

## 饮料用酵母抽提物风味特性分析及应用效果初探

刘楚海<sup>1</sup>, 李文钊<sup>\*1</sup>, 程建凯<sup>1</sup>, 孙妮<sup>1</sup>, 邢常辉<sup>1</sup>, 阮美娟<sup>1</sup>, 李沛<sup>2</sup>

(1. 天津科技大学 食品科学与工程学院, 天津 300457; 2. 安琪酵母股份有限公司, 湖北 宜昌 443003)

**摘要:** 为了研究饮料用酵母抽提物(yeast extract, YE)的特性, 以 FA37、FA39 作为研究对象, 分析了其主要呈味物质和风味物质, 并结合感官评价初步探讨其对 4 种饮料常用甜味剂的影响。首先, 应用原子吸收分光光度计分析与呈味密切相关的金属离子, 依据游离氨基酸的组成计算总游离氨基酸(total free amino acid, TFAA)占比和滋味活度值(taste activity value, TAV)来判断各呈味氨基酸的风味对酵母抽提物滋味的贡献程度。结果表明, FA37 和 FA39 中 Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>的质量分数明显降低, 而 Zn<sup>2+</sup>的质量分数明显增加; 同时, 其呈鲜味的游离氨基酸质量分数减少, 而呈甜味的丙氨酸质量分数最高, 帮助减轻了其咸、鲜的滋味; 在 FA37 和 FA39 中, 肽相对分子质量多在 1 000 以下, 有利于增强产品风味, 提升味道的厚重感。然后, 利用顶空固相微萃取-气质联用(HS-SPME/GC-MS)及电子鼻分析了其风味物质, 发现醛类物质相对含量最高, 主要风味物质均为 3-甲基丁醛和苯甲醛。最后, 通过感官评价发现, FA37 和 FA39 可以提升甜味剂的甜味强度及甜味速度, 减轻不良风味, 改善了口感。总之, 饮料用酵母抽提物的效果是理想的, 它不仅可以减弱甜味剂不良风味, 还可以凭借自身独特的风味提升产品品质, 对饮料新品开发及酵母抽提物的利用具有参考价值。

**关键词:** 酵母抽提物; 饮料; 甜味剂; 挥发性物质; 氨基酸; 感官评价

中图分类号: TS 202.3 文章编号: 1673-1689(2024)01-0087-11 DOI: 10.12441/spyswjs.20210816007

## Preliminary Exploration of Flavor Characteristics and Application Effects of Yeast Extracts Used in Beverage

LIU Chuhai<sup>1</sup>, LI Wenzhao<sup>\*1</sup>, CHENG Jiankai<sup>1</sup>, SUN Ni<sup>1</sup>, XING Changhui<sup>1</sup>, RUAN Meijuan<sup>1</sup>, LI Pei<sup>2</sup>

(1. College of Food Science and Engineering, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China;

2. Angel Yeast Co., Ltd., Yichang 443003, China)

**Abstract:** In order to study the characteristics of yeast extracts used in beverage, FA37 and FA39 were selected as the research objects, the main taste compounds and flavor substances were analyzed and the effects on four common sweeteners for beverages were discussed combined with sensory evaluation. First, the atomic absorption spectrophotometer was used to analyze the metal ions closely related to the flavors. The proportion of total free amino acids (TFAA) and the taste activity value (TAV) were calculated according to the composition of free amino acids to determine the contribution degree of flavor of each flavoring amino acid to the flavor of yeast extracts. The results showed that FA37 and FA39 contained less Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup>, while the content of Zn<sup>2+</sup> increased

收稿日期: 2021-08-16

\* 通信作者: 李文钊(1970—), 女, 博士, 教授, 硕士研究生导师, 主要从事食品加工技术方向研究。E-mail: liwenzhao@tust.edu.cn

significantly. Meanwhile, the content of umami free amino acid decreased, while the proportion of sweet alanine was the highest, which helped to reduce the salty and umami tastes. In FA37 and FA39, peptides with the molecular weight below 1 000 were predominant, facilitating the enhancement of product flavor and thickness of taste. Subsequently, headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME/GC-MS) and electronic nose were used to analyze the flavor compounds, revealing that the relative contents of aldehydes were the highest in FA37 and FA39, and the main flavor substances of the two yeast extracts were 3-methylbutyraldehyde and benzaldehyde. Finally, sensory experiments demonstrated that FA37 and FA39 could enhance the sweetness intensity and sweetness speed of sweeteners, reduce the off-flavors, and improve the taste. In conclusion, the effects of yeast extracts used in beverage are promising, as they can not only reduce the off-flavors of sweeteners but also improve product quality through their unique flavors, which is of reference value for the development of new beverage products and the utilization of yeast extracts.

**Keywords:** yeast extract, beverage, sweetener, volatile substance, amino acid, sensory evaluation

酵母抽提物是以食品用酵母为主要原料,在发酵的作用下,经过加工得到的产品,富含氨基酸、短肽、多肽等酵母细胞中的可溶性成分。目前,作为食品配料,酵母抽提物已经被广泛应用于许多食品中。如在肉类加工中,它可以提高产品品质,赋予产品更加醇厚的感觉,增加肉味、鲜味,掩盖一些不良的气味<sup>[1]</sup>。用在方便食品中,酵母抽提物可以赋予产品天然的美味,提升产品品质和档次。用于素食品中,可以赋予产品类似于肉的风味,补充产品营养,并且还能掩盖如豆腥味等异味<sup>[2]</sup>。有研究者通过研究发现,在低盐香肠中添加了 20 g/L 的酵母抽提物,增加了由氨基酸和碳水化合物分解代谢产生的挥发性化合物,从而抑制低钠咸味剂的感官缺陷,提升产品品质<sup>[3]</sup>。酵母抽提物凭借其来源天然、营养丰富的优点在食品生产中得到了越来越广泛的应用。

