

# 电子鼻及 QDA 法分析 在胶原蛋白肽固体饮料感官品质中的应用

高晓雪, 宫建辉, 徐照明, 王胜男, 董彦博, 徐宇明

(北京姿美堂生物技术有限公司, 北京 100041)

**摘要:** 本文以不同配方胶原蛋白肽固体饮料为对象, 通过 QDA 评价胶原蛋白肽固体饮料的感官品质, 并结合电子鼻分析其挥发性风味物质的差异。QDA 结果表明, 纯胶原蛋白肽固体饮料、柳橙味胶原蛋白肽固体饮料与其他胶原蛋白肽固体饮料在感官上呈现明显差异, 针对 5 种不同配方的胶原蛋白肽固体饮料的样品, 其外观、气味和滋味感官特征均具有显著性差异, 纯胶原蛋白肽样品冲调后透明度和腥味突出, 柳橙味的胶原蛋白肽冲调后的柳橙味和色泽的感官属性较为突出, 蔓越莓味的胶原蛋白肽固体饮料和草莓味胶原蛋白肽固体饮料在整体感官品质上较为相近, 都呈现出突出的透明度、色泽和甜味。电子鼻检测结果表明, 5 种果味胶原蛋白肽固体饮料的挥发性风味成分区分度较好, 纯胶原蛋白肽和柳橙味胶原蛋白肽固体饮料与其他款固体饮料的整体气味具有明显差异。QDA 结合电子鼻分析能较好地量化不同配方的胶原蛋白肽类固体饮料整体感官品质差异, 为该类固体饮料的产品开发提供指导。

**关键词:** 胶原蛋白肽固体饮料; 电子鼻; 定量描述分析; 主成分分析

## Application of Electronic Nose and QDA Analysis on Sensory Quality of Collagen Peptide Solid Beverage

GAO Xiaoxue, GONG Jianhui, XU Ximing, WANG Shengnan, DONG Yanbo, XU Yuming

(Beijing Zimeitang Biotechnology Co., Ltd., Beijing 100041, China)

**Abstract:** In this study, different formulations of collagen peptide solid drinks were used to evaluate the sensory quality of collagen peptide solid drinks by QDA, and the differences of volatile flavor substances were analyzed by electronic nose. QDA results show that the pure collagen peptide solid drink and orange flavour collagen peptide solid beverage with other collagen peptide solid beverage show obvious differences in sensory, for five different samples of collagen peptide solid drink formula, its appearance, smell and taste sensory characteristics have significant differences, pure collagen peptide samples after mixing the transparency and the smell is outstanding, orange flavor and color sensory properties of orange flavor and color are more prominent after seasoning. Cranberry-flavored collagen peptide solid beverage and strawberry flavor collagen peptide solid beverage are relatively similar in overall sensory quality, showing outstanding transparency, color and sweetness. The results of electronic nose detection showed that the volatile flavor components of five fruity collagen peptide solid drinks were well distinguished, and the overall smell of pure collagen peptide and orange collagen peptide solid drinks was significantly different from other solid drinks. QDA combined with electronic nose analysis can better quantify the overall sensory quality differences of different formulations of collagen-peptide solid drinks, providing guidance for the product development of such solid drinks.

**Keywords:** collagen peptide solid beverage; electronic nose; quantitative description analysis; principal component analysis

胶原蛋白是一种高分子功能性蛋白质, 具有多种生物活性、高生物利用度和良好的生物相容性, 因此常被用作重要的活性成分添加于食品中<sup>[1-2]</sup>。口服胶原蛋白类的产品对保持皮肤湿润、减少皮肤皱纹、

改善面部皮肤弹性等具有明显作用,这已被很多研究证明<sup>[3-4]</sup>。目前,由于鳕鱼鱼皮中分离的胶原蛋白易被人体吸收,且利用率较高,其生物安全性方面也表现得比较优异,因此市售的胶原蛋白多来源于深海鳕鱼,且已被广泛应用于保健食品、美容护肤、生物医学等各个领域<sup>[2-4]</sup>。

