

海参肽饮品的加工工艺及品质分析

陈嘉钰¹, 唐 琨², 于志鹏^{1*}

(1. 渤海大学食品科学与工程学院, 锦州 121013; 2. 营口市皓轩实业有限公司, 营口 115000)

摘要: **目的** 研制海参肽饮品的加工工艺配方并进行饮品品质分析。**方法** 以鲜活刺参为原料, 利用酶解与纳滤技术, 获得海参肽酶解液, 加入药食同源辅料研制海参肽饮品。通过单因素试验和正交试验确定产品最优配方, 分别利用电子鼻和电子舌对饮品的挥发性成分和滋味进行分析。**结果** 海参肽饮品的最优配方为: 以海参肽复配液(含桑葚粉 0.3%、蓝莓粉 0.3%、茉莉花 1%)为基础, 添加红糖 3%、蜂蜜 2%、山楂 2%、红枣 3%。饮品的挥发性成分中氮氧化物、氢化物、芳香烷烃含量较高, 其酸味、苦味、涩味、鲜味、丰富味较海参酶解液有明显变化, 17种氨基酸总含量为 7026 mg/kg, 其中谷氨酸含量可高达 1100 mg/kg, 微生物指标均在国家标准要求范围内。**结论** 海参肽饮品含有丰富的营养物质, 香气组成丰富, 口感佳。

关键词: 海参肽; 饮品; 电子鼻; 电子舌; 氨基酸

Processing technology and quality analysis of sea cucumber peptide drink

CHEN Jia-Yu¹, TANG Kun², YU Zhi-Peng^{1*}

(1. College of Food Science and Engineering, Bohai University, Jinzhou 121013, China;
2. Yingkou Hao Xuan Industrial Co. Ltd, Yingkou 115000, China)

ABSTRACT: Objective To develop the processing technology of sea cucumber peptide drink and analyze its quality. **Methods** The fresh *Stichopus japonicus* was used as the raw material, and the enzymolysis and nanofiltration technologies were used to obtain the *Stichopus japonicus* peptidase hydrolysate, which was used to develop the *Stichopus japonicus* peptide beverage with the addition of medicinal and edible excipients. The optimal formula of the product was determined by single factor test and orthogonal test, and the volatile components and taste of the beverage were analyzed by electronic nose and electronic tongue, respectively. **Results** The optimal formula of the sea cucumber peptide beverage was as follows: based on the sea cucumber peptide compound solution (containing 0.3% of mulberry powder, 0.3% of blueberry powder and 1% of jasmine flower), adding 3% of brown sugar, 2% of honey, 2% of hawthorn and 3% of red date. The volatile components of the beverage included higher contents of nitrogen oxides, hydrides and aromatic alkanes, and the sour, bitter, astringent, umami and rich tastes were significantly changed as compared with those of the holothurian enzymatic hydrolysate, and the total content of 17 amino acids were 7026 mg/kg, among which the content of glutamic acid could be as high as 1100 mg/kg, and the microbial indicators were within the scope of the national standards. **Conclusion** The sea cucumber peptide drink is rich in nutrients and aroma composition, and have good taste.

KEY WORDS: sea cucumber peptide; drink; electronic nose; electronic tongue; amino acid

基金项目: 辽宁省科学事业公益研究基金项目(2016004004)

Fund: Supported by the Liaoning Provincial Science Public Welfare Research Fund Project (2016004004)

*通信作者: 于志鹏, 博士, 副教授, 主要研究方向为食源性生物活性肽。E-mail: yuzhipeng20086@sina.com

*Corresponding author: YU Zhi-Peng, Ph.D, Associate Professor, Bohai University, No.19, Keji Road, Jinzhou 121013, China. E-mail: yuzhipeng20086@sina.com