有研究表明,含糖饮料的消费与肥胖症的产生是呈正相关的,并且还会导致心脏病、糖尿病、中风等疾病<sup>[4]</sup>。因此,无糖或低糖饮料开始引起消费者的广泛关注。选择适当的甜味剂来代替传统饮料配方中的蔗糖则成为了饮料无糖、低糖化趋势。可是,不管选用哪种代糖品,在实际使用中或多或少存在不良风味的问题。例如甜菊糖苷虽与蔗糖味感相似,但其具有强烈的苦涩后味,导致甜味不纯正<sup>[5]</sup>。赤藓糖醇虽然在酸性及高温条件下均有着较好的稳定性,而且口感清凉,是一种广泛使用的甜味剂,但是它的甜度较低,仅相当于蔗糖的 60%,在口感上与蔗糖也有一些差距<sup>[6]</sup>。罗汉果甜苷尽管有着较高的甜度,但其后味发涩、发苦<sup>[7]</sup>。所以,如何减轻甚

至摒弃代糖品的不良口感成为了食品工作者们必须面对并思考解决的问题。而酵母抽提物作为一种富含营养物质的食品配料,生产工艺成熟。目前,酵母抽提物已广泛应用于调味品、方便食品等产品中,用来增加其鲜味和肉香味。已有研究者报道将酵母抽提物应用于果汁等饮料中,发现酵母抽提物可以降低水果原有的酸涩味,突出甜味,使饮料的口感变得更好<sup>[8]</sup>。因此,本研究中探讨酵母抽提物对甜味剂不良风味的修饰作用,期望能够达到改善低糖或无糖产品风味的目的。

本文将重点分析两种适合饮料用酵母抽提物(FA37、FA39)的主要呈味成分,考查其主要挥发性香气成分,探究其对 4 种常用甜味剂口感的影响,为低糖、无糖饮料研发提供一定的参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

酵母抽提物:安琪酵母股份有限公司;赤藓糖醇、安赛蜜、罗汉果甜苷:河南禾兴生物技术有限公司;甜菊糖苷:山东保龄宝生物股份有限公司;2-甲基-3-庚酮:美国 Sigma 公司。

### 1.2 仪器与设备

YH-A 10002 型电子天平:瑞安市英衡电器有限公司;GC-MS-QP2010 型气相色谱质谱联用仪:日本岛津公司;CAR/DVB/PDMS 萃取头(50/30  $\mu\text{m}$ ):美国 Supelco 公司;PinAAcle 900T 型原子吸收分光光度计:美国 PE 公司;PEN-3 型电子鼻:德国 Airsense 公司。

### 1.3 实验方法

**1.3.1 微量金属离子测定** 使用原子吸收分光光度计进行测定。具体方法为:根据 GB 5009.91—2017 中方法测定钾、钠质量分数;根据 GB 5009.241—2017 中方法测定镁质量分数;根据 GB 5009.13—2017 中方法测定铜质量分数;根据 GB 5009.92—2016 中方法测定钙质量分数;根据 GB 5009.14—2017 中方法测定锌质量分数。

**1.3.2 游离氨基酸分析** 采用 GB/T 5009.124—2016 中的方法测定酵母抽提物中游离氨基酸,外标法对样品中的氨基酸组分进行定量。计算酵母抽提物中各游离氨基酸的 TFAA(总游离氨基酸)占比,并依下式计算其 TAV<sup>[9]</sup>,分析其具体呈味效果。

$$T_{AV} = \frac{w}{T}$$

式中: $T_{AV}$  为游离氨基酸滋味活度值; $w$  为呈味物质即游离氨基酸的质量分数,mg/g; $T$  为该呈味物质即该游离氨基的阈值,其数值参考文献[10]的研究结果,mg/g。

当 TAV $\geq 1$  时,表示该呈味物质对整个样品的呈味是有贡献的;当 TAV $< 1$  时,表示该呈味物质对整个样品的呈味是没有贡献的。

**1.3.3 肽相对分子质量检测** 采用 Q/YB.J19.004—2017 中的方法检测酵母抽提物中肽相对分子质量分布。

**1.3.4 HS-SPME/GC-MS 对挥发性物质测定** 参考刘建彬等的方法<sup>[11]</sup>,称取 2 g 酵母抽提物样品,用 2 mL 去离子水进行溶解并添加 1  $\mu$ L 的 2-甲基-3-庚酮作为内标物。将上述样品混合于 30 mL 顶空瓶中,加盖后放于 50  $^{\circ}$ C 水浴锅中 20 min。在 270  $^{\circ}$ C 将萃取头老化 30 min,以去除萃取头上原有的杂质。将老化后的萃取针插入顶空瓶中,解析 5 min。具体参数为:色谱柱 BR-SWaxFS (30 m $\times$ 0.32 mm $\times$ 0.50  $\mu$ m),柱初温 30  $^{\circ}$ C,保持 2 min;以 2  $^{\circ}$ C/min 升至 40  $^{\circ}$ C,保持 2 min;再以 3  $^{\circ}$ C/min 升至 180  $^{\circ}$ C,保持 2 min;最后以 20  $^{\circ}$ C/min 升至 250  $^{\circ}$ C,保持 2 min。进样口温度 200  $^{\circ}$ C;氦气作为载气,不分流,流量 1.1 mL/min;传输线温度 280  $^{\circ}$ C,离子源温度 230  $^{\circ}$ C,四极杆温度 150  $^{\circ}$ C;电子能量 70 eV;质量扫描  $m/z$  35~400;分流比 1:50。

**1.3.5 电子鼻检测** 参考张拥军等的方法<sup>[12]</sup>,将酵母抽提物用去离子水配制成 0.1 g/L 的溶液。将溶液

置于 30 mL 的顶空瓶中。使用 PEN-3 型电子鼻对样品进行检测。具体参数为:样品检测时间 180 s,数据获得间隔 1 s,清洗时间 5 s,气体流量 400 mL/min。该电子鼻包含 10 个传感器,具体性能描述见表 1。

表 1 传感器性能描述

Table 1 Description of sensor performance

阵列序号	传感器名称	性能描述
1	W1C	对芳香成分、苯类敏感
2	W5S	灵敏度大,对氮氧化合物很敏感
3	W3C	对芳香成分、氨类敏感
4	W6S	主要对氢化物有选择性
5	W5C	对短链烷烃芳香成分敏感
6	W1S	对甲基类敏感
7	W1W	对硫化物敏感
8	W2S	对醇类、醛酮类敏感
9	W2W	对芳香成分、有机硫化物敏感
10	W3S	对长链烷烃敏感

