

酵母抽提物在食醋中的应用及感官评价

王治丹¹, 呼振豪¹, 张彦民², 迟焕荣², 李沛³, 赵国忠^{1*}

(1.天津科技大学 食品科学与工程学院 省部共建食品营养与安全国家重点实验室,天津 300457;

2.山东巧媳妇食品集团有限公司,山东 淄博 255400;3.安琪酵母股份有限公司,湖北 宜昌 443000)

摘要:以3种食醋(白醋、陈醋、香醋)和5种酵母提取物(YE)(编号为1号~5号)混合调制用来缓解食醋的刺激性,提升食醋的香气与口感。通过单因素试验,探究最佳YE浓度与3种醋最适YE,确定食醋最优的配比。结果表明,在添加0.1%YE时,3种食醋感官评分最高(分别为6.71、6.27、6.48)。白醋、香醋及陈醋最优的YE分别是1号、3号及5号。通过电子鼻分析,5种YE中氮氧化合物最为丰富,其次是醇、醛、酮;GC-MS分析结果表明,在白醋中加入1号YE后,白醋的水果香(苹果、菠萝)、花香(鲜花、橙花香)有了明显的提升;在陈醋中加入5号YE后,陈醋的坚果香、奶酪香有了明显的提升;在香醋中加入3号YE后,香醋的水果香(香蕉、梨)和玫瑰花香有了显著的提升。

关键词:酵母抽提物;食醋;感官评价;气相色谱-质谱法;电子鼻

中图分类号:TS202.1

文章编号:0254-5071(2022)01-0204-07

doi:10.11882/j.issn.0254-5071.2022.01.035

引文格式:王治丹,呼振豪,张彦民,等.酵母抽提物在食醋中的应用及感官评价[J].中国酿造,2022,41(1):204-210.

Application and sensory evaluation of yeast extract in vinegar

WANG Zhidan¹, HU Zhenhao¹, ZHANG Yanmin², CHI Huanrong², LI Pei³, ZHAO Guozhong^{1*}

(1.State Key Laboratory of Food Nutrition and Safety, College of Food Science and Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China; 2.Shandong Qiaoxifu Food Group Co., Ltd., Zibo 255400, China; 3.Angel Yeast Co., Ltd., Yichang 443000, China)

Abstract: Three kinds of vinegar (white vinegar, aged vinegar, balsamic vinegar) and five kinds of yeast extract (YE) (No.1-No.5) were mixed to alleviate the irritation of vinegar and enhance the aroma and taste of vinegar. Through single-factor experiments, the optimal YE concentration and the YE suitable for three kinds of vinegar were explored, and the optimal ratio of vinegar was determined. The results showed that when the YE addition was 0.1%, the sensory scores of the three kinds of vinegar were the highest, which were 6.71, 6.27 and 6.48, respectively. The optimal YE for white vinegar, balsamic vinegar and aged vinegar was No.1, No.3 and No.5, respectively. Through electronic nose analysis, the nitrogen oxide compounds in five kinds of YE were the most abundant, followed by alcohols, aldehydes and ketones. The analysis results of GC-MS showed that after adding YE No.1 to white vinegar, the fruity fragrance (apple, pineapple) and floral fragrance (fresh, orange blossom) of white vinegar were significantly improved. After adding YE No.5 to aged vinegar, the nutty and cheese aroma of the aged vinegar were significantly improved. After adding YE No.3 to balsamic vinegar, the fruity fragrance (banana, pear) and rose fragrance of the balsamic vinegar were significantly improved.

Key words: yeast extract; vinegar; sensory evaluation; GC-MS; electronic nose

食醋是日常生活中的必备调味品,因其特殊的调味功能备受人们的青睐。食醋因为地域和制备工艺的差异,可进行详细的分类。按制备工艺可分为液态食醋和固态食醋两大类,按地域有非常具有代表性的山西老陈醋、镇江香醋、四川保宁醋等^[1]。食醋因其特殊的生产工艺,成分中含有大量的酸,其中以醋酸和乳酸占主体,所以食醋都广泛具有很强、很尖锐的酸味^[2]。虽然食醋必不可少,但由于不同人的喜好及对食醋的敏感程度存在差异,不少人还是无法忍受食醋的刺激性气味和尖锐的滋味,所以改善食醋的酸味,使其变得柔和以获得更多人的接受成为一个不可

忽视的问题。

酵母抽提物(yeast extract, YE)是通过酵母细胞溶解后经过蒸发、干燥等步骤制得的产品,其状态为颗粒或粉末状^[3]。YE中含有丰富的氨基酸、呈味肽等,所以YE的味道非常丰富,具有鲜美、醇厚、层次感鲜明等特点^[4],具备十分良好的调味特性^[5],加到食醋中或许可以中和食醋中具有刺激性的乙酸等物质。目前国外的YE应用范围较广,市场成熟,年产量较大,其中尤以欧洲和日本的两种风格YE为主要代表。欧洲不光有纯品型YE,更有一些特殊风味型产品,如带有烟熏味、烤肉香的YE类型;日本则主要