0 引言

海参是一种营养丰富, 低脂肪、低胆固醇的滋补品^[1]。海参中含有丰富的氨基酸, 在机体免疫调节、代谢以及氧化还原调节等方面都有重要作用^[2-4]。海参传统加工制品存在营养流失严重的缺点。目前, 液体海参可最大程度保留海参营养成分^[5], 其中, 水解法为常用的液体海参制备方法^[6]。刺参是世界上可食用的 40 多种海参中营养价值较高的品种, 也是辽宁沿海地区主要养殖品种。刺参中含有丰富的蛋白质和海参皂苷、海参多糖、胶原蛋白等活性物质以及钙、铁、锌等矿物元素, 另外, 刺参中的氨基酸含量为 52.58 g/100 g, 必需氨基酸含量为 16.38 g/100 g^[7]。已有研究表明, 辽宁刺参中的低聚肽具有较强的增强免疫力和抗疲劳的作用, 且辽东地区海参中的海参多糖对抗生素所致小鼠肠道菌群紊乱有一定的恢复作用^[8-9]。本研究将以辽刺参为原料, 利用生物酶解与纳滤技术并配以药食同源的辅料, 制备海参肽饮品, 旨在提高海参的精深加工程度, 解决海参加工过程中其营养成分被破坏的技术问题, 并改善海参肽酶解液的口感。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

UF(NF)S-1 纳滤膜过滤器(绍兴海纳膜技术有限公司); PEN3 电子鼻(德国-Airsence 公司); SA402B 电子舌(日本-INSENT 公司); PE Victor X3 酶标仪[珀金埃尔默企业管理(上海)有限公司]; LA8080 氨基酸自动分析仪(日本株式会社日立高新技术科学); Protamex 复合蛋白酶(活力 1.5 AU-N/g)[诺维信(中国)生物技术有限公司]; 鲜活刺参(购买于锦州市林西商贸购物广场)。

1.2 试验方法

1.2.1 工艺流程及技术要点

将鲜活刺参去肠、去沙嘴后用去离子水泡发 90 min, 打碎成海参肉糜与去离子水按重量比 1:5 的比例充分均质后转移至水解瓶中, 置于 50 °C 恒温水浴锅, 调节 pH 为 7, 加入海参肉糜重量 3% 的复合蛋白酶并启动酶解, 酶解 1 h 后, 100 °C 灭酶 10 min, 经 5 μm 滤膜粗滤、600 Da 纳滤膜(1812 型, 滤膜面积 0.3 m²)脱盐, 海参酶解液的电导率在 2000 μS/cm 以下时停止过滤, 与辅料调配, 得到海参肽饮品。

1.2.2 产品最佳配方优化

(1) 单因素试验

首先选择 7 种具有一定营养价值的药食同源的辅料进行海参肽饮品调配, 其次选择对饮品感官品质影响较明显的红糖、蜂蜜、山楂、红枣 4 种辅料进行单因素试验。

以海参酶解液为基础, 添加重量计为 100%, 其中加入酶解液添加重量 0.3% 的桑葚粉、0.3% 的蓝莓粉和 1% 的

茉莉花, 制成海参肽复配液为固定值, 感官评分为指标。固定 2% 的蜂蜜添加量, 2% 的山楂添加量, 3% 的红枣添加量, 考察红糖添加量为 1%、3%、5% 和 7% 对海参肽饮品感官品质的影响。固定红糖添加量, 2% 的山楂添加量, 3% 的红枣添加量, 考察蜂蜜添加量为 0%、2%、4% 和 6% 对海参肽饮品感官品质的影响。固定红糖添加量和蜂蜜添加量, 3% 的红枣添加量, 考察山楂添加量为 0%、2%、4% 和 6% 对海参肽饮品感官品质的影响。固定红糖、蜂蜜和山楂的添加量, 考察红枣添加量为 1%、3%、5% 和 7% 对海参肽饮品感官品质的影响。

(2) 正交试验

以单因素试验为基础, 选择红糖、蜂蜜、山楂、红枣的添加量为正交试验的 4 个因素, 采用四因素三水平 $L_9(3^4)$ 正交试验, 综合产品的感官评分值和极差分析得到 4 个因素的最佳添加量, 正交试验因素水平见表 1。