**1.3.6 饮料用酵母抽提物对甜味剂口感影响效果评价** 选用目前饮料生产中常用的赤藓糖醇、罗汉果甜苷、安赛蜜和甜菊糖苷 4 种甜味剂,采用感官评价方法进行饮料用酵母抽提物对甜味剂口感影响的评价。感官评价小组由 8 人组成,均为经过了严格训练、具有丰富感官评价经验的专业人员,无抽烟喝酒等不良习惯,进行感官评价前避免接触刺激性味道及使用带香味的化妆品,手上也不能有残留洗涤剂的味道。

感官评价评分表如表 2 所示,分别从甜味强度、甜味速度和不良风味 3 方面进行评价。最后,评价员要将不同的样品按照总体喜好进行排序,数字越大,喜欢程度越高,并在表中最后的喜好排序中进行注明。最终评价采用得分的平均值。

**1.3.7 数据处理** HS-SPME/GC-MS 数据使用 GC-MSslotion 进行处理,通过 NIST11 数据库检索相似度大于 80% 的物质,确认化合物成分。电子鼻数据使用 Winmuster 处理,进行主成分分析(PCA)和载荷分析。其余数据及制图使用 SPSS 24 和 OriginPro 2018 完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 微量金属离子的分析

根据味觉产生的理论,呈咸味的物质是通过味

表 2 感官评价评分表

Table 2 Score criteria of sensory evaluation

分值	甜味强度	甜味速度	不良风味
0~4	甜味强度由极苦,直至与 8 g/dL 蔗糖溶液接近	甜味速度由极苦,直至与 8 g/dL 蔗糖溶液接近	不良风味由完全没有,直至与不添加酵母抽提物的甜味剂溶液相接近
5	与 8 g/dL 蔗糖溶液相同	与 8 g/dL 蔗糖溶液相同	与不添加酵母抽提物的甜味剂溶液相同
6~10	甜味强度由比 8 g/dL 蔗糖溶液强,直至相当于其两倍及以上的速度	甜味速度由比 8 g/dL 蔗糖溶液强,直至相当于其两倍及以上的速度	不良风味由比不添加酵母抽提物的甜味剂溶液强,直至相当于其两倍以上的不良风味

觉细胞壁中的专用离子通道进入而呈味的。自然界中盐之所以有咸味,就是因为含有  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  等阳离子<sup>[13]</sup>。两种饮料用酵母抽提物(FA37、FA39)的微量金属离子检测结果如表 3 所示。从表 3 数据可以看出,两种酵母抽提物均含有较为丰富的微量元素,其中质量分数较高的为  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 。通过对

比文献[14]中适用于鱼糜制品的酵母抽提物,可以发现  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$  的质量分数是明显降低的,因此,饮料用酵母抽提物的咸味相比于普通的酵母抽提物有着明显的降低。 $\text{Zn}^{2+}$  的质量分数是明显增加的,有研究表明, $\text{Zn}^{2+}$  对于保持人体味觉平衡有十分重要的意义,可增强味蕾功能,对食欲起到促进的作用<sup>[15]</sup>。

表 3 微量金属离子检测结果

Table 3 Determination of trace metal ions

样品	质量分数/(mg/g)					
	$\text{K}^+$	$\text{Na}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$	$\text{Cu}^{2+}$
FA37	4.16±0.054	5.13±0.022	0.12±0.004	0.49±0.002	9.43±0.221	0.13±0.005
FA39	4.01±0.022	7.25±0.031	0.13±0.003	0.48±0.005	6.33±0.019	2.04±0.034
鱼糜用酵母抽提物 <sup>[14]</sup>	38.40±0.751	119.27±5.222	0.22±0.002	1.23±0.080	0.06±0.001	0.43±0.029

2.2 游离氨基酸的分析

游离氨基酸的检测结果见表 4。由表中的数据可以看到,在两种饮料用酵母抽提物中共检测出了 16 种游离氨基酸,包括了 8 种人体必需氨基酸中的 7 种,FA37、FA39 中的 TFAA 质量分数分别为 33.9、48.9 mg/g。其中由于在酸解过程中受到了破坏,色氨酸并没有被检测出来。通过呈味效果的不同,游离氨基酸可以被分为三类,即鲜味、甜味和苦味氨基酸<sup>[16]</sup>,样品中包括鲜味氨基酸 2 种、甜味氨基酸 5 种和苦味氨基酸 9 种。在 FA37 和 FA39 中,鲜味氨基酸的 TFAA 占比分别为 3.83%和 3.27%,而在提鲜抽提物中的这一比例一般约 20%<sup>[14]</sup>。FA37 和

FA39 大幅减少了其中鲜味氨基酸的质量分数。作为甜味氨基酸,丙氨酸是两种饮料用酵母抽提物中质量分数最多的氨基酸,其 TFAA 占比分别为 22.42%和 21.27%。虽然总体来看,FA37 和 FA39 中甜味氨基酸的 TFAA 占比与非饮料用酵母抽提物相比有所下降,不过丙氨酸作为甜味最强的氨基酸,有着特殊的甜味及香味,其甜度约为蔗糖的 1.2 倍,可以用于清凉饮料<sup>[17]</sup>,因此更适宜用于饮料生产。精氨酸、脯氨酸、赖氨酸、甲硫氨酸在低质量分数是呈甜味,而在质量分数较高时则呈苦味,组氨酸呈苦味。因此,酵母抽取物的独特口感是由于上述氨基酸丰富的呈味特性<sup>[18]</sup>。

表 4 游离氨基酸的 TFAA 占比和 TAV

Table 4 TFAA ratio and TAV of free amino acids

呈味类型	氨基酸	阈值 <sup>[10]</sup> (mg/g)	FA37			FA39		
			TFAA 质量分数/ (mg/g)	TAV	TFAA 占比/%	TFAA 质量分数/ (mg/g)	TAV	TFAA 占比/%
鲜味	谷氨酸	0.3	0.7	2.33	2.06	0.8	2.67	1.63
	天冬氨酸	1.0	0.6	0.60	1.77	0.8	0.80	1.64