固体饮料是指以食品或植物提取物为原料,通过添加合适的食品辅料或添加剂制成的粉末状、颗粒状的固态产品,具有风味独特、贮存期长、易携带等特点<sup>[5-6]</sup>。相比于普通饮料,固体饮料中固形物质量分数更高,营养更丰富,更易包装,风味保持更久,且不易腐败变质<sup>[7-8]</sup>。近年来,胶原蛋白肽类相关功能性食品深得消费者的厚爱,而果汁产品由于其营养和工艺特性而适合于功能性食品的生产,因此胶原蛋白类的果味固体饮料产品在市场中一直占据着强势地位<sup>[9]</sup>。

通常采用人工感官来评价食品品质,而人工感官常伴有心理和生理状况的影响,造成主观性误差的感官评价<sup>[10]</sup>。相较于人工感官,电子鼻技术是检测挥发性风味领域的新兴技术,其是一种由气敏传感器阵列和模式识别系统组成的智能识别气体的仪器,具有客观性<sup>[11]</sup>。目前,电子鼻技术已成功地应用于茶<sup>[12]</sup>、果汁<sup>[13]</sup>、肉制品<sup>[14]</sup>等其他食品的风味分析中,电子鼻弥补了感官评价的局限性<sup>[10]</sup>。目前,关于QDA联合消费者口味测试和电子鼻技术在固体饮料感官评定方面的应用,国内鲜有报道。果味的胶原蛋白肽固体饮料,也成为各饮料生产商争相推出的功能性产品。风味作为固体饮料感官属性中最重要的组成部分,主要指冲调后的固体饮料入口后随着咀嚼和吞咽,所感受到的气味、滋味和视觉的综合感觉。本文采用QDA及电子鼻技术对5款不同果味配方的胶原蛋白肽固体饮料风味进行感官分析,并结合消费者感官测试结果,为胶原蛋白肽选择合适配料,提高产品质量及新产品开发提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

纯净水;5种不同果味配方的胶原蛋白肽固体饮料,其主要原料由胶原蛋白肽、柳橙粉、蔓越莓粉和草莓粉等成分组成。本实验样品由北京姿美堂生物技术有限公司提供,固体饮料样品为纯胶原蛋白肽、柳橙味胶原蛋白肽、蔓越莓味胶原蛋白肽和两款草莓味胶原蛋白肽的产品作为样品分别标记为样品A、

B、C、D和E。

### 1.2 仪器与设备

PEN3电子鼻,德国AIRSENSE;感官审评设备:样品盘;审评碗;审评杯;天平;计时器;搅拌匙;废液桶;烧水壶。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 样品制备

将5款不同果味配方的胶原蛋白肽分别称取6g,使用100mL、40℃左右的水冲调,搅拌均匀至溶解完全后分发给每个人一份。

#### 1.3.2 感官评价方法

参照金婷等<sup>[15]</sup>方法,采用QDA法对样品进行人工感官评价。招募100人作为感官评价候选成员,通过问卷调查筛选,参照《感官分析 选拔、培训与管理评价员一般导则 第1部:优选评价员》(GB/T 16291.1—2012),对招募的人员进行感官辨别能力、灵敏性及描述能力等方面的测试,最终挑选12人组成感官评价小组并进行培训。将样品冲调后置于透明玻璃杯中,在9:00开始本实验。参照《感官分析 通过多元分析方法鉴定和选择用于建立感官的描述词》(GB/T 16861—1997),感官人员进行讨论并确定样品描述词及其定义,使用9点标度来表示样品强度,1表示强度最弱,9则表示极强。感官实验结束后,统计得分<sup>[15]</sup>。

#### 1.3.3 电子鼻检测

取3g不同口味的胶原蛋白粉置于100mL烧杯中,并加入50mL水冲调混匀稳定后,使用双层保鲜膜封口,每个样品做3组平行,利用顶空吸气流法进行电子鼻测定。电子鼻测样条件:传感器归零时间为5s;样品进样流量为400mL/min;测量时间为80s;空气为载气;稳定时间为5s;清洗时间为100s<sup>[16]</sup>。电子鼻性能描述见表1。

