agric Food Chem, 2003, 51(5): 1415–1420.
- [22] SERVILI M, MONTEDORO G F. Contribution of phenolic compounds to virgin olive oil quality [J]. Eur J Lipid Sci Tech, 2002, 104(9/10): 602–613.
- [23] 黄帅, 蒋瑞, 王强, 等. 酶处理对VOO品质及抗氧化活性的影响[J]. 中国粮油学报, 2020, 35(8): 104–110.
- [24] LOPEZ – GAMEZ G, ELEZ – MARTINEZ P, MARTIN – BELLOSO O, et al. Pulsed electric field treatment strategies to increase bioaccessibility of phenolic and carotenoid compounds in oil – added carrot purees [J/OL]. Food Chem, 2021, 364: 130377 [2021–12–27]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130377>.
- [25] ABENOZA M, BENITO M, SALDANA G, et al. Effects of pulsed electric field on yield extraction and quality of olive oil [J]. Food Bioproc Tech, 2013, 6(6): 1367–1373.
- [26] 韩锐, 邢文黎, 孔维宝, 等. 甘肃武都区5个主栽品种VOO的品质分析[J]. 中国油脂, 2017, 42(2): 146–150.