收稿日期:2021-07-12

修回日期:2021-09-22

基金项目:国家自然科学基金面上项目(31972194)

作者简介:王治丹(1995-),女,硕士研究生,研究方向为食品风味及感官评价。

*通讯作者:赵国忠(1983-),男,副教授,博士,研究方向为食品微生物学与食品风味组学。

以营养强化型YE作为特色,主要应用于调味品行业^[6]。YE除了应用在调味品行业外,在其他食品行业中可以应用的优势也逐渐展露,PANCRAZIO G等^[7]研究表明,添加了啤酒酵母抽提物的不同时期的熟火腿的颜色、质地、感官特性都有不同程度地提高,使火腿的综合质量提升,有利于长期保存。

本研究分别用5种生产方式及风味成分不同的YE,分别添加到3种代表型食醋中(陈醋、香醋、白米醋),通过单因素试验探究最佳酵母抽提物浓度及种类(1号、2号、3号、4号、5号),采用顶空固相微萃取-气相色谱质谱联用技术(headspace-solid phase microextraction-gas chromatography mass spectrometry, HS-SPME-GC-MS)和电子鼻技术对3种食醋的挥发性风味物质进行定性定量分析,以探究酵母抽提物的加入对食醋风味的影响,为食醋的调配工艺提供理论基础,为优化食醋的品质提供新思路。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

白醋(总酸>6.00 g/100 mL色泽透亮,酸味纯正)、香醋(总酸>4.50 g/100 mL深褐色,有光泽,炒米焦香)、陈醋(总酸>4.60 g/100 mL深褐色,熏香为主体)、酵母抽提物(1号、2号、3号、4号、5号):安琪酵母股份有限公司;2-辛醇、正十九烷酸甲酯(均为色谱纯):美国Sigma-Aldrich公司;乙酸(99.0%)、乙醇(99.9%):天津市致远化学试剂有限公司;愈创木酚(分析纯):上海易恩化学技术有限公司;2,6-二甲基吡嗪(分析纯):湖南惠瑞药业有限公司;癸醛(分析纯):湖北东曹化学科技有限公司;苯乙醇(分析纯):山东多聚化学有限公司。

1.2 仪器与设备

GZX-9070MBE电热鼓风干燥箱:上海博讯实业有限公司医疗设备厂;PEN3型便携式电子鼻传感器:德国Airsense公司;DY04134400立式压力蒸汽灭菌器筒:上海东亚压力容器制造有限公司;QP-2010气相色谱-质谱联用仪:日本岛津科技有限公司;75 μm CAR/PDMS固相微萃取头、15 mL顶空瓶:上海安谱实验科技股份有限公司;RCT磁力搅拌器:德国IKA公司。

1.3 方法

1.3.1 酵母抽提物最优添加量的选择

陈醋、香醋、白醋各50 mL,分五组配制,A组样品不添加酵母抽提物,B组、C组、D组、E组分别添加0.05%、0.10%、0.20%、0.30%的1号~5号酵母抽提物,品评员通过闻气味,品滋味给出综合得分。求取10名品评员综合得分的平均值,得分最高的是1号~5号酵母抽提物最佳添加量。

1.3.2 最优酵母抽提物的选择

陈醋、香醋、白醋各50 mL按照1.3.1中最优添加量加入1号~5号酵母抽提物,分五组配制。品评员通过闻气味,

品滋味给出综合得分。求取10名品评员综合得分的平均值,得分最高为1号~5号中最优酵母抽提物。

1.3.3 电子鼻分析

采用电子鼻测定5种酵母抽提物的挥发性风味成分。用蒸馏水将醋样稀释5倍,吸取5 mL于15 mL顶空瓶中,加转子后,用聚四氟乙烯隔垫密封置于50 °C加热平台水浴加热50 min,转速600 r/min。将所有样品每个做3个平行^[8]。电子鼻传感器名称与其相应物质见表1。

表1 电子鼻传感器名称与其相应物质

Table 1 Name and corresponding substance of electronic nose sensors

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	芳香成分灵敏,氨类
4	W6S	主要对氢化物有选择性
5	W5C	短链烷烃芳香成分
6	W1S	对甲基类灵敏
7	W1W	对硫化物灵敏
8	W2S	对醇类、酯酮类灵敏
9	W2W	芳香成分
10	W3S	对长链烷烃灵敏

电子鼻的设置参数为:样品间隔时间1 s,清洗时间60 s,归零时间10 s,样品准备时间5 s,测定时间98 s,载气流速200 mL/min,进样流量200 mL/min。

1.3.4 GC-MS分析

GC条件:色谱柱采用Rtx-5MS石英毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm);升温程序:40 °C保持3 min,以4 °C/min升温至150 °C,保持1 min,再以8 °C/min升温至250 °C;进样口温度为250 °C;载气为氦气(He),纯度99.999%,流速1 mL/min;进行方式:手动;进样模式:分流进样,分流比1:10。