表1 电子鼻传感器性能描述

阵列序号	传感器名称	性能描述
1	W1C	芳香成分,苯类
2	W5S	灵敏度大,对氮氧化物很灵敏
3	W3C	氨水,对芳香成分灵敏
4	W6S	主要对氢气有选择性
5	W5C	烷烃芳香成分
6	W1S	对甲烷等短链烷烃灵敏
7	W1W	对无机硫化物灵敏
8	W2S	对醇、醚、醛和酮类灵敏
9	W2W	芳香成分,对有机硫化物灵敏
10	W3S	对烷烃灵敏,长链烷烃类

### 1.3.4 数据处理

利用软件 WinMuster 对电子鼻数据进行分析, 利用 IBM SPSS Statistics 26 软件对不同果味胶原蛋白肽固体饮料的感官特征进行方差分析, 采用 origin2019b32Bit 软件对不同口味胶原蛋白肽固体饮料的感官特征进行主成分分析和雷达图分析。利用 TBtools 软件进行热图分析及聚类分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同胶原蛋白肽固体饮料的感官描述词汇表的建立

感官人员通过重复观察及品尝 3 ~ 4 轮, 让其熟悉胶原蛋白肽固体饮料产品的感官特性, 提倡感官品评人员选择自己理解和表述清晰、恰当的词语来评价产品, 感官评价小组对样品的感官描述词进行讨论, 然后确定描述产品的关键感官形容词<sup>[17]</sup>。最终建立 11 个描述词用以描述不同果味胶原蛋白肽固体饮料的外观、气味和滋味的感官特征指标(表 2)。

表 2 不同口味胶原蛋白固体饮料的感官描述词汇表

描述词汇	定义
透明度	指透明液体或者固体的浑浊度
色泽	通过视觉系统获得的光感应, 如黑色、绿色、白色等
甜味	蔗糖在水中稀释所带来的口感, 如 10% 蔗糖溶液
酸味	柠檬酸在水中稀释所带来的口感, 如 0.08% 柠檬酸水溶液
涩味	稍弱的口腔皱褶或者收缩感如同明矾溶液于口中引起的干的口感
鲜味	0.1 g/100 mL 谷氨酸钠溶液的口感
腥味	刺鼻的味道, 如鱼肉的腥味
蔓越莓味	有新鲜蔓越莓的气味, 如蔓越莓汁气味
柳橙味	有新鲜柳橙气味, 如柳橙汁气味
草莓味	有新鲜草莓的气味, 如草莓汁气味
整体强度	整体气味和滋味的浓淡程度