表 1 正交试验因素水平表

Table 1 Table of orthogonal experimental factors and levels

水平	因素			
	A 红糖添加量/%	B 蜂蜜添加量/%	C 山楂添加量/%	D 红枣添加量/%
1	1	0	0	1
2	3	2	2	3
3	5	4	4	5

1.2.3 产品品质分析

(1) 感官评定

由 10 人组成感官评定小组, 分别对海参肽饮品配方的气味、颜色、外观、口感进行感官评定并打分, 每项分值为 20 分, 满分为 80 分, 评分标准见表 2。

(2) 电子鼻检测

参照赵策等^[10]的检测方法对海参肽饮品的挥发性成分进行电子鼻检测。

(3) 电子舌检测

将海参酶解液与海参肽饮品分别稀释 80 倍参照陶冬冰等^[11]的方法进行电子舌检测。

(4) 营养物质检测

氨基酸含量参照 GB 5009.124—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》的方法测定; 蛋白质含量采用二奎琳甲酸蛋白定量检测试剂盒进行检测; 脂肪含量按照 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》中索氏抽提法测定。

(5) 微生物检测

菌落总数参照 GB 4789.2—2016《菌落总数测定》中平板计数法测定; 大肠菌群数参照 GB 4789.3—2016《大肠菌群计数》中最大可能数计数法测定; 霉菌指标参照 GB

4789.15—2016《霉菌和酵母菌计数》中平板计数法测定;金黄色葡萄球菌指标参照 GB 4789.10—2016《金黄色葡萄球菌检验》中 MPN 法测定;沙门氏菌指标按照 GB 4789.4—2016《沙门氏菌检验》测定;志贺氏菌指标按照 GB 4789.5—2012《志贺氏菌检验》测定。

1.2.4 数据处理

采用 SPSS 19.0 软件对单因素试验数据进行极差分析,采用电子鼻、电子舌自带软件对数据进行主成分分析,采用 Microsoft Excel 2010 软件对单因素数据进行绘图。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果

海参肽饮品单因素试验结果见图 1。由图 1 可以看出,红糖添加量为 3% 时,感官评分最高;蜂蜜添加量为 2% 时,口感最佳;山楂添加量 2% 时,酸甜适口;红枣添加量为 3% 时,具有红枣香味,口感最佳。根据以上试验结果,以海参肽复合液为基础,红糖 3%、蜂蜜 2%、山楂 2%、红枣 3% 进行正交试验设计。

表 2 海参肽饮品配方感官评分标准
Table 2 Sensory scoring criteria for sea cucumber peptide drink formula

评定指标	评分标准	分数
气味	有红枣或花朵散发的味道,无明显腥味	16~20
	有红枣或花朵散发的味道,有明显腥味	11~15
	无红枣或花朵散发的味道,无明显腥味	6~10
	无红枣或花朵散发的味道,有明显腥味	0~5
颜色	呈现海参的正常褐色,有光泽	14~20
	颜色偏深或偏浅,有光泽	7~13
	颜色偏深或偏浅严重,无光泽	0~6
外观	无肉眼可见杂质,无沉淀	16~20
	无肉眼可见杂质,有沉淀	11~15
	有肉眼可见杂质,无沉淀	6~10
	有肉眼可见杂质,有沉淀	0~5
口感	细腻柔和,酸甜适口	14~20
	细腻柔和,稍偏酸、偏甜或偏咸	7~13
	偏酸、偏甜、偏咸明显,难以入口	0~6

