

四大名醋的游离氨基酸组成成分分析

张璟琳¹, 黄明泉^{2,3,4*}, 孙宝国^{2,3,4}

(1.北京工商大学 理学院, 北京 100048; 2.北京工商大学 北京市食品风味化学重点实验室, 北京 100048;
3.北京工商大学 食品质量与安全北京实验室, 北京 100048;
4.北京工商大学 食品添加剂与配料北京高校工程研究中心, 北京 100048)

摘要: **目的** 检测四大名醋中的游离氨基酸, 探讨各游离氨基酸对食醋滋味的贡献度, 为食醋的质量控制及滋味品质的提高提供基础。 **方法** 先用磺基水杨酸溶液对食醋样品进行前处理, 再利用 30+氨基酸自动分析仪确定游离氨基酸含量。通过计算味道强度值(TAV)确定各游离氨基酸对食醋滋味的贡献率。 **结果** 保宁醋氨基酸含量最多为 3438.55 mg/100 mL, 红曲醋 3 年陈酿中氨基酸含量最少为 737.55 mg/100 mL。保宁醋、镇江香醋、山西老陈醋中对滋味有贡献的氨基酸个数依次为 11、8、5。不同酿造年份(3 年、5 年、8 年)的红曲醋中对滋味有贡献的氨基酸个数依次为 3、4、4。 **结论** 利用氨基酸自动分析仪可确定食醋中游离氨基酸的含量, 而味道强度值的引入可计算各游离氨基酸对食醋滋味的贡献率。

关键词: 食醋; 游离氨基酸; 味道强度值

Study on free amino acid composition of 4 famous vinegars in China

ZHANG Jing-Lin¹, HUANG Ming-Quan^{2,3,4*}, SUN Bao-Guo^{2,3,4}

(1. School of Science, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China; 2. Beijing Key Laboratory of Flavor Chemistry, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China; 3. Beijing Laboratory of Food Quality and Safety, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China; 4. Beijing Higher Institution Engineering Research Center of Food Additives and Ingredients, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

ABSTRACT: Objective To detect free amino acid composition in four famous vinegars in China and calculate its taste active values for developing vinegar quality control and taste evaluation. **Methods** Six sample vinegars were processed by sulfosalicylic acid solution and their free amino acid content was determined by automatic amino acid analyzer. The rate of taste contribution was measured by taste active values. **Results** Baoning vinegar contained free amino acid of 3438.55 mg/100 mL at most, while 3 aged monascus vinegar contained the least of free amino acid of 737.55 mg/100 mL. The number of free amino acid, contributed to taste in baoning vinegar, Zhenjiang fragrant vinegar, Shanxi mature vinegar, were 11, 8, and 5, respectively. The number of free amino acid, contributed to taste in composition were analyzed using an automatic amino acid analyzer and their taste contributions were determined by taste active values (TAV). The monascus vinegar of different vintages (3 aged, 5 aged, 8 aged), were 3, 4, and 4, respectively. **Conclusion** The free amino acid compositions are well analyzed using an automatic amino acid analyzer and their taste contributions can be

基金项目: 北京市属高等学校高层次人才引进与培养计划项目(CIT&TCD201404034)、国家自然科学基金青年基金项目(31101350)

Fund: Supported by the Importation and Development of High-Caliber Talents Project of Beijing Municipal Institutions(CIT&TCD201404034), and Young National Natural Science Fund Project (31101350)

*通讯作者: 黄明泉, 副教授, 主要研究方向为香料香精、食品分析与检测。E-mail: hmqsir@163.com

*Corresponding author: HUANG Ming-Quan, Associate Professor, Beijing Technology and Business University, No.11, Fucheng Road, Haidian District, Beijing 100048, China. E-mail: hmqsir@163.com

determined by taste active values (TAV).