### 2.2 定量描述分析结果

由品评员依据建立的词汇表对样品各感官特征指标进行打分, 收集 3 轮评分数据, 并进行 ANOVA

分析, 结果如表 3 所示, 根据感官强度平均分绘制的雷达图, 见图 1。

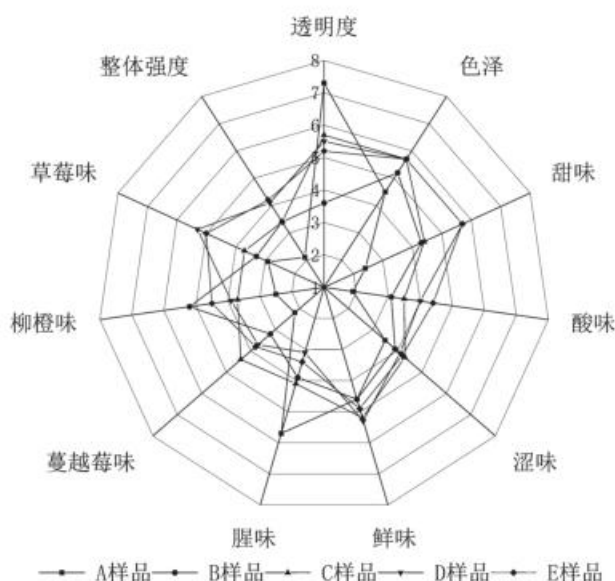


图 1 感官评分雷达图

这 5 款胶原蛋白肽固体饮料在风味特征上主要归纳为以下 4 类属性, 即口感、果味、外观及整体强度, 其中口感具体表现为酸、甜、涩、鲜和腥, 气味具体表现为草莓味、柳橙味、蔓越莓味等。由表 3、图 1 可知, 这 5 款样品在上述属性上各有特点。①口感: E 和 D 样品的酸甜味最强, 腥味最弱; C 样品酸甜味适中, 涩味最强; A 样品腥味最强, 甜酸涩味最弱; B 样品的腥味适中, 其他味较弱。②果味: B 样品表现出明显的柳橙味, 蔓越莓味和草莓味稍带适中; C 样品则表现出明显的蔓越莓味, 柳橙味和草莓味稍带适中; D 和 E 样品表现出明显的草莓味, 柳橙味和蔓越莓味稍带适中; A 样品相比较于其他胶原蛋白固体饮料, 带有的果味最弱。③外观: A 样品的透明度最强, 色泽最弱; B 样品的透明度最弱, 色泽较弱; C、D 和 E 的色泽相近, 透明度适中。④整体强度: D 和 E 样品的整体口感和风味度最强, 其次是 B 和 C 样品, 最弱是 A 样品。说明添加了果粉的胶原蛋白肽固体饮料在色泽、滋味和气味方面更丰富。

表 3 胶原蛋白肽固体饮料的主要感官属性强度评分的方差分析

序号	透明度	色泽	甜味	酸味	涩味	鲜味	腥味	蔓越莓味	柳橙味	草莓味	整体强度
A 样品	7.3±2.9 <sup>a</sup>	4.5±3.3 <sup>c</sup>	2.4±2.2 <sup>c</sup>	1.9±1.3 <sup>d</sup>	3.5±2.1 <sup>d</sup>	4.6±1.9 <sup>b</sup>	5.7±2.7 <sup>a</sup>	2.2±1.9 <sup>d</sup>	2.5±1.8 <sup>d</sup>	2.9±2.1 <sup>c</sup>	2.1±1.0 <sup>c</sup>
B 样品	3.6±1.9 <sup>c</sup>	5.2±1.9 <sup>b</sup>	4.3±1.2 <sup>b</sup>	3.1±1.6 <sup>c</sup>	3.9±2.0 <sup>c</sup>	4.6±1.6 <sup>a</sup>	3.9±1.9 <sup>b</sup>	3.2±1.8 <sup>c</sup>	5.2±1.7 <sup>a</sup>	3.3±2.4 <sup>bc</sup>	3.4±1.2 <sup>b</sup>
C 样品	5.7±2.3 <sup>b</sup>	5.7±1.3 <sup>a</sup>	4.4±2.1 <sup>b</sup>	3.5±1.8 <sup>bc</sup>	4.3±1.5 <sup>a</sup>	5.2±1.2 <sup>a</sup>	4.1±2.0 <sup>b</sup>	4.4±1.9 <sup>a</sup>	3.7±2.3 <sup>c</sup>	3.7±2.1 <sup>b</sup>	3.4±1.7 <sup>b</sup>
D 样品	5.5±1.6 <sup>b</sup>	5.7±1.4 <sup>a</sup>	5.7±1.5 <sup>a</sup>	4.0±1.4 <sup>ab</sup>	4.1±2.0 <sup>bc</sup>	5.3±2.3 <sup>b</sup>	3.1±2.1 <sup>c</sup>	3.7±2.3 <sup>b</sup>	3.9±2.8 <sup>c</sup>	5.3±1.7 <sup>a</sup>	4.1±1.5 <sup>a</sup>
E 样品	5.2±1.7 <sup>b</sup>	5.7±1.4 <sup>a</sup>	5.7±2.3 <sup>a</sup>	4.4±1.8 <sup>a</sup>	4.2±1.6 <sup>ab</sup>	4.9±2.0 <sup>b</sup>	3.4±1.9 <sup>c</sup>	3.8±2.5 <sup>b</sup>	4.5±3.2 <sup>b</sup>	5.0±2.6 <sup>a</sup>	4.2±1.5 <sup>a</sup>