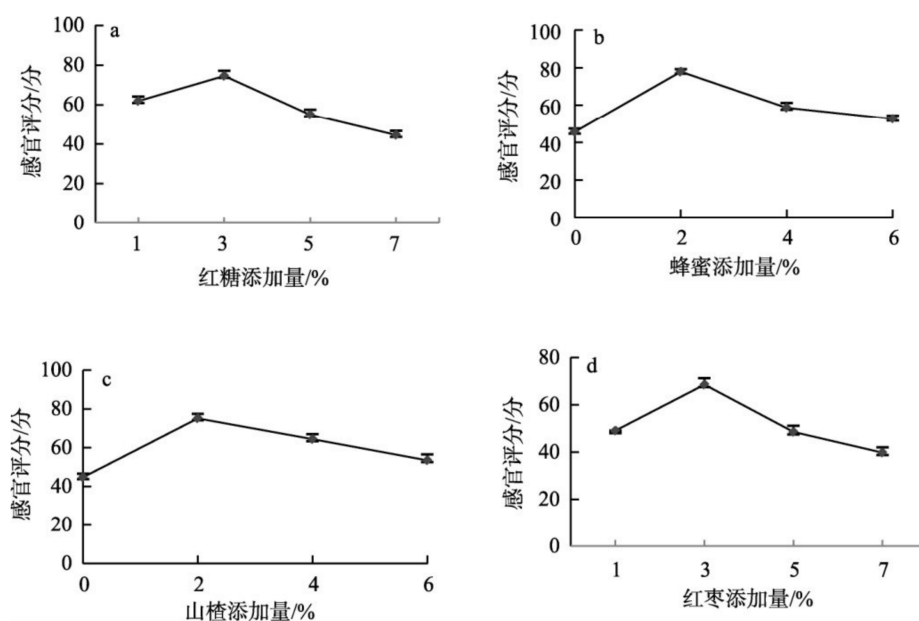


图 1 4 种辅料添加量对海参肽饮品感官评分的影响

Fig.1 Influences of the 4 excipients on the sensory score of sea cucumber peptide drink

2.2 正交试验结果

红糖、蜂蜜、山楂、红枣 4 个因素在海参肽饮品中的最佳添加量正交试验结果见表 3。通过表 3 中的极差 R 值可以看出, 4 个因素对海参肽饮品配方的感官影响程度由大到小依次为: 山楂 > 红枣 > 红糖 > 蜂蜜, 9 组试验中得到的最优水平是 $A_2B_2C_2D_2$, 即红糖 3%、蜂蜜 2%、山楂 2%、红枣 3%。

表 3 正交试验产品配方的感官评分与极差分析
Table 3 Sensory scores and range analysis of orthogonal test of product formulations

序号	红糖添加量 /%	蜂蜜添加量 /%	山楂添加量 /%	红枣添加量 /%	感官评分
1	1	1	1	1	39
2	1	2	2	2	63
3	1	3	3	3	55
4	2	1	3	3	57
5	2	2	2	2	80
6	2	3	1	1	46
7	3	1	2	3	52
8	3	2	3	1	40
9	3	3	1	2	42
S_1	157	148	127	125	
S_2	183	183	195	185	
S_3	134	143	152	164	
K_1	52	49	42	42	
K_2	61	61	65	62	
K_3	45	48	51	55	
R	16	13	23	20	
优水平	A_2	B_2	C_2	D_2	
主次因素	$C > D > A > B$				

2.3 电子鼻检测结果与分析

采用主成分分析法(principal component analysis, PCA)评价海参肽酶解液与海参肽饮品的挥发性特征。由图 2 可知, 主成分 1 的方差贡献率为 86.19%, 主成分 2 的方差贡献率为 11.28%, 两成分的总贡献率为 97.47% (>85%), 说明这 2 个主成分可以反映样品香气的整体信息^[12]。

样品在第一主成分上的距离越大, 则差异越大。由图 2 可以看出, 2 种样品在第一主成分上距离较大, 说明

2 种样品间的气味成分差异较大, 产生这种现象的原因可能是添加辅料中的成分所起的作用。本研究选用 140 s 时各传感器稳态响应值作为分析点建立雷达图, 各传感器响应值越高表明相对应的该类物质含量越高^[13]。如图 3 所示, W5S、W6S、W5C、W2S、W2W 和 W3S 传感器对海参肽饮品的香气敏感, 表明氮氧化物、氢化物、烷烃、醇类、硫化氢类、芳香烷烃这些物质在海参肽饮品中含量较高。