KEY WORDS: vinegar; free amino acid; taste active values

1 引言

食醋是我国传统的酸性调味品。食醋以酸为主要味道, 微有甜鲜咸感, 口感柔和。但是食醋因原料、制作工艺及环境的不同, 其味道也会有差别^[1]。人们将品质味道独特的四种醋归为“四大名醋”: 山西老陈醋, 镇江香醋, 福建红曲醋, 四川麸醋^[2]。

食醋中滋味成分主要包含有机酸、还原糖、氨基酸等。目前对食醋的滋味成分已有一些研究报道。D. Sanarico 等^[3]对 21 种意大利葡萄香醋进行还原糖和有机酸的分析, 结果表明葡萄糖和果糖含量较高, 而有机酸含量较少。沈瑶等^[4]分别对我国的固态发酵和液态发酵食醋中的游离矿酸进行了测定, 从准确度和适用性两个方面对试纸法进行了评定。王欢等^[5]使用直接滴定法, 3,5-二硝基水杨酸法测定贵阳味苑园香醋中的含糖量, 并对两种方法进行了比较。梁宝爱^[6]利用离子色谱法对我国酿造食醋中的氨基酸进行检测, 并确定了该方法的检出限、精密度和回收率。

四大名醋的发酵方式不同, 福建红曲醋最为特殊, 为液态发酵食醋, 而其他均为固态发酵食醋。在发酵过程中微生物分解蛋白为游离氨基酸。游离氨基酸不仅增加食醋的营养价值, 也对食醋的滋味有贡献。本文选取不同酿造年份的福建红曲醋和其他 3 大名醋作为研究对象, 采用氨基酸自动分析仪对选取的 6 个样品中的游离氨基酸进行了测定, 并首次利用味道强度值探讨各游离氨基酸对食醋滋味的贡献度。本研究可为食醋的质量控制及滋味品质的提高提

供基础。

2 材料与方法

2.1 材料与试剂

实验所用原料购自当地超市及网上专卖店。样品常温保存。样品信息见表 1。

磺基水杨酸(分析纯, 中国医药(集团)上海化学试剂公司); 磷酸丝氨酸、牛磺酸、磷酸乙醇胺、尿素、天冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、天冬酰胺、谷氨酸、肌氨酸、 α -氨基己二酸、甘氨酸、丙氨酸、瓜氨酸、 α -氨基丁酸、缬氨酸、胱氨酸、甲硫氨酸、胱硫醚、异亮氨酸、亮氨酸、酪氨酸、 β -丙氨酸、苯丙氨酸、 β -氨基异丁酸、高半胱氨酸、 γ -氨基丁酸、乙醇胺、氯化氨、羟赖氨酸、鸟氨酸、赖氨酸、1-甲基组氨酸、组氨酸、色氨酸、3-甲基组氨酸、鹅肌肽、肌肽、精氨酸、羟脯氨酸、脯氨酸(英国柏楛(Biochrom)有限公司)。

2.2 仪器与设备

30+氨基酸自动分析仪(英国 Biochrom 公司); Pipetman M 精密移液器(法国 Gilson 公司)。

2.3 实验方法

2.3.1 标准曲线的配制及定量方法

胱氨酸摩尔浓度为 0.125 mmol/L, 其他氨基酸摩尔浓度均为 0.25 mmol/L。稀释后混合标准品摩尔浓度依次为 12.5、25、50、62.5、125 μ mol/L, 其中胱氨酸摩尔浓度依次减半。

表 1 6 种食醋样品信息表

Table 1 Information of 6 kinds of vinegar

编号	样品名	种类	原料	发酵方式	产地
1	保宁醋	保宁醋	麸皮, 小麦, 大米, 糯米, 药曲	固态发酵	四川
2	东湖山西老陈醋 3 年陈酿	陈醋	高粱, 大麦, 豌豆, 麸皮, 谷糠, 食用盐	固态发酵	山西
3	永春老醋 3 年陈酿	红曲醋	糯米, 红曲, 白糖, 食盐	液态发酵	福建
4	永春老醋 5 年陈酿	红曲醋	糯米, 红曲, 白糖, 食盐	液态发酵	福建
5	永春老醋 8 年陈酿	红曲醋	糯米, 红曲, 焦糖色	液态发酵	福建
6	镇江香醋	香醋	糯米, 麦麸, 大米, 大曲, 白砂糖, 食用盐	固态发酵	江苏

以标准品保留时间定性,将5种不同浓度梯度氨基酸标准溶液在同样的条件下进样,每个浓度重复2次,绘制标准曲线,采用峰面积外标法定量。

2.3.2 样品前处理

用移液器移取食醋 500 μL 于 25 mL 容量瓶中,加入 10 mL 8% 磺基水杨酸溶液,用高纯水定容至刻度线。静置 15 min,取一定量溶液过 0.22 μm 滤膜。所得滤液进行氨基酸分析。