续表 4

呈味类型	氨基酸	阈值 <sup>[10]</sup> / (mg/g)	FA37			FA39		
			TFAA 质量分数/ (mg/g)	TAV	TFAA 占比/%	TFAA 质量分数/ (mg/g)	TAV	TFAA 占比/%
甜味	甘氨酸	1.3	0.7	0.54	2.06	0.8	0.62	1.64
	丝氨酸	1.5	0.5	0.33	1.47	0.6	0.40	1.23
	丙氨酸	0.6	7.6	12.67	22.42	10.4	17.33	21.27
	脯氨酸	3.0	1.0	0.33	2.95	1.6	0.53	3.27
	苏氨酸	2.6	0.3	0.12	0.88	0.4	0.15	0.82
苦味	酪氨酸	—	1.5	—	4.42	3.0	—	6.13
	苯丙氨酸	0.9	5.6	6.22	16.52	7.4	8.22	15.13
	缬氨酸	0.4	2.7	6.75	7.96	3.6	9.00	7.36
	组氨酸	0.2	0.2	1.00	0.59	0.3	1.50	0.61
	赖氨酸	0.5	0.4	0.80	1.18	0.5	1.00	1.02
	精氨酸	0.5	0.8	1.60	2.36	1.1	2.20	2.25
	异亮氨酸	0.9	4.2	4.67	12.39	6.5	7.22	13.29
	甲硫氨酸	0.3	1.5	5.00	4.42	2.1	7.00	4.29
	亮氨酸	1.9	5.6	2.95	16.52	9.0	4.74	18.40

2.3 肽相对分子质量的分析

肽相对分子质量分析结果见表 5。侯杰等研究发现,酵母抽提物中不同相对分子质量的肽类物质有着不同的呈味效果<sup>[19]</sup>。肽相对分子质量<1 000 的组分有着强烈的浓厚感;肽相对分子质量在 1 000~5 000 的组分有轻微的浓厚感;当相对分子质量>5 000 时,则是没有滋味的。FA37 和 FA39 中肽类物质相对分子质量的分布情况如表 5 所示。从表中可知,在 FA37 和 FA39 中,相对分子质量小于 1 000 的肽类物质相对含量分别为 84.94%和 87.91%,是

这两种酵母抽提物中主要的肽组分。研究表明,相对分子质量<1 000 的肽类、氨基酸更能直接有效地刺激味蕾,形成风味<sup>[19]</sup>。由于酵母抽提物主要的呈味是来源于自身的短肽,在 FA37 和 FA39 中,相对分子质量在 400 以下的肽类物质相对含量分别为 42.70%和 48.97%。这对于增强产品风味,提升味道的厚重感是有帮助的。另据报道<sup>[20]</sup>,相对分子质量为 500~1 500 的寡肽多具有较强抗氧化功能等生理活性,故可以推测 FA37 和 FA39 也具有较好的生理活性。

表 5 肽类物质相对分子质量分布

Table 5 Molecular weight distribution of peptides

样品	相对含量/%				
	肽相对分子质量 <180	肽相对分子质量 180~400	肽相对分子质量 400~1 000	肽相对分子质量 1 000~2 000	肽相对分子质量 >2 000
FA37	10.46	32.24	42.24	14.39	0.56
FA39	14.19	34.78	38.94	8.97	3.12

2.4 HS-SPME/GC-MS 测定结果的分析

FA37 与 FA39 的 HS-SPME/GS-MS 检测得到的挥发性物质总离子流图分别见图 1 和图 2,得到的挥发性物质分别见表 6 和表 7。

由表 6 可知,在 FA37 中共检测到 21 种挥发性物质,其中醛类物质是相对含量最多的,共被检测出 11 种,酮类物质有 4 种,其余包括酸类、酯类、吡嗪类等。在 FA39 中(见表 7),共检测到了 17 种挥

发性物质。与 FA37 类似,其中有醛类物质 10 种,酮类物质 3 种,其余包括酸类、吡嗪等其他物质。

FA37 中的挥发性风味物质主要为 3-甲基丁醛和苯甲醛,它们的相对含量占到了近一半。风味描述分别为麦芽香、可可香和苦杏仁味。此外,FA37 具有鲜花清香的右旋萜二烯和巧克力香味的可卡醛,这是 FA39 所不具有的。FA39 中主要的挥发性风味物质为 3-甲基丁醛、乙酸和苯甲醛,风味描述