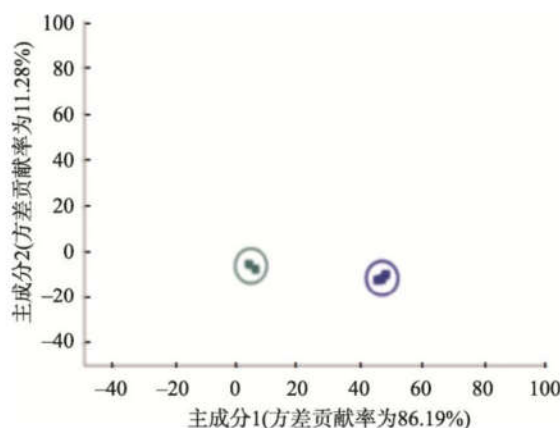


图 2 样品电子鼻主成分分析图
Fig.2 principal component analysis of electronic nose of samples

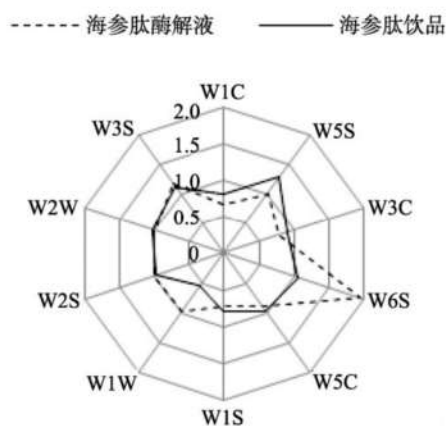


图 3 电子鼻传感器响应值雷达图
Fig.3 Response value radar graph of electronic nose sensor

2.4 电子舌检测结果与分析

海参酶解液与海参肽饮品的电子舌检测结果见图 4, 结合显著性分析(见图 5)可以看出, 海参肽饮品与海参肽酶解液的酸味、苦味、涩味、鲜味、丰富度存在明显差异, 其余则差异性不显著, 引起这种现象的原因可能是由于海参肽饮品中加入了辅料, 其中山楂对其感官影响最大, 其次是红糖、红枣、蜂蜜。

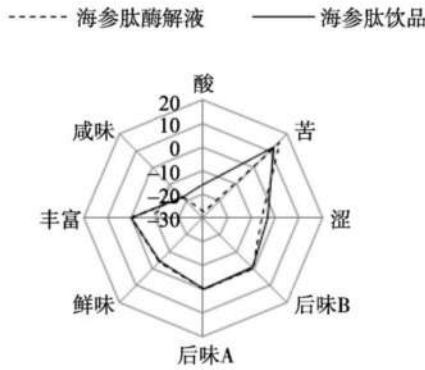


图 4 电子舌雷达图

Fig.4 Radargraph of electronic tongue

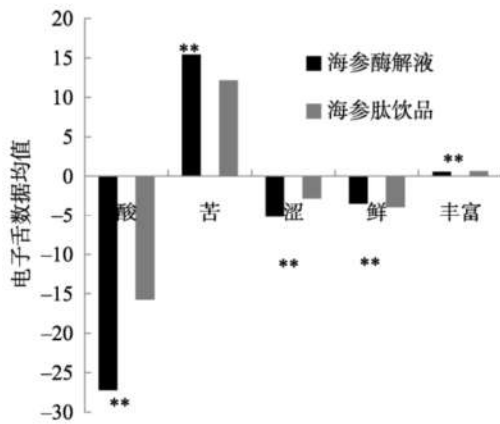


图 5 显著性差异图

Fig.5 Graph of significant difference

2.5 营养物质检测结果

海参肽饮品氨基酸检测结果见图 6。图 6a 为氨基酸混标分离色谱图，由图 6a 可以看出，氨基酸在 30 min 内分离效果良好；图 6b 为海参肽饮品样品分离色谱图，由图 6b 可以看出各氨基酸出峰良好，出峰时间与氨基酸混标出峰时间一致，表明此方法获得氨基酸含量准确^[14]。海参肽饮品中的 17 种氨基酸在氨基酸分析仪上获得了较优的分离，在 440 nm 波长下测定脯氨酸，570 nm 波长下测定其余氨基酸。