2.3.3 检测条件

Biochrom Li 型阳离子交换树脂,4.6 μm ×200 mm;测定波长 570、440 nm;缓冲液流速 25.0 mL/h,31.2 mL/h;柱温 31~76 $^{\circ}\text{C}$;茚三酮溶液流速 20.0 mL/h;分析时间 125 min,进样量 20 μL 。每个样品重复进样 2 次。

2.3.4 分析方法

(1)计算必需氨基酸含量占氨基酸总量的质量分数

EAA 表示人体必需氨基酸含量(异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、缬氨酸含量之和);TAA 表示氨基酸总量;NEAA 表示人体非必需氨基酸含量。

(2)计算游离氨基酸对滋味的贡献度

味道强度值 TAV^[7]表示各个呈味物质的含量与其阈值的比。当 TAV 值大于 1 时,认为该物质对呈味有贡献,而 TAV 值小于 1 时认为该物质对呈味没有贡献。此方法并未考虑滋味间的消杀、相乘作用,故存在一定局限性。

3 结果与分析

3.1 氨基酸的回归方程及相关系数

氨基酸含量为横坐标,以氨基酸峰面积响应值为纵坐标绘制标准曲线,结果如表 2 所示。40 种氨基酸标准液色谱图如图 1 所示,各个氨基酸都能有较好分离。其中上侧为 570 nm 吸收峰,下侧为 440 nm 吸收峰。羟脯氨酸和脯氨酸在 440 nm 有最大吸收,所以利用该吸收峰下的响应值计算标准曲线,其他氨基酸则利用 570 nm 处响应值计算。

3.2 游离氨基酸的含量分析

图 2 为保宁醋的氨基酸分离谱图,由图可知各个氨基酸分离效果均较好。表 3 为 6 个样品食醋中的游离氨基酸含量的定量结果。

由表 3 可知,6 种样品食醋中除了人体所需要的 18 种氨基酸,还有 α -氨基己二酸、 α -氨基丁酸、 γ -氨基丁酸和氯化铵。 α -氨基己二酸是某些霉菌、酵母在合成赖氨酸时的一个中间代谢产物,同时也参与赖氨酸的分解^[8]。 α -氨基丁酸是一种非天然氨基酸,可抑制人体神经信息传递^[9]。 γ -氨基丁酸广泛存在于动植物体内,有较高的药用价值,是神经中重要的抑制性氨基酸递质,可用于肝昏迷及脑代谢障碍^[10]。氯化铵主要用于酵母菌的养料。这 3 种氨基酸及氯化铵都是在发酵中产生的,而它们对滋味贡献的研究未见报道,由此略去对其的讨论。

6 种食醋样品中含量最多的均为丙氨酸。保宁醋,山西老陈醋和镇江香醋中含量较高的三种氨基酸为亮氨酸、谷氨酸、缬氨酸。3 年和 5 年陈酿的红曲醋中含量较高的 3 种氨基酸为亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸,而 8 年陈酿的红曲醋中含量较高的 3 种氨基酸为亮氨酸、甘氨酸、缬氨酸。6 种食醋中总氨基酸含量最多的为保宁醋,为 3438.55 mg/100 mL,其次为镇江香醋和山西老陈醋,分别为 1682.36 mg/100 mL 和 1346.54 mg/100 mL,含量最少的为红曲醋。

氨基酸含量的差异与原料、发酵方式、菌种和地域都有一定关系,但液态发酵食醋中氨基酸含量普遍比固态发酵食醋中的少^[11]。样品 3~样品 5 分别代表陈酿 3 年、5 年、8 年的红曲醋,其氨基酸总量不断上升,说明红曲醋的氨基酸总量随着陈酿年份的增加而增加。

6 种食醋样品中必需氨基酸含量大约占总氨基酸含量的 35.64%~39.59%,镇江香醋的必需氨基酸所占比重最大,为 39.59%;而 5 年陈酿红曲醋必需氨基酸所占比例最小,为 35.64%。6 种样品中的 EAA/TAA 平均为 37.07%,EAA/NEAA 平均为 59.00%,与 WHO/FAO 规定的 EAA/TAA=40%,EAA/NEAA=60%^[12]较为一致,说明食醋中的蛋白质比例与理想蛋白质标准较接近。