MS条件:电离方式为电子电离(electronic ionization, ED源,电子能量70 eV,离子源温度200 °C,接口温度220 °C,35~500 m/z进行质量扫描,溶剂延迟1.5 min。

定性定量方法:GC-MS测定结果通过美国国家标准技术研究所(national institute of standards and technology, NIST) 2011图库检索,并用内标法测算各化学成分的相对含量。由GC-MS得到的谱图,并比对相关色谱峰的质谱结构,选出相似度在70%以上的质谱结构,并通过烷烃标准品(C₆~C₂₅)提供的信息计算保留指数,定性出白醋、陈醋、香醋的挥发性风味成分。内标(30 μL 0.125 mg/L 2-辛醇)法定量,得到各种香气物质的质量浓度。

气味活度值(odor activity value, OAV)计算:样品气味活度值(OAV)是利用风味物质的浓度与其阈值的比值计算得出,此处阈值指物质在水中能被人类嗅闻到的最低浓度^[9]。OAV计算公式如下:

$$OAV_j = \frac{C_j}{T_j} \times 100\%$$

式中: C_j 为某个组分的质量浓度, $\mu\text{g/L}$; T_j 为该组分的气味阈值, $\mu\text{g/L}$ 。

1.3.5 感官评价

品评员培训-滋味培训方法: 将蔗糖(甜味)、乳酸(酸

味)、L-异亮氨酸(苦味)、谷氨酸钠(鲜味)、食盐(咸味)、丹宁酸(涩味)配制成10倍阈值浓度(表2)的水溶液, 备用。每种味道设置3个样品, 其中两种是重复的。样品用三位数随机编号, 要求试验者将其中相同的样品找出并对其滋味进行描述。

表2 气味描述及培训所用标品
Table 2 Flavor definition and standard products used in training

白醋			香醋			陈醋		
描述	标准液	阈值/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	描述	标准液	阈值/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	描述	标准液	阈值/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
辛辣, 刺激性	乙酸		黄油香 ^[13]	2,3-丁二酮	0.000 059	醇香	乙醇	11 400
草药香味, 肉香味 ^[10]	愈创木酚	0.001 6	坚果香 ^[11]	2,6-二甲基吡嗪	1.720 00	奶油味(愉快香味) ^[14]	3-羟基-二丁酮	0.014 0
坚果香 ^[11]	2,6-二甲基吡嗪	1.720 0	辛辣, 刺激	乙酸		水果香 ^[12]	癸醛	0.002 6
水果香 ^[12]	癸醛	0.002 6	水果香 ^[12]	癸醛	0.002 06	花香 ^[13]	苯乙醇	0.012 0
花香 ^[13]	苯乙醇	0.012 0	奶酪味 ^[14]	3-羟基-二丁酮	0.014 00	胶水味 ^[15]	乙酸乙酯	0.005 0
醇香	乙醇	11 400	焦糖, 甜味 ^[15]	2-乙基-4-羟基-5-甲基-3(2H)-呋喃酮	0.020 0	辛辣, 刺激	乙酸	

注: 气味阈值来自参考文献[33]。

品评员培训-气味培训方法^[9]: 配制多个风味料样品, 浓度为阈值的10倍(风味描述及阈值见表2, 辛辣, 刺激性按照5%的醋酸溶液)为标准液定位2分。先让每个培训者嗅闻样品, 说出样品的风味, 再告知正确答案; 改编号后再重复上述的工作, 反复进行, 目的在于强化评价员对风味的敏感度。

白醋香醋陈醋的感官评价方法: 由10名专业从事感官品评感官人员组成模糊综合评价小组^[16-17], 对测试样品的滋味属性(酸、甜、苦、鲜、咸、涩)和气味属性(辛辣、刺激、草药香、肉香、坚果香、水果香、花香、甜味、醇香)等12个感官属性对3种醋进行评分, 满分10分。按照国标GB 2719—2018《食品安全国家标准 食醋》进行食醋评价: 取2 mL醋样品置于25 mL具塞比色管中, 加水至刻度, 振摇, 观察色泽。取30 mL试样置于50 mL烧杯中观察状态。用玻璃棒搅拌烧杯中试样, 品尝滋味, 闻其气味。

1.3.6 理化指标的测定

总酸含量测定: 参考国标GB/T 12456—2008《食品中总酸的测定》。

1.3.7 数据处理

采用Microsoft Office 2020、Origin 8.5进行雷达图及GC-MS的数据分析。

2 结果与分析

2.1 酵母抽提物添加量对食醋感官评价的影响

如表3所示, 添加0.05%1号YE的食醋与未添加YE的食醋相比, 明显改善了食醋的口感, 使食醋固有的几种滋味感(包括高浓度乙酸带来的刺激性酸味、后味中乙醇带来的辛辣口感)都得到明显的改善, 层次感、柔和感上升, 综合口感提高, 感官综合得分由4.92分升至5.72分。而添加量