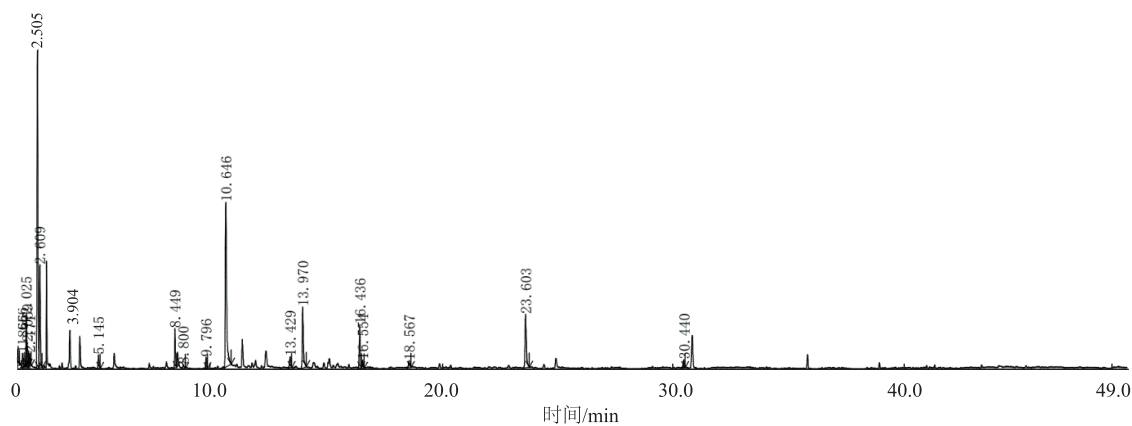


图 1 FA37 挥发性物质总离子流图

Fig. 1 Total ion flow diagram of volatile components of FA37

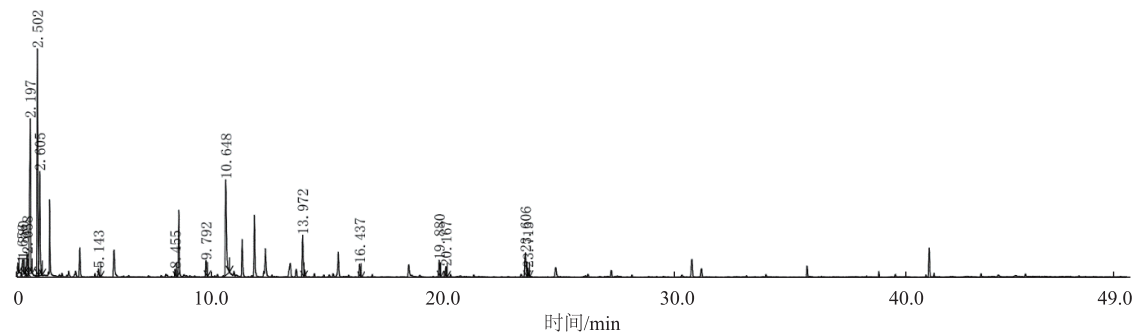


图 2 FA39 挥发性物质总离子流图

Fig. 2 Total ion flow diagram of volatile components of FA39

表 6 FA37 挥发性物质分析表

Table 6 Volatile components analysis table of FA37

序号	物质名称	CAS	保留时间/min	相对含量/%	风味描述 <sup>[21-22]</sup>
1	丙酮	67-64-1	1.656	1.40	甜味
2	丁醛	123-72-8	1.866	1.22	水果香
3	乙酸	64-19-7	2.025	2.61	酸味
4	2-丁酮	78-93-3	2.059	0.83	水果香
5	乙酸乙酯	141-78-6	2.171	0.95	清香、水果香
6	3-甲基丁醛	590-86-3	2.505	24.92	麦芽香、可可香
7	2-甲基丁醛	96-17-3	2.609	7.77	咖啡和可可香气,微带甜的水果和巧克力似风味
8	2-甲基戊醛	123-15-9	3.904	3.20	清香、类似葡萄味果香
9	己醛	66-25-1	5.145	0.81	青草气及苹果香味
10	庚醛	111-71-7	8.449	3.39	水果香
11	甲氧基苯酚	—	8.655	1.30	—
12	2,6-二甲基吡嗪	108-50-9	8.800	0.34	咖啡和炒花生的气味
13	2-甲基-3-庚酮	13019-20-0	9.796	1.00	(内标)
14	苯甲醛	100-52-7	10.646	21.04	苦杏仁味
15	右旋萜二烯	5989-27-5	13.429	1.17	鲜花清香
16	苯乙醛	122-78-1	13.970	6.78	杏仁、樱桃香味

续表 6

序号	物质名称	CAS	保留时间/min	相对含量/%	风味描述 <sup>[21-22]</sup>
17	壬醛	124-19-6	16.436	4.10	甜橙香气
18	可可醛	35158-25-9	16.554	0.77	草药、木质、水果香味,有较差的巧克力香气和苦巧克力味
19	2-癸酮	693-54-9	18.567	0.29	芳香
20	吡嗪	120-72-9	23.603	7.14	花香
21	可卡醛	21834-92-4	30.440	0.79	巧克力香味

表 7 FA39 挥发性物质分析表

Table 7 Volatile components analysis table of FA39

序号	物质名称	CAS	保留时间/min	相对含量/%	风味描述 <sup>[21-22]</sup>
1	2-甲基戊醛	123-15-9	1.656	0.55	清香、类似葡萄味果香
2	丁醛	123-72-8	1.880	1.12	水果香
3	2-丁酮	78-93-3	2.058	1.22	水果香
4	乙酸	64-19-7	2.197	10.31	酸味
5	3-甲基丁醛	590-86-3	2.502	14.98	麦芽香、可可香
6	2-甲基丁醛	96-17-3	2.605	6.96	咖啡和可可香气,微带甜的水果和巧克力似风味
7	己醛	66-25-1	5.143	0.52	青草气及苹果香味
8	庚醛	111-71-7	8.455	0.50	水果香
9	甲氧基苯酚	—	8.651	3.74	—
10	2-甲基-3-庚酮	13019-20-0	9.792	1.00	(内标)
11	苯甲醛	100-52-7	10.648	8.71	苦杏仁味
12	苯乙醛	122-78-1	13.972	3.25	杏仁、樱桃香味
13	壬醛	124-19-6	16.437	0.80	甜橙香气
14	2-癸酮	693-54-9	19.880	1.22	芳香
15	癸醛	112-31-2	20.367	0.16	具有新鲜的油脂香,稀薄时则有果味香
16	吡嗪	120-72-9	23.606	1.97	花香
17	壬酸乙酯	123-29-5	23.713	0.48	带果香及玫瑰样香气的酒香

为麦芽香、可可香、酸味以及苦杏仁的味道。壬酸乙酯是 FA39 所特有的, 风味描述为带果香及玫瑰样香气的酒香。可以发现,在两种酵母抽提物中,3-甲基丁醛和苯甲醛是其中相对含量较多的。研究发现,它们都是苯甲酸的降解产物,具有增强食品风味的作用<sup>[23]</sup>。

2.5 电子鼻分析

应用电子鼻对 FA37 与 FA39 进行检测所得电子鼻传感器响应值如图 3 所示。可以看出,电子鼻的传感器对两种酵母抽提物的气味成分均有明显响应。从总体上看,FA39 的挥发性物质比 FA37 多。其中,传感器 W2S、W1W 和 W1S 对两种酵母抽提物有着良好的区分效果。它们分别对应的是醇类、醛酮类、硫化物和甲基类化合物。