海参中含有 18 种氨基酸，8 种为必需氨基酸，本研究检测了海参肽饮品中的 17 种氨基酸，检测结果见表 4。由表 4 可以看出，本海参肽饮品中有 7 种必需氨基酸，10 种非必需氨基酸，17 种氨基酸总量为 7026 mg/kg。其中谷氨酸含量最高，可达到 1100 mg/kg，占氨基酸总量的 16%，谷氨酸是一种功能性氨基酸，参与蛋白质的合成和氧化供能，具有抗氧化能力和促进肠道发育的作用^[15]，同时也是海参肽饮品中重要的鲜味物质^[16]。其次是甘氨酸和天冬氨酸，含量分别占氨基酸总量的 14% 和 13%。甘氨酸参与体内多种代谢过程，在预防酒精性肝病和免疫调节等多种方面都发挥重要作用^[17]。胱氨酸、蛋氨酸与组氨酸含量最少，占氨基酸总量的 0.7%、0.9% 和 0.9%，其余氨基酸占比范围在 2%~8% 之间。另外测得海参肽饮品蛋白质含量为 7.05 mg/mL、脂肪含量为 0 mg/mL。说明此海参肽饮品含有丰富的蛋白质与多种氨基酸，营养价值丰富。

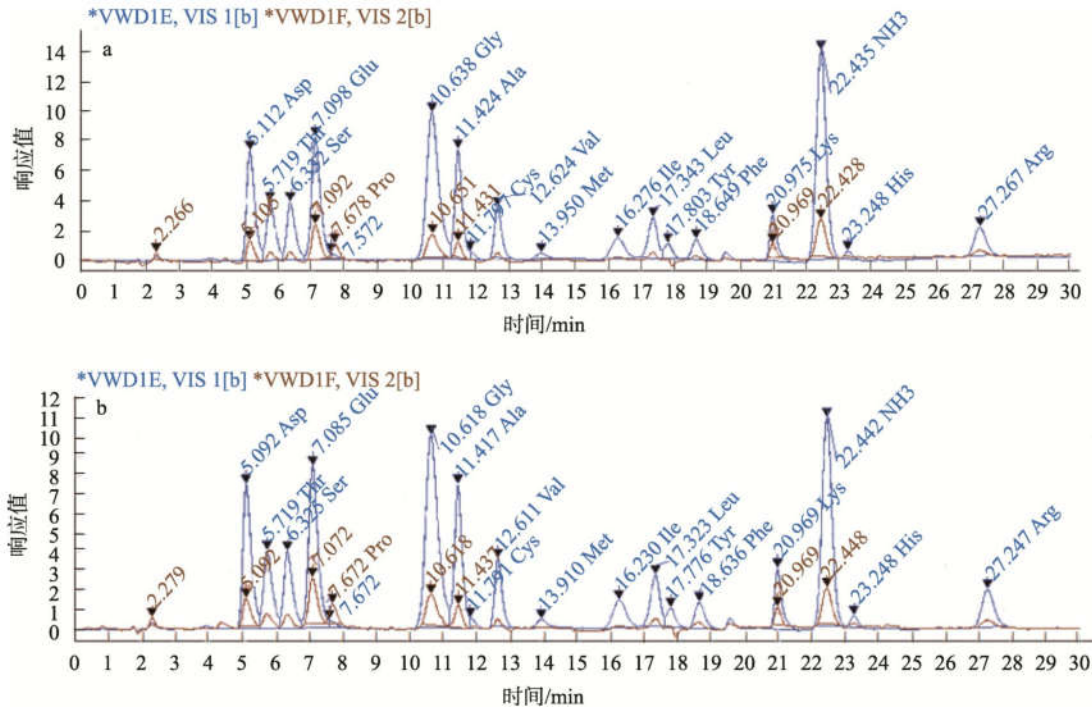


图 6 氨基酸分离色谱图

Fig.6 Separation chromatogram of amino acids

表4 氨基酸检测结果
Table 4 Test results of amino acids

	名称	英文缩写	含量/(mg/kg)
必需氨基酸	苏氨酸	Thr	430
	亮氨酸	Leu	360
	赖氨酸	Lys	320
	缬氨酸	Val	300
	异亮氨酸	Ile	250
	苯丙氨酸	Phe	230
	蛋氨酸	Met	61
	谷氨酸	Glu	1100
	甘氨酸	Gly	1000
	天冬氨酸	Asp	920
非必需氨基酸	丙氨酸	Ala	530
	脯氨酸	Pro	470
	精氨酸	Arg	430
	丝氨酸	Ser	360
	酪氨酸	Tyr	150
	组氨酸	His	64
	胱氨酸	Cys	51

2.6 微生物检测结果

测得菌落总数为 120 CFU/mL, 大肠菌群数为 15 MPN/mL, 霉菌、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、志贺氏菌均未检出。结果表明此海参肽饮品不含有致病菌, 符合 GB 7101—2015《食品安全国家标准 饮料》的国标要求。

3 结论

本研究的海参肽饮品中含有 7 种必需氨基酸, 10 种非必需氨基酸, 17 种氨基酸总量可达到 7026 mg/kg, 谷氨酸含量最高, 其次是甘氨酸、天冬氨酸、丙氨酸、脯氨酸、精氨酸。饮品气味成分中氮氧化物、氢化物、烷烃、醇类、硫化氢类、芳香烷烃含量较高, 与海参酶解液的气味成分差异较大, 海参肽饮品与海参酶解液中酸味、苦味、涩味、鲜味及丰富度差异性极显著, 这种现象可能是由于饮品中添加的辅料产生的, 且辅料中山楂对其感官影响最大, 其次是红糖、红枣、蜂蜜。本研究开发的海参肽饮品含有必需氨基酸和非必需氨基酸, 且氨基酸种类较多, 香气组成丰富, 口感佳, 食用安全。

参考文献