0.1%YE的食醋的口感提升效果比添加0.05%YE更加明显, 白醋的刺激气味, 辛辣、尖酸的口感得到最大程度的改善, 醋的口感柔和协调。陈醋的刺激滋味和气味进一步被缓和, 多数评价人表示陈醋口感改善明显, 酸味变得更加柔和, 更容易使人接受, 同时添加0.1%YE还可以提供更多的咸味和鲜味等, 陈醋的综合感官得分由5.25分升至6.27分。最重要的是, 添加0.1%YE的食醋保留了其基本的特征性风味。添加0.2%YE的食醋的刺激感进一步下降、酸味降低, 但此时的白醋厚重感较强, 影响感官人员感受白醋的特征滋味。YE添加量增加到0.3%时, 感官综合得分继续下降, 食醋的异味感提升。因此, 通过感官评价, 3种醋最佳YE添加量均为0.1%。

表3 不同酵母抽提物添加量对3种食醋感官品质的影响
Table 3 Effect of different yeast extract addition on sensory quality of three kinds of vinegar

YE添加量/%	白醋感官评分/分	陈醋感官评分/分	香醋感官评分/分
-	4.92	5.05	5.05
0.05	5.72	5.25	5.39
0.10	6.71	6.27	6.48
0.20	5.92	5.92	5.32
0.30	5.64	5.50	5.09

注: “-”表示未添加酵母抽提物。

2.2 酵母抽提物种类对食醋感官评价的影响

在白醋、陈醋、香醋中分别加入1~5号酵母抽提物, 添加量为0.1%。不同种类酵母提取物对3种食醋感官品质的影响见表4。由表4可知, 白醋、香醋、陈醋最优YE分别为1号、3号、5号。综合得分来自品评员对食醋的客观评价, 其分析结果不受主观意识干扰。

表4 不同种类酵母提取物对3种食醋感官品质的影响
Table 4 Effect of different kinds of yeast extract on sensory quality of three kinds of vinegar

YE类型	白醋感官评分/分	香醋感官评分/分	陈醋感官评分/分
1号	5.77	6.05	5.01
2号	5.63	5.24	5.75
3号	5.08	6.51	6.31
4号	4.85	5.92	6.04
5号	5.33	5.02	6.87

品评员给定分值,得出平均分,依据分值做雷达图(Origin2020),结果见图1。由图1a可知,3号、4号YE对白醋固有的刺激性酸味、辛辣味调节效果较差,所以这两种YE得分较低,而5号YE的各种风味、滋味相比另外4种YE更加单一,添加到醋中带来的香气和滋味很少,1号与2号YE组综合得分比较接近,但1号调节后的白醋酸甜均匀,口感合适,2号调节后的白醋略甜,整体口感不如1号。因此,最适合白醋的YE是1号。