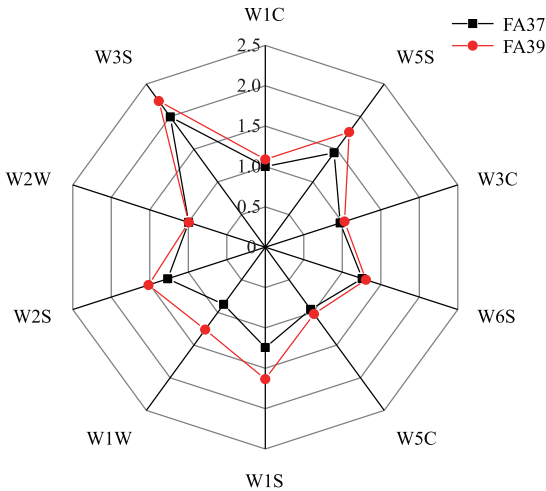


图 3 电子鼻传感器响应值雷达图

Fig. 3 Radar chart of electronic nose sensor response value

**2.5.1 主成分分析** 主成分分析是一种常见的数据分析方法,通过将高维的、含有多个变量的数据进行降维,提取其主要特征成分,压缩数据空间,从而更直观地反映数据之间的异同。由图 4 可知,PC1 与 PC2 的贡献率分别为 89.96%和 9.67%,累计贡献率为 99.63%(大于 95%),说明该方法可以较好地代表不同酵母抽提物挥发性物质整体信息。从图 4 中各样品区域的具体分布情况可知,从整体上看,各样品间分布集中,表示重复性好;不同样品间没有重叠,说明各样品间的挥发性物质存在较大差异。

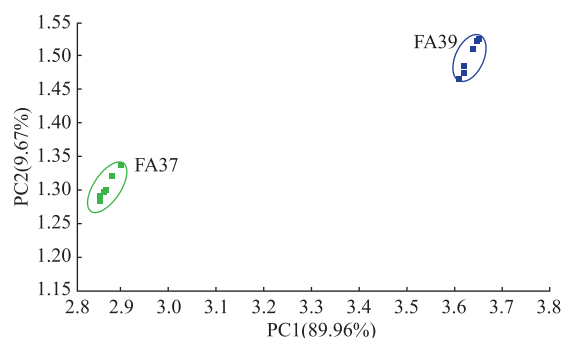


图 4 电子鼻传感器响应值 PCA 分析图

Fig. 4 PCA analysis diagram of electronic nose sensor response value

**2.5.2 载荷分析** 通过载荷分析可知不同传感器在主成分分析中的贡献程度。对应传感器的点如果接近原点并且位置相近,则说明其电信号变化较弱<sup>[24]</sup>。分析结果见图 5。从图 5 的分析可以看到,传感器 W1S 和 W1W 在两个主成分轴上均有较大的差距,因此可以认为它们是气味特征的关键传感器。而传感器 W2W、W6S、W5C、W3C 和 W1C 则集中于原点附近,说明它们的识别能力是可以忽略不计的。这与上文的分析结果也是相吻合的。

## 2.6 感官评价分析

**2.6.1 甜味剂质量浓度的确定** 选用目前常用在饮料生产中的甜味剂:赤藓糖醇、罗汉果甜苷、安赛蜜和甜菊糖苷。通过查看甜味剂标签及查阅资料,换算出理论上与 8 g/dL 蔗糖溶液甜度相等的质量浓度,并参考其阈值,各取 2 个不同的质量浓度,通过感官评价筛选出甜感最接近的甜味剂质量浓度。

通过感官评价小组的评价,筛选出与 8 g/dL 蔗糖溶液甜感最接近的甜味剂。最终确定的甜味剂质量浓度为:赤藓糖醇 10 g/dL、罗汉果甜苷 0.15 g/dL、

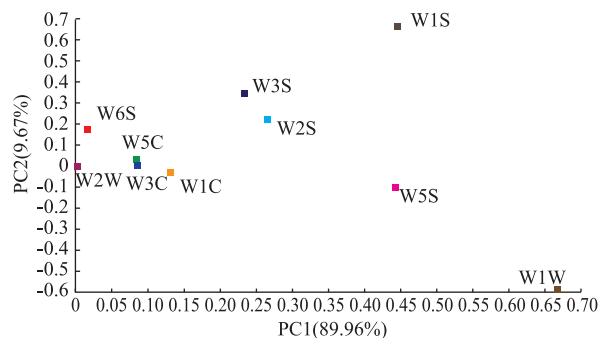


图 5 电子鼻传感器响应值载荷分析图

Fig. 5 Loading analysis diagram of electronic nose sensor response value

安赛蜜 0.05 g/dL、甜菊糖苷 0.04 g/dL。

**2.6.2 感官评价结果分析** 根据感官评价结果,将各指标的得分进行累加绘制成柱状图。从图 6~8 中可以看到,3 种酵母抽提物(增鲜用酵母抽提物 FG10 作为对照)在不同程度上均能增强一种或几种甜味剂的甜味强度。FA37 对罗汉果甜苷和甜菊糖苷的甜味强度是有增强作用的,不过对赤藓糖醇来说则会降低其甜味强度。FA37 对罗汉果甜苷的效果最为明显,不仅增强了甜味速度,还减轻了其中的不良风味。FA39 对罗汉果甜苷和安赛蜜的甜味强度和甜味速度是有增强效果的,不过却增加了安赛蜜的不良风味。增鲜用酵母抽提物(FG10)对罗汉果甜苷有着比较好的效果,其甜味强度与甜味速度都得到了增加,不过它给整个体系几乎都带来了不好的风味,这种现象以赤藓糖醇最为显著。甜菊糖苷与 FA39 混合时的效果均是明显好于 FA37 和 FG10。对比图 8 可以看到,主要原因在于其中的不良风味显著增加了。以上分析可以看出,罗汉果甜苷与酵母抽提物尤其是和 FA37 配合应用的效果最好,不仅甜味强度、甜味速度均得到了明显的提升,而且自身不良风味也得到了减轻。这一点从最后的喜好排序统计中也能看得出来。很显然,罗汉果甜苷在所有甜味剂中的评分是最好的,其次是安赛蜜和赤藓糖醇。从图 9 中可以看到,当 FA37 的添加量在 0.10 g/dL 时,其感官评价是最好的。相比于 FA39,FA37 含有更少的呈咸味的金属阳离子,同时含有更多的小分子肽,尤其是相对分子质量为 400~1 000 的小分子肽。此外,FA37 还有着更多的挥发性成分,这对于其感官品质的提升也是有帮助的。