### 2.3 不同胶原蛋白肽固体饮料的感官属性的 PCA 分析

主成分分析法对数据进行降维,排除众多信息中互相重叠部分,在主成分分析的分图上可以对不同被测样品进行区分<sup>[18]</sup>。本研究对不同果味的胶原蛋白肽固体饮料的透明度、色泽、甜味、酸味、涩味、鲜味、腥味、蔓越莓味、柳橙味、草莓味和整体强度进行了主成分分析,当提取到2个主成分,累积的方差贡献率达到91.77%,说明这2个主成分可以涵盖不同果味胶原蛋白固体饮料的大部分信息。如图2所示,不同果味胶原蛋白固体饮料分散在各个区域,两点之间距离越长,说明两个样品的整体感官品质差异越大;同时两点距离越短,说明两个样品间感官品质含量差异越小,感官品质较为相近。从PCA图中,可以直观地看到5款样品的感官属性各具特点。其中A样品与其他样品差异最大,故分布于F1的负半轴,风味特征主要表现为腥味强、透明度高,其他感官属性不明显。这是由于胶原蛋白肽来源于鲑鱼,所以带有浓郁的腥味。纯胶原蛋白肽的固体饮料透明度高是由于胶原蛋白的分子是两性的,即有带正、负电荷的区域,表现出良好的相容性,因此胶原蛋白作为澄清剂在果汁、饮料中应用<sup>[19]</sup>。B样品的风味特点主要为柳橙味比较强,故分布在F2的负半轴;C、D和E样品分布距离比较近,其特征表现为透明度、色泽和甜度等感官属性比较接近。

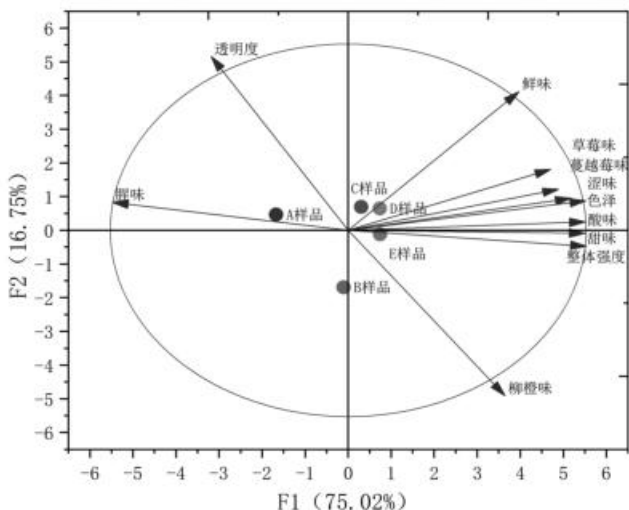


图2 胶原蛋白肽固体饮料感官属性的主成分分析

### 2.4 不同胶原蛋白肽固体饮料的感官属性热图聚类分析

对不同果味胶原蛋白肽固体饮料的感官属性强度进行热图聚类分析的结果见图3。5种样品大致可分为3类,即C、D和E最先聚为一类,其透明度、

色泽和甜味等方面的感官性质较为相似,说明蔓越莓味和草莓味在感官上整体相似;第二类为B样品,其柳橙味和色泽较为突出;第三类为A样品,其在透明度表现最突出,这与主成分分析呈现了相同结果。同时发现A样品为纯胶原蛋白肽粉呈现出的腥味较浓,而B、C、D、E这4款胶原蛋白肽固体饮料样品腥味较淡,这4款产品配方中添加了果粉,说明果粉有效掩盖了胶原蛋白肽的腥味。目前掩腥原料多用果粉或乳粉等物质,也有研究采用果味香精复配姜汁去腥,为改良腥味产品提供了参考<sup>[20]</sup>。B、C、D、E样品带有的果香味多来源于果粉中醛类化合物和酯类物质的存在<sup>[21]</sup>。果粉添加对改善胶原蛋白肽固体饮料色泽和口感具有重要作用。