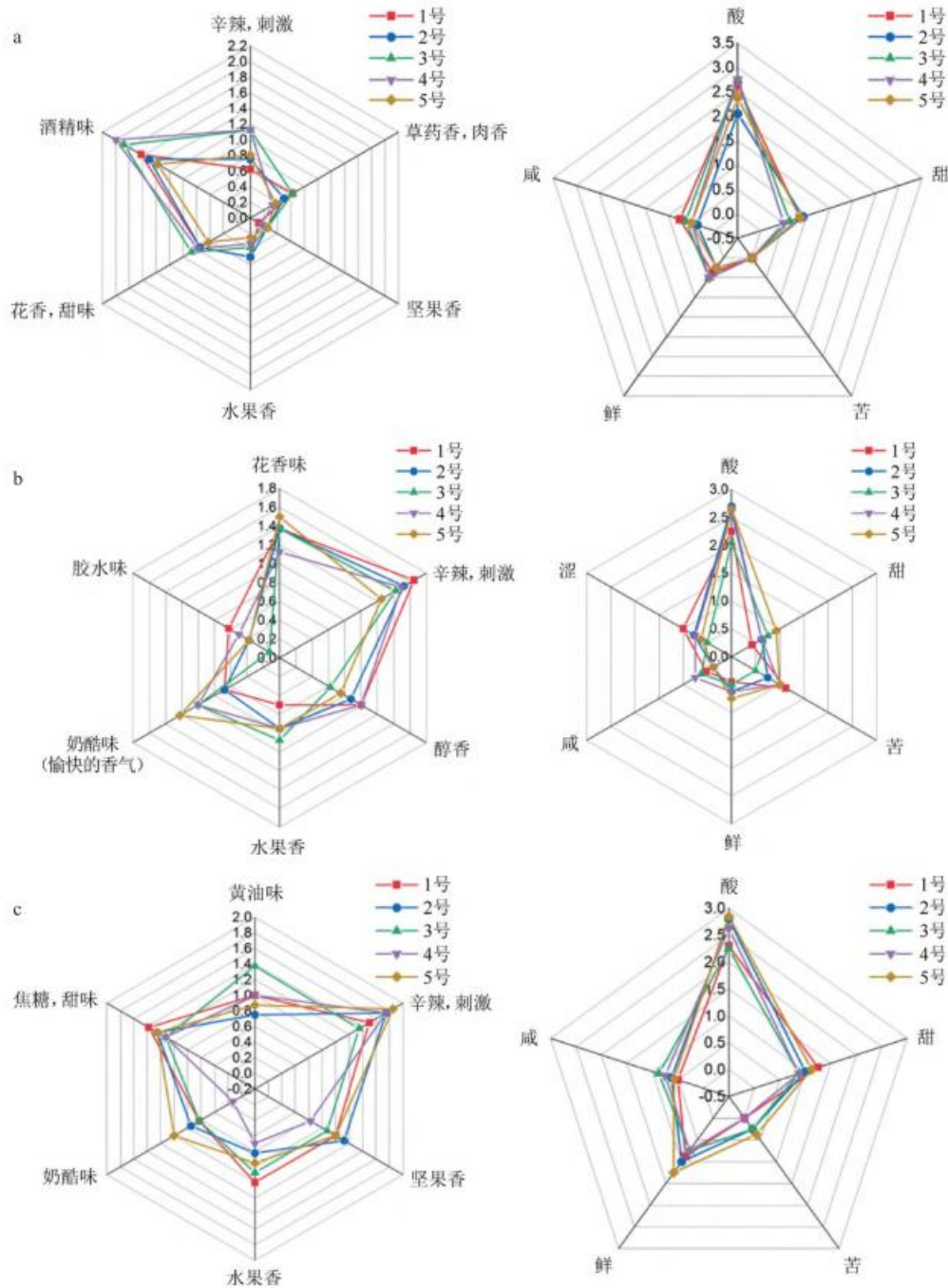


图1 五种酵母提取物加入白醋(a)、陈醋(b)及香醋(c)后的气味与滋味

Fig. 1 Smell and taste of white vinegar (a), aged vinegar (b) and balsamic vinegar (c) after adding five kinds of yeast extract

由图1b可知,1号YE组的综合得分最低,对比雷达图可知,1号YE对陈醋的改善效果不明显。对比酸味、涩味分数,5号YE的酸味分数也较高,但评价人大多都一致反应5号的酸味相比3号更容易接受,3号的酸味感虽然较低,但其辛辣、刺激程度明显要高于5号。因此,整体上5号的调节效果要明显优于3号。在风味丰富度上的5号YE对陈醋的香味提升效果虽然不是很明显(如花香味、奶酪味)等,但其带来的整体风味效果却是最佳的,异味也是最少的(如胶水味等)因此,最适合陈醋的YE是5号。

由图1c可知,2号、4号、5号YE对香醋辛辣感、刺激感调节效果最差,1号调节效果较好,3号调节效果最好。所以优先比较1号与3号,虽然两者给香醋带来的整体气味比较接近,但3号明显给香醋带来更多的类似黄油的气味,这样的气味明显受到更多感官评价人员的喜好。对比1号与3号,明显3号对香醋整体改善(气味、滋味)效果更佳。因此,最适合香醋的YE是3号。

2.3 五种酵母抽提物电子鼻分析

电子鼻以特定的传感器和模式识别系统快速提供被测样品的整体信息,揭示样品的隐含特征^[19]。5种酵母抽提物电子鼻分析雷达图见图2。由图2可知,5种酵母抽提物的风味有一定差别,2号传感器(W5S)是信号值最强的传感器,其次是8号传感器(W2S)、7号传感器(W1W)。W5S对氮氧化合物敏感,可能是酵母抽提物的氨基酸含量丰富导致的。这些氮氧化合物加入醋中可以明显提升食醋的香气和口感。W2S、W1W等传感器分别对醇类、醛类、酮类等物质敏感。结果表明,含有丰富醇、醛、酮的酵母抽提物的加入可能对食醋风味贡献度很大。

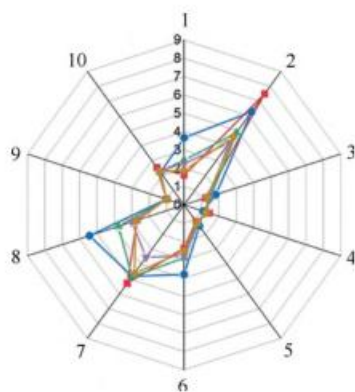


图2 传感器对5种不同酵母抽提物的响应雷达图

Fig. 2 Radar chart of sensor response to five kinds of different yeast extract

2.4 添加酵母抽提物3种食醋挥发性风味成分GC-MS分析

根据GC-MS对添加酵母抽提物的食醋的定量分析,对风味物质的OAV进行计算,罗列部分风味物质见表5。由表5可知,3种食醋中共检测出178种风味物质,其中53种物质的OAV>1,包括酯类14种,酸12种,醛10种,醇