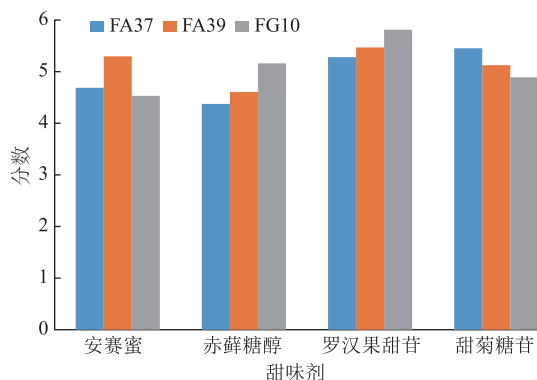


图 6 甜味强度分数统计

Fig. 6 Sweetness intensity score statistics

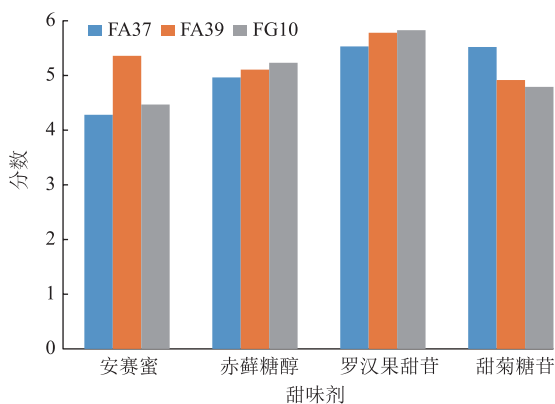


图 7 甜味速度分数统计

Fig. 7 Sweetness speed score statistics

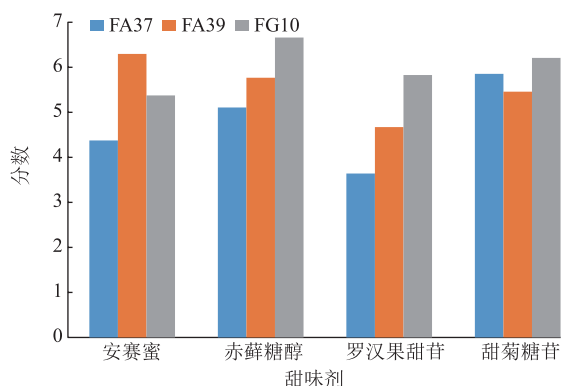


图 8 不良风味分数统计

Fig. 8 Off-flavor score statistics

### 3 结 语

通过对 FA37 与 FA39 两种饮料用酵母抽提物的主要成分进行检测,并通过感官评价研究其对 4 种饮料生产中常用甜味剂的口感产生的影响。发现

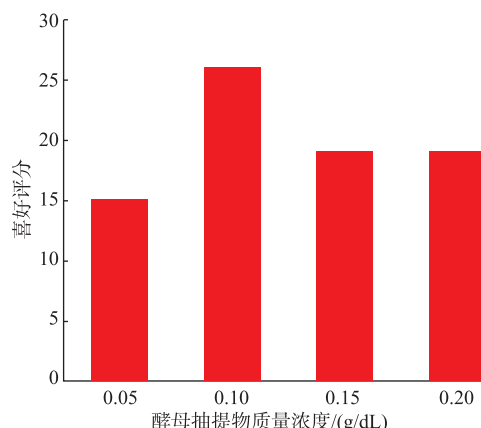


图 9 FA37 与罗汉果甜苷混合后的喜好评分

Fig. 9 Preference score of FA37 mixed with mogroside

饮料用酵母抽提物含有多种金属微量元素,相比于非饮料用酵母抽提物,最大的区别在于  $K^+$ 、 $Na^+$  的质量分数是明显降低的,因此其咸味口感明显降低。对比游离氨基酸的质量分数,可以发现其在饮料用酵母抽提物中的总质量分数是明显少于非饮料用的;在氨基酸的种类方面,两者的差距主要在于谷氨酸和天冬氨酸,这两种氨基酸是呈鲜味的。此外,饮料用酵母抽提物的甜味氨基酸的 TFAA 占比是明显要多的,尤其是其中富含的丙氨酸能够增强饮料的品质。通过 HS-SPME/GC-MS 对饮料用酵母抽提物的挥发性物质进行了检测。发现其中 3-甲基丁醛和苯甲醛的相对含量是最多的。它们都是生产过程中氨基酸的降解产物,在食品中有增强风味的作用。使用了 PCA 及载荷分析对电子鼻数据进行了分析,结果显示电子鼻对不同酵母抽提物的区分效果是理想的,尤其是 W1S 和 W1W 是将其区别开的关键传感器。在与甜味剂进行复配的感官评价中,FA37 和 FA39 对罗汉果甜苷的作用效果是最好的,减轻了不良风味,改善了口感。不过值得注意的是,当酵母抽提物的添加量  $>0.05$  g/dL 时,体系中均会出现令人不愉快的类似于培养基的不愉快味道。因此,可以考虑将其与几种甜味剂复配或者添加如  $\beta$ -环状糊精等食品添加剂来进一步改善品质。

作为饮料用酵母抽提物,FA37 和 FA39 的效果是理想的。区别于一般的酵母抽提物提鲜增香、肉香浓郁的特点,它不仅可以减弱甜味剂不良风味,还可以凭借自身独特的风味,提升产品品质,这对于饮料新品开发及酵母抽提物的利用具有参考价值。