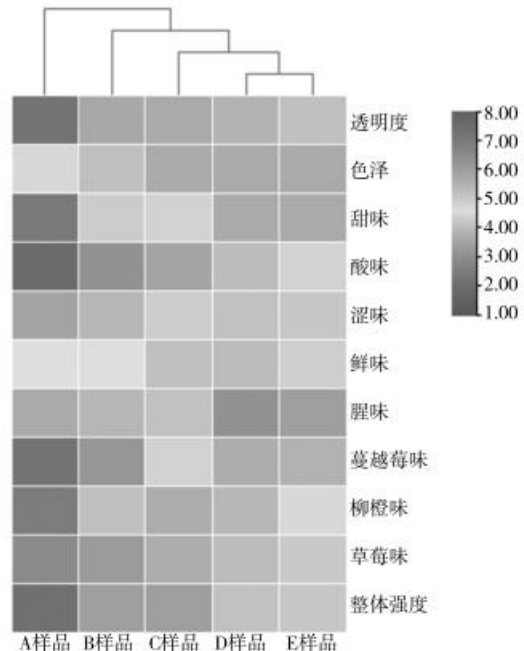


图3 胶原蛋白肽固体饮料感官属性的热图聚类分析

### 2.5 电子鼻分析结果

电子鼻中的传感器能针对食品挥发性成分产生不同信号响应并进行区分,利用电子鼻对5种不同果味胶原蛋白肽固体饮料的挥发性成分进行测定后,将采集得到的数据进行主成分分析,分析结果如图4所示。第1和第2主成分的累积贡献率达到99.99%,说明电子鼻的10个传感器对其挥发性成分表现出较高的识别度和灵敏度。总体看,各样品的挥发性成分有各自的分布位置,基本没有重合,说明电子鼻对于5种样品气味的区分度总体较好,所有样品的风味相对独立,原因可能是因为不同果味胶原蛋白肽固体饮料的配方组成存在一定差异,所以在不同果味胶原蛋白肽固体饮料形成的挥发性成分

亦有所不同。C、D和E样品在第1主成分上的相距较近,但在第2主成分上能完全区分开,说明草莓味和蔓越莓味的胶原蛋白肽固体饮料的气味上略有相似,而B样品在第1主成分上与其他样品相聚甚远,说明柳橙味的胶原蛋白肽固体饮料气味与其他样品

差异最为明显。根据感官结果发现A样品在气味上主要呈现腥味,B样品为柳橙味的胶原蛋白肽固体饮料与A样品在气味上相差甚远,从电子鼻分析结果得出,柳橙味的果粉相比较蔓越莓和草莓味的果粉的掩腥效果更好,这也为后期产品开发提供了参考。