[1] WAN YM, ZHAO CL, CUI ZJ, *et al.* Analysis and evaluation of nutrient components in body walls of sea cucumber *Apostichopus japonicus*

farmed in reefs and ponds [J]. *J Dalian Ocean Univ*, 2015, 30(2): 190–195.

- [2] GU CS, MAO XB, CHEN DW, *et al.* Isoleucine plays an important role for maintaining immune function [J]. *Curr Prot Pept Sci*, 2019, 20(7): 644–651.
- [3] BERTOLO R, BROSNAN J. Roles of amino acids in one-carbon metabolism and nutrition [J]. *J Anim Sci*, 2018, 96(3): 387–387.
- [4] LIU YL, WANG XY, HOU YQ, *et al.* Roles of amino acids in preventing and treating intestinal diseases: recent studies with pig models [J]. *Amino Acids*, 2017, 49(8): 1277–1291.
- [5] 农绍庄, 曹欣煜. 不同加工方法对海参营养成分影响的比较[J]. *现代食品*, 2017, (14): 39–41.
- NONG SZ, CAO XY. Comparison of effects of different processing methods on nutrient composition of sea cucumber [J]. *Mod Food*, 2017, (14): 39–41.
- [6] 陈文, 王湘君, 王玉杰, 等. 响应曲面法优化海参氨基酸提取工艺[J]. *食品工业*, 2018, 39(8): 154–160.
- CHEN W, WANG XJ, WANG YJ, *et al.* Optimization of amino acid extraction process of sea cucumber by response surface method [J]. *Food Ind*, 2018, 39(8): 154–160.
- [7] 张春丹, 姜李雁, 苏秀榕, 等. 南北养殖仿刺参成分的比较[J]. *水产科学*, 2013, 32(1): 41–44.
- ZHANG CD, JIANG LY, SU XR, *et al.* A comparison of the components of the imitation ginseng from north to south [J]. *Sci Fish*, 2013, 32(1): 41–44.
- [8] 王祖哲, 马普, 王军琦, 等. 刺参低聚肽的质量评价和抗疲劳作用研究[J]. *食品研究与开发*, 2019, 40(18): 5–11.