## 参考文献:

- [1] VIDAL V A S, SANTANA J B, PAGLARINI C S, et al. Adding lysine and yeast extract improves sensory properties of low sodium salted meat[J]. **Meat Science**, 2020, 159: 107911.
- [2] 朱家森. 酵母抽提物及其在食品调味品行业中的应用研究[J]. 科技创新与应用, 2019(33): 165-166.  
ZHU J M. Study on yeast extract and its application in food condiment industry[J]. **Technology Innovation and Application**, 2019(33): 165-166. (in Chinese)
- [3] CAMPAGNOL P C, SANTOS B A, WAGNER R, et al. The effect of yeast extract addition on quality of fermented sausages at low NaCl content[J]. **Meat Science**, 2011, 87(3): 290-298.
- [4] SCHULZE M B, MANSON J E, LUDWIG D S, et al. Sugar-sweetened beverages, weight gain, and incidence of type 2 diabetes in young and middle-aged women[J]. **JAMA— Journal of the American Medical Association**, 2004, 292(8): 927-934.
- [5] 林薇薇, 万武波, 白燕, 等. 天然复合甜味剂的配方研究[J]. 农产品加工, 2019(17): 16-19.  
LIN W W, WAN W B, BAI Y, et al. Study on the formula of natural compound sweeteners[J]. **Farm Products Processing**, 2019(17): 16-19. (in Chinese)
- [6] 刘建军, 赵祥颖, 田延军, 等. 低热值甜味剂赤藓糖醇的研究现状及应用[J]. 中国酿造, 2006, 25(12): 1-3.  
LIU J J, ZHAO X Y, TIAN Y J, et al. Current research situation and application of erythritol as low-cal sweetener[J]. **China Brewing**, 2006, 25(12): 1-3. (in Chinese)
- [7] 王程程, 邹建, 戚向阳. 不同罗汉果皂甙提取物甜味特性研究[J]. 中国食品学报, 2016, 16(3): 219-224.  
WANG C C, ZOU J, QI X Y. Studies on the sweetness characteristic of different mogroside extracts[J]. **Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology**, 2016, 16(3): 219-224. (in Chinese)
- [8] 唐冠群, 许琦, 沈硕, 等. 饮料专用酵母抽提物在两款酸味果汁饮料中的应用[J]. 饮料工业, 2020, 23(3): 47-50.  
TANG G Q, XU Q, SHEN S, et al. Application of special yeast extract for beverage in two kinds of sour juice drinks [J]. **Beverage Industry**, 2020, 23(3): 47-50. (in Chinese)
- [9] ROTZOLL N, DUNKEL A, HOFMANN T. Quantitative studies, taste reconstitution, and omission experiments on the key taste compounds in morel mushrooms (*Morchella deliciosa* Fr.) [J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2006, 54(7): 2705-2711.
- [10] KATO H, RHUE M R, NISHIMURA T. Role of free amino acids and peptides in food taste[M]. Washington: American Chemical Society, 1989.
- [11] 刘建彬, 宋焕禄, 李沛, 等. 商品化酵母抽提物中风味活性化合物的综合定量分析及其应用特性研究[J]. 中国调味品, 2015, 40(7): 1-10.  
LIU J B, SONG H L, LI P, et al. Quantitative analysis and comprehensive study of flavor-active compounds and application properties of commercial yeast extract[J]. **China Condiment**, 2015, 40(7): 1-10. (in Chinese)
- [12] 张拥军, 何杰民, 蒋家新, 等. 不同处理工艺杨梅果汁风味成分的电子鼻检测[J]. 农业机械学报, 2010, 41(12): 134-137.  
ZHANG Y J, HE J M, JIANG J X, et al. Electronic nose monitoring for *Myrica rubra* juice using different treatment techniques[J]. **Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery**, 2010, 41(12): 134-137. (in Chinese)
- [13] 张晓鸣. 食品风味化学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2009.
- [14] 翟营营, 黄晶晶, 张慧敏, 等. 酵母抽提物主要滋味成分分析及其对鱼糜制品风味的影响[J]. 华中农业大学学报, 2019, 38(5): 105-113.  
ZHAI Y Y, HUANG J J, ZHANG H M, et al. Analysis of main taste components of yeast extract and its effect on flavor of surimi products[J]. **Journal of Huazhong Agricultural University**, 2019, 38(5): 105-113. (in Chinese)
- [15] DAVYDENKO N V, SMIRNOVA I P, KVASHA E A, et al. The relationship between the copper and zinc intake with food and the prevalence of ischemic heart disease and its risk factors[J]. **Likars'ka Sprava**, 1995(5/6): 73-77.
- [16] ARDÖ Y. Flavour formation by amino acid catabolism[J]. **Biotechnology Advances**, 2006, 24(2): 238-242.
- [17] 郭媛, 王丽娟, 邱婷, 等. L-丙氨酸在食品工业中的应用潜力[J]. 中国调味品, 2017, 42(7): 177-180.  
GUO Y, WANG L J, QIU T, et al. Application potential of L-alanine in food industry[J]. **China Condiment**, 2017, 42(7): 177-180. (in Chinese)
- [18] CHANG C S, YE H T S. Detection of 10 sweeteners in various foods by liquid chromatography/tandem mass spectrometry[J].

- Journal of Food and Drug Analysis**, 2014, 22(3): 318-328.
- [19] 侯杰, 孙启星, 邓冲, 等. 酵母抽提物风味成分研究进展[J]. 中国酿造, 2018, 37(11): 13-16.  
HOU J, SUN Q X, DENG C, et al. Research progress of flavor components in yeast extracts[J]. **China Brewing**, 2018, 37(11): 13-16. (in Chinese)
- [20] 孔令会. 新型调味基料在休闲食品中的应用[J]. 中国食品添加剂, 2008(增刊 1): 278-281.  
KONG L H. Apply new basic seasoning material on recreational food[J]. **China Food Additives**, 2008(Suppl. 1): 278-281. (in Chinese)
- [21] 范文来, 徐岩. 白酒 79 个风味化合物嗅觉阈值测定[J]. 酿酒, 2011, 38(4): 80-84.  
FAN W L, XU Y. Determination of odor thresholds of volatile aroma compounds in Baijiu by a forced-choice ascending concentration series method of limits[J]. **Liquor Making**, 2011, 38(4): 80-84. (in Chinese)
- [22] 张倩, 李沁娅, 黄明泉, 等. 2 种芝麻香型白酒中香气活性成分分析[J]. 食品科学, 2019, 40(14): 214-222.  
ZHANG Q, LI Q Y, HUANG M Q, et al. Analysis of odor-active compounds in 2 sesame-flavor Chinese Baijiu[J]. **Food Science**, 2019, 40(14): 214-222. (in Chinese)
- [23] STIJVE T, AMAZONAS M A L D, GILLER V. Flavour and taste components of *Agaricus blazei* ss. Heinem; a new gourmet and medicinal mushroom[J]. **Deutsche Lebensmittel-Rundschau**, 2002, 98(12): 448-453.
- [24] 刘明, 潘磊庆, 屠康, 等. 电子鼻检测鸡蛋货架期新鲜度变化[J]. 农业工程学报, 2010, 26(4): 317-321.  
LIU M, PAN L Q, TU K, et al. Determination of egg freshness during shelf life with electronic nose[J]. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**, 2010, 26(4): 317-321. (in Chinese)