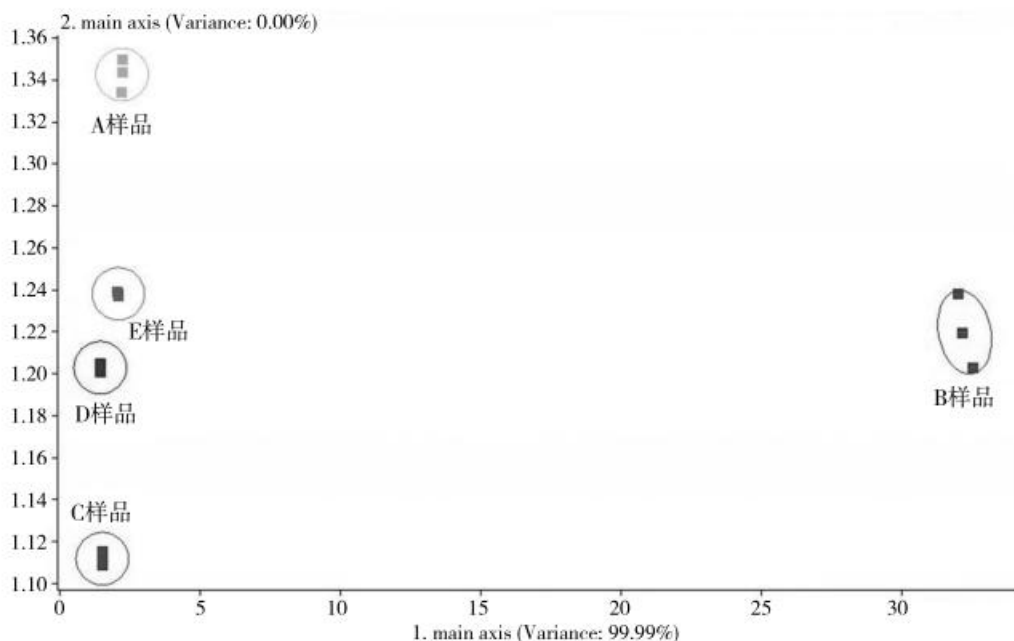


图4 电子鼻主成分分析图

### 3 结论

本研究利用QDA及电子鼻对不同果味胶原蛋白固体饮料进行感官品质分析,建立了感官描述词汇表及感官评价标尺,通过采用雷达图、PCA和热图聚类分析技术全面且直观地展示5款胶原蛋白固体饮料的风味特点及它们之间的区别和联系。发现胶原蛋白肽类的产品从鲑鱼中提取,本身具有腥味,而果味配料的加入明显掩盖了胶原蛋白不良感官的腥味,同时给胶原蛋白固体饮料整体感官带来丰富的色泽、气味和滋味,而柳橙果粉在气味上的掩腥效果优于蔓越莓和草莓的果粉。

从电子鼻结果可知,5款不同果味胶原蛋白肽样品的挥发性物质存在明显的差异,其中B样品在第1主成分上区分明显,C、D和E样品间的差异较小。电子鼻分析产品气味相对人工感官评价更客观,而人工感官对产品整体风味识别综合且贴近于生活,两者结合能够更加全面地研究胶原蛋白固体饮料的感官品质,对于具体风味物质的分析则可在后期通过GC-MS、氨基酸自动分析仪等仪器方法进行深入研究,以为该类固体饮料开发提供参考。

### 参考文献

- [1] SONG H D, ZHANG S Q, ZHANG L, et al. Effect of orally administered collagen peptides from bovine bone on skin aging in chronologically aged mice[J]. *Nutrients*, 2017, 9(11):1209.
- [2] 王帅, 王婷婷, 范影, 等. 胶原蛋白酵素饮品配方的工艺[J]. *食品工业*, 2022, 43(1):34-38.
- [3] LEE H J, JANG H L, AHN D K, et al. Orally administered collagen peptide protects against UVB-induced skin aging through the absorption of dipeptide forms, Gly-Pro and Pro-Hyp[J]. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 2019, 83(6):1146-1156.
- [4] 李杰, 闫鸣艳, 刘均洪, 等. 鱼胶原蛋白的研究进展[J]. *食品安全质量检测学报*, 2015, 6(10):3941-3946.
- [5] 张佳欣, 范松林, 谢顾, 等. 固体饮料的性质及加工技术应用进展[J]. *轻工科技*, 2017(9):8-10.
- [6] 刘艳, 高飞飞, 李定金, 等. 山药固体饮料喷雾干燥工艺优化[J]. *食品研究与开发*, 2019, 40(22):107-112.
- [7] 冯魏. 植物蛋白固体饮料理化和感官特性研究[J]. *发酵科技通讯*, 2021, 50(3):168-172.

(下转第59页)

适用沧州金丝小枣中邻苯二酚及间苯二酚的液相色谱法定量, 质谱法辅助定性。

#### 参考文献

[1] 许瑞如, 张秀玲, 李晨, 等. 微波提取桔梗根多酚工艺优化及抗氧化特性研究[J]. 食品与发酵工业, 2019, 46(4): 187-196.

[2] 谢佳函, 刘回民, 刘美宏, 等. 红豆皮多酚提取工艺优化及抗氧化活性分析[J]. 中国食品学报, 2020, 20(1): 147-157.