- WANG ZZ, MA P, WANG JQ, *et al.* Quality evaluation and anti-fatigue effect of *Acanthopanax olipolypeptides* [J]. *Food Res Dev*, 2019, 40(18): 5–11.
- [9] 宋思媛, 李美琪, 王泽旭, 等. 海参多糖对小鼠肠道菌群紊乱的恢复作用[J]. *中国微生态学杂志*, 2019, (9): 1023–1026.
- SONG SY, LI MQ, WANG ZX, *et al.* Effects of sea cucumber polysaccharide on the recovery of intestinal flora disturbance in mice [J]. *Chin J Microecol*, 2019, (9): 1023–1026.
- [10] 赵策, 马飒飒, 张磊, 等. 基于电子鼻技术的皇冠梨腐败等级分类研究[J]. *食品工业科技*, 2020, 41(3): 246–250, 258.
- ZHAO C, MA SS, ZHANG L, *et al.* Research on corruption grade classification of pear crown based on electronic nose technology [J]. *Food Ind Sci Technol*, 2020, 41(3): 246–250, 258.
- [11] 陶冬冰, 高雪, 张旋, 等. 不同冲泡条件对六安瓜片茶汤滋味的影响[J]. *食品工业*, 2020, 41(6): 214–218.
- TAO DB, GAO X, ZHANG X, *et al.* The influence of different brewing conditions on the taste of Luan Guapian tea soup [J]. *Food Ind*, 2020, 41(6): 214–218.
- [12] 梁锦, 黄天姿, 王丹, 等. 不同品种猕猴桃制汁适应性评价[J]. *食品工业科技*, 2020, 41(24): 210–218, 225.
- LIANG J, HUANG TZ, WANG D, *et al.* Evaluation of juice making adaptability of different kiwifruit varieties [J]. *Food Ind Sci Technol*, 2020, 41(24): 210–218, 225.
- [13] 潘俊娴, 段玉伟, 蒋玉兰, 等. 福鼎白茶风味的电子鼻和电子舌评价[J]. *食品工业科技*, 2017, 38(12): 25–30, 43.
- PAN JX, DUAN YW, JIANG YL, *et al.* Evaluation of electronic nose and electronic tongue of Fuding white tea flavor [J]. *Food Ind Sci Technol*, 2017, 38(12): 25–30, 43.
- [14] 欧玉玲, 赵永锋, 罗兆飞, 等. 广西水牛奶和荷斯坦牛奶中蛋白质和氨基酸的含量及组成分析[J]. *食品安全质量检测学报*, 2019, 10(5): 1201–1208.
- OU YL, ZHAO YF, LUO ZF, *et al.* The content and composition analysis of protein and amino acid in Buffalo milk and Holstein milk from Guangxi [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 10(5): 1201–1208.
- [15] 秦颖超, 周加义, 朱敏, 等. 谷氨酸吸收转运及对肠道发育影响的研究进展[J]. *动物营养学报*, 2019, 31(2): 544–552.
- QIN YC, ZHOU JY, ZHU M, *et al.* Advances in studies on glutamate uptake and transport and its effects on intestinal development [J]. *J Anim Nutr*, 2019, 31(2): 544–552.
- [16] POPULIN T, MORET S, TRUANT S, *et al.* A survey on the presence of free glutamic acid in foodstuffs, with and without added monosodium glutamate [J]. *Food Chem*, 2007, 104(4): 1712–1717.
- [17] 范小庆, 扈金萍. 甘氨酸生理功能与代谢研究进展[J]. *国际药学研究杂志*, 2018, 45(2): 102–107.
- FAN XQ, HU JP. Research progress of glycine physiological function and metabolism [J]. *Int J Pharm Res*, 2018, 45(2): 102–107.

(责任编辑: 张晓寒)

作者简介



陈嘉钰, 硕士研究生, 主要研究方向为食品营养。

E-mail: 2634040741@qq.com

于志鹏, 博士, 副教授, 主要研究方向为食源性生物活性肽。

E-mail: yuzhipeng20086@sina.com