9种,酮4种,酚3种。在醋的酿造过程中,醋中最原始的酸类化合物与醇类化合物发生化学反应,生成丰富的酯类物质。酯类物质会赋予甜香^[20]和淡淡油脂^[21]的味道。

在白醋中,OAV>1的香气物质共有20种,其中丁酸丁酯(水果味),丁酸甲酯(苹果味)^[22],2-甲基丁酸乙酯(苹果皮,菠萝皮味)^[23]、壬醛(柑橘味)为白醋中水果香气的主要贡献者,丁酸丁酯是水果味^[24],OAV从164变为264。丁酸甲酯是苹果味,OAV从637到2 148。2-甲基丁酸乙酯是苹果皮,菠萝皮的味。这些物质对白醋感官中的水果香贡献了巨大的作用。除了上述酯提供水果气味的酯外,还有一些酯类物质提供了与花香有关的特征风味,油酸乙酯OAV从49变为594,主要提供了鲜花的香气。2-乙基己醇OAV从1变为157,主要提供了淡淡的花香味。正癸醛OAV从826变为14 878,提供了花香,橙香香气。而壬醛提供了柑橘的香气,OAV从 921变为36 939,这些物质主要是花香的贡献者。酮类物质在醋中含量丰富,短链酮类具有脂肪香和坚果香气^[25],长链酮类则呈现出花香气息。3-壬烯-2酮主要提供了坚果香,加入YE前OAV是1 344,加入YE后提升至84 021,大大提升了白醋中的坚果味。在醋酸发酵阶段产生酸类物质,酸类物质在食醋的整体香气中提供了突出的贡献。白醋的刺激味主要来源于醋酸,加入YE前与加入YE后,醋酸没有明显OAV的改变。但由于添加YE后果香、花香和坚果香等风味被强化,从而掩盖了醋酸带来的刺激感,这也解释了为什么加入YE后白醋的刺激性下降,且提升了白醋的气味,口感,可接受度等。

在陈醋中,一共有41种OAV>1的香气化合物,其中3-甲基-4-庚酮OAV从2 712升至1 167 082是陈醋中OAV最大物质,为陈醋添加了显著的坚果香味^[26]。γ-丁内酯OAV由7 732提升至33 327,主要提供了杏仁香^[27]。感官中香醋浓郁的坚果味主要与这两种物质引起。奶酪味是区别白醋与香醋的气味之一,而对奶酪味具有突出贡献的是己酸,在YE加入后显著提升了陈醋的奶酪香^[28],通过YE的添加,OAV从737提升至8 566。除此之外,糠醛的OAV为363.8,提供了焦糖的味道^[29],这些物质构成了陈醋独特的味道,对陈醋具有显著的呈味效果,可缓解陈醋本身辛辣刺激的味道,起到了一定改善柔和的效果。

果香是香醋的一种特征风味,但与白醋、陈醋不同的是提供香气的物质不同,体现的果香类型也大不相同。乙酸异戊酯具有香蕉和梨的气味^[30],水果味中OAV最大的物质加入YE后,OAV 达到24 072。2-甲基丁酸甲酯具有苹果香气,是香醋中浓郁的水果香气的重要来源。正癸醛在三种醋中的OAV最大,是除壬酸(具有玫瑰花香)外,对花香第二大贡献者^[31],香醋中较白醋、陈醋有一种较为独特的胶水味^[32]。通过GC-MS与OAV分析,发现2,4-二叔丁基酚对这一味道提供了突出的贡献,这种酚类的形成可能与香醋酿造过程中的原材料麦麸、高粱等的加入有关。

表5 白醋、陈醋、香醋中香气活度值 > 1 的物质及其含量
Table 5 Substances with aroma activity value greater than 1 and contents in white vinegar, aged vinegar and balsamic vinegar