[3] 叶加兰, 郭雅欣, 林小妍, 等. 银杏叶黄酮化合物分离提取与纯化的研究进展[J]. 广州化工, 2019, 47(22): 34-36.

[4] 丁泽敏, 吴俊锋, 刘文婷, 等. 天然低共熔溶剂提取油茶蒲中植物多酚的研究[J]. 中国油脂, 2019, 44(6): 111-115.

[5] 张海容, 陈金娥, 高瑞苑. 响应面法优化超声

提取芝麻粕中多酚工艺及其抗氧化活性研究[J]. 中国油脂, 2019, 44(1): 110-114.

[6] 王帅, 任丹丹, 吴哲, 等. 多酚类化合物及其在水产品保鲜中的应用研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(21): 7200-7206.

[7] 张云, 杨晨, 黄金秋, 等. Box-Behnken 响应面法优化枇杷叶总多酚闪式提取工艺[J]. 广州化工, 2019, 47(13): 112-116.

[8] 任曼妮, 高增明, 王存堂. 不同溶剂提取对洋葱皮中多酚含量及抗氧化活性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(17): 189-193.

[9] 梁燕妮, 何秋妹, 李娇媛. 微波辅助提取六堡茶茶多酚工艺的研究[J]. 农业与技术, 2019, 39(13): 4-5.

(上接第 55 页)

[8] 姜雅杰, 王畅, 席茂盛, 等. 壳寡糖复合固体饮料对 II 型糖尿病小鼠肠道菌群结构的影响[J]. 食品工业科技, 2020, 41(8): 301-306.

[9] BILEK S E, Bayram S K. Fruit juice drink production containing hydrolyzed collagen[J]. Journal of Functional Foods, 2015, 14: 562-569.

[10] 迟雪露, 宋铮, MURATZHAN K, 等. 脱脂纯牛奶感官评价与电子鼻分析相关性研究[J]. 精细化工, 2018, 35(6): 998-1003.

[11] 何鲁南, 李果, 杨立云, 等. 电子鼻技术与感官审评对凤庆滇红茶香气的相关性分析[J]. 茶叶通讯, 2020, 47(2): 237-247.

[12] ZHU J C, CHEN F, WANG L Y, et al. Evaluation of the synergism among volatile compounds in Oolong tea infusion by odour threshold with sensory analysis and E-nose[J]. Food Chemistry, 2017, 221: 1484-1490.

[13] QIU S S, WANG J. The prediction of food additives in the fruit juice based on electronic nose with chemometrics[J]. Food Chemistry, 2017, 230: 208-214.

[14] HANSEN T, PETERSEN M A, BYRNE D V. Sensory based quality control utilising an electronic nose and GC-MS analyses to predict end-product quality from raw materials[J]. Meat Science, 2003, 69(4): 321-634.

[15] 金婷, 王伟, 谭胜兵, 等. 基于电子鼻及 QDA 法分析不同食用油对焙烤燕麦片感官品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2020, 35(12): 164-169.

[16] 王婧. 电子鼻电子舌对不同规格番茄酱风味的分析[J]. 农产品加工, 2021(6): 52-55.

[17] 郭明月, 王凯. 定量描述分析法(QDA)在澄清型蓝莓汁饮料感官评定中的应用[J]. 饮料工业, 2015(2): 30-32.

[18] 葛帅, 王蓉蓉, 王颖瑞, 等. 湖南常见辣椒品种游离氨基酸主成分分析及综合评价[J]. 食品科学技术学报, 2021, 39(2): 91-102.

[19] 高晶晶. 鳕鱼胶原蛋白在食品加工中的应用[J]. 农产品加工(学刊), 2014(20): 79-80.

[20] 宗玉霞, 于洪伟, 刘海燕, 等. 低糖海藻饮料的掩腥研究及感官品质分析[J]. 食品科技, 2020, 45(11): 74-81.

[21] 黄克霞, 祝义伟, 陈秋生, 等. 蓝莓果汁发酵工艺优化及挥发性风味物质分析[J]. 中国酿造, 2021, 40(12): 109-114.