CAS号	风味成分	描述	阈值/ (mg·kg ⁻¹)	白醋			陈醋			香醋		
				含量/ (ng·g ⁻¹)	OAV ^a	含量/ (ng·g ⁻¹)	含量/ (ng·g ⁻¹)	OAV ^b	含量/ (ng·g ⁻¹)	OAV ^c	含量/ (ng·g ⁻¹)	OAV ^d
104-61-0	γ-丁内酯	杏仁香 [Ⓐ]	0.009 7	-	-	75.00	323.27	7.732	33.327	73.22	73.22	7.548
109-21-7	丁酸丁酯	水果香 [Ⓐ]	0.4	105.50	164	88.76	89.06	222	223	-	-	-
111-62-6	油酸乙酯	鲜花香 [Ⓐ]	0.87	42.20	49	-	-	594	-	119.57	119.57	137
123-92-2	乙酸异戊酯	香蕉和梨 [Ⓐ]	0.001 5	-	-	-	-	-	-	9.64	36.11	6.426
623-42-7	丁酸甲酯	苹果香味 [Ⓐ]	0.059	37.58	637	284.74	285.56	4.826	4.840	265.93	266.76	4.521
7452-79-1	2-甲基丁酸乙酯	苹果皮、菠萝皮 [Ⓐ]	0.016 5	4.77	289	2.153	-	-	-	-	-	-
868-57-5	2-甲基丁酸甲酯	苹果 [Ⓐ]	0.000 25	154.58	618.329	618.745	182.90	5.084	731.597	12.36	817.13	49.421
142-62-1	己酸	干酪、奶油味 [Ⓐ]	0.04	-	-	29.48	342.63	737	8566	165.99	165.99	4150
104-76-7	2-乙基己醇	甜味和淡淡的花香 [Ⓐ]	25.482 2	17.49	4.000.71	25.74	25.74	1	1	-	-	-
112-31-2	正癸醛	花香-橙香气 [Ⓐ]	0.003	2.48	826	14878	30.49	826	10.163	4.80	64.89	21.630
124-19-6	壬醛	玫瑰、柑橘 [Ⓐ]	0.001 1	1.01	40.63	36.939	95.00	921	86.367	80.15	80.81	72.867
98-01-1	糠醛	杏仁、烤土豆、面包 [Ⓐ]	9.562	-	-	1.682.80	3.479.24	176	364	-	-	-
14309-57-0	3-壬烯-2-酮	果香与坚果 [Ⓐ]	0.8	67.22	1344	84.021	29.89	37	37	-	-	-
15726-15-5	3-甲基-4-庚酮	果香与坚果 [Ⓐ]	0.000 05	-	-	0.14	58.35	2712	1.167.082	72.07	72.72	144.1398
96-76-4	2,4-二叔丁基酚	特殊的烷基酚气味 [Ⓐ]	0.5	59.87	60.03	120	56.25	113	114	338.68	424.37	677

注: a: 气味阈值来自参考文献[33]; b, c: 白醋加入最优YE前、后风味物质含量; d, e: 白醋加入最优YE前、后风味物质OAV; f, g: 陈醋加入最优YE前、后风味物质含量; h, i: 陈醋加入最优YE前、后风味物质OAV; j, k: 香醋加入最优YE前、后风味物质含量; l, m: 香醋加入最优YE前、后风味物质OAV。

3 结论

通过在白醋、香醋、陈醋这三种食醋的实验样品中添加不同含量的YE与不同种类的YE,结果表明,三种食醋最优的YE添加量为0.1%。白醋中最优YE种类是1号,陈醋中最优YE种类是5号,香醋中最优YE种类是3号。通过添加酵母抽提物弱化了食醋的刺激味,增强了食醋对于花香,果香等风味的增加,丰富了食醋的滋味与口感。将其变得更为协调。

参考文献:

- [1] 简东振. 镇江香醋陈酿香气变化及其影响因素研究[D]. 无锡: 江南大学, 2020.
- [2] 纪凤娣, 魏巍, 陶汇源, 等. 传统食醋中有机酸与人体健康[J]. 中国酿造, 2021, 40(3): 11-16.
- [3] 杜智翔, 张茜, 黄琪琳, 等. 酵母抽提物对鱼糕凝胶品质和风味特性的影响[J/OL]. 华中农业大学学报: 1-10[2022-01-14]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1181.S.20211217.1456.002.html>.
- [4] 邝格灵, 王新宇, 李树, 等. 基于电子鼻与气相色谱-质谱联用区分不同陈酿期恒顺香醋风味物质[J]. 食品科学, 2020, 41(12): 228-33.
- [5] 周歧存. 高核苷酸酵母水解物在对虾中的应用研究[A]. 中国水产学会动物营养与饲料专业委员会. 国际水生动物健康与营养免疫技术研讨会论文集[C]. 中国水产学会动物营养与饲料专业委员会: 广东海纳川生物科技股份有限公司, 2017: 41.
- [6] 刘立勤. 酵母抽提物在食品加工业中的应用[J]. 天津科技, 2008(5): 92-94.
- [7] PANCRAZIO G, CUNHA S C, PINHO P, et al. Spent brewer's yeast extract as an ingredient in cooked hams[J]. *Meat Sci*, 2016, 121: 382-389.
- [8] WAN P, LIU J, CHEN D W. Analysis of aroma-active compounds in big-head carp head soup and their influence on umami of a model soup[J]. *Microchem J*, 2021, 168: 106436.
- [9] 常玉梅. 描述性检验与消费者接受度感官分析方法研究[D]. 无锡: 江南大学, 2013.
- [10] 李青卓, 王嘉瑞, 张小龙, 等. 风味物质4-乙基愈创木酚的研究进展[J]. 中国酿造, 2021, 40(4): 15-19.
- [11] 贾潇, 周琦, 杨旖旎. 3种坚果油的挥发性成分提取及关键风味成分分析[J]. 中国油脂, 2020, 45(7): 35-41.
- [12] WU S L, YANG J, DONG H, et al. Key aroma compounds of Chinese dry-cured Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) and their potential metabolic mechanisms[J]. *Food Chem*, 2020, 342(3): 128381.
- [13] 郑吴伟, 胡梦阳, 梁言, 等. 电子鼻分析镇江香醋发酵和陈酿阶段的气味变化[J]. 中国酿造, 2018, 37(10): 82-86.
- [14] 王姣, 许凌云, 张晋华, 等. SPME-GC-MS和GC-O鉴定3种不同生产工艺马苏里拉奶酪的特征香气物质[J]. 食品科学, 2020, 41(18): 210-217.
- [15] 杨玉贤, 高云涛, 邹维, 等. 双溶剂微泡顶空萃取气相色谱-质谱联用分析竹叶花椒中挥发性成分[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(22): 214-219.
- [16] AL-DALALIS, ZHENG F P, SUN B G, et al. Effects of different brewing processes on the volatile flavor profiles of Chinese vinegar determined by HS-SPME-AEDA with GC-MS and GC-O[J]. *LWT-Food Sci Technol*, 2020, 133: 109969.
- [17] LAAKSONEN O, KAHALA M, MARSOL-VALL A, et al. Impact of lactic acid fermentation on sensory and chemical quality of dairy analogues prepared from lupine (*Lupinus angustifolius* L.) seeds[J]. *Food Chem*, 2021, 346(14): 128852.
- [18] 胡景辉. 缩甜白酒风味构成剖析及工艺控制技术的初步研究[D]. 南宁: 广西大学, 2020.
- [19] 刘念, 黄琪琳, 李沛, 等. 不同种类酵母抽提物对调理乌鲢鱼片风味及品质的影响[J]. 水产学报, 2021, 45(7): 1089-1100.
- [20] SUN W Z, ZHAO Q Z, ZHAO H F, et al. Volatile compounds of Cantonese sausage released at different stages of processing and storage[J]. *Food Chem*, 2010, 121(2): 319-325.
- [21] 薛妍君. 不同干燥方式对芥菜香气成分及品质的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2014.
- [22] TIAN H X, SUN X F, YU H Y, et al. Characterization of the key aroma compounds in Yunnan goat milk cake using a sensory-directed flavor analysis[J]. *J Food Sci*, 2020, 85(11): 3981-3997.
- [23] QI W Y, WANG H J, ZHOU Z, et al. Ethylene emission as a potential indicator of fuji apple flavor quality evaluation under low temperature[J]. *Hortic Plant J*, 2020, 6(4): 231-239.
- [24] ZHU D S, KOU C C, SHEN Y S, et al. Effects of different processing steps on the flavor and colloidal properties of cloudy apple juice[J]. *J Sci Food Agr*, 2021, 101(9): 3819-3826.
- [25] 罗心欣, 成雨阳, 王周利, 等. 益生菌发酵猕猴桃汁工艺优化及香气成分动态解析[J]. 2019, 40(12): 168-175.
- [26] DONG D, ZHENG W, JIAO L, et al. Chinese vinegar classification via volatiles using long-optical-path infrared spectroscopy and chemometrics[J]. *Food Chem*, 2016, 194: 95-100.
- [27] 贾春利, 黄卫宁, 袁水利, 等. 美国加州杏仁月饼挥发性风味物质研究[J]. 食品科学, 2005, 26(9): 382-389.
- [28] ZHANG M Z, WU X F, MU D D, et al. Profiling the influence of physicochemical parameters on the microbial community and flavor substances of zaopei[J]. *J Sci Food Agr*, 2021, 101(15): 6300-6310.
- [29] CEPEDA-VAZQUEZ M, BLUMENTHAL D, CAMEL V, et al. Multivariate optimization of headspace trap for furan and furfural simultaneous determination in sponge cake[J]. *Talanta*, 2017, 164: 708-715.
- [30] AKAGIC A, SPAHO N, ZULJEVIC S O. The influence of cultivar and enzyme treatment on the aroma complex of apple juice[J]. *Food Sci Technol*, 2021, 41: 301-310.
- [31] WU S L, YANG J, DONG H, et al. Key aroma compounds of Chinese dry-cured Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) and their potential metabolic mechanisms[J]. *Food Chem*, 2020, 342(3): 128381.
- [32] LU Y, LIU Y Q, LV J W, et al. Changes in the physicochemical components, polyphenol profile, and flavor of persimmon wine during spontaneous and inoculated fermentation[J]. *Food Sci Nutr*, 2020, 8(6): 2728-2738.
- [33] GEMERT L J V. Complications of odour threshold values in air, water and other media[M]. The Netherlands: Oliemans Punter & Partners BV, 2011.