3.3 游离氨基酸的滋味分析

参照陈艳萍等^[13]的分类方法,将对滋味有贡献的氨基酸分为三类,分别为鲜味,甜味和苦味。将各类氨基酸对照其在水中的呈味阈值计算出各自的 TAV 值,结果见表 4。

表 2 40 种氨基酸的工作曲线、相关系数和线性范围
 Table 2 The regression equations, correlation coefficient and linear ranges for 40 kinds of amino acids

序号	中文名称	英文缩写	回归方程	相关系数	线性范围/($\mu\text{g}/\text{ml}$)
1	磷酸丝氨酸	Phser	$Y = 575.55X + 78.74$	0.9992	12~168
2	牛磺酸	Taur	$Y = 746.27X + 70.30$	0.9993	8~114
3	磷酸乙醇胺	Pea	$Y = 492.72X + 36.41$	0.9995	9~128
4	尿素	Urea	$Y = 70.34X + 3.86$	0.9924	4~54
5	天冬氨酸	ASP	$Y = 1133.10X + 47.51$	0.9996	8~121
6	羟脯氨酸	Hyp	$Y = 180.23X - 1.41$	0.9995	8~119
7	苏氨酸	Thr	$Y = 903.71X - 6.24$	0.9996	7~108
8	丝氨酸	Ser	$Y = 1058.80X + 18.77$	0.9995	6~96
9	天冬酰胺	Asn	$Y = 333.00X + 15.26$	0.9996	8~120
10	谷氨酸	Glu	$Y = 727.75X + 3.50$	0.9994	9~134
11	肌氨酸	Sarc	$Y = 192.68X - 55.54$	0.9752	6~81
12	α -氨基己二酸	AAAA	$Y = 573.97X + 31.37$	0.998	10~147
13	脯氨酸	Pro	$Y = 349.34X - 0.79$	0.9997	7~105
14	甘氨酸	Gly	$Y = 1472.40X + 51.14$	0.9996	5~68
15	丙氨酸	Ala	$Y = 1169.00X + 33.81$	0.9997	6~81
16	瓜氨酸	Citr	$Y = 651.79X + 13.98$	0.9996	10~159
17	α -氨基丁酸	Aaba	$Y = 1009.90X + 54.64$	0.9994	6~94
18	缬氨酸	Val	$Y = 845.11X + 32.15$	0.9995	7~107
19	胱氨酸	Cys	$Y = 508.78X - 132.38$	0.998	7~109
20	甲硫氨酸	Met	$Y = 757.74X - 36.78$	0.9997	9~136
21	胱硫醚	Cysth	$Y = 494.06X - 83.16$	0.9335	14~202
22	异亮氨酸	Ile	$Y = 856.88X - 277.49$	0.9977	8~119
23	亮氨酸	Leu	$Y = 818.96X + 47.91$	0.9999	8~119
24	酪氨酸	Tyr	$Y = 601.05X - 36.60$	0.9999	11~165
25	β -丙氨酸	B-ala	$Y = 299.71X + 11.29$	0.9992	5~81
26	苯丙氨酸	Phe	$Y = 650.47X - 66.23$	0.9998	10~150
27	β -氨基异丁酸	Baiba	$Y = 306.98X - 16.96$	0.9995	6~94
28	高半胱氨酸	Homocys	$Y = 744.53X - 94.51$	0.9997	17~244
29	γ -氨基丁酸	Gaba	$Y = 850.01X - 47.494$	0.9998	6~94
30	乙醇胺	Ethan	$Y = 748.75X - 68.96$	0.9181	4~56
31	氯化铵	Amm	$Y = 1899.10X - 26.06$	0.9987	3~49
32	羟赖氨酸	Hylys	$Y = 649.62X - 76.35$	0.9016	10~147
33	鸟氨酸	Orn	$Y = 916.68X + 18.66$	0.9994	8~120
34	赖氨酸	Lys	$Y = 739.68X + 5.83$	0.9996	9~133
35	1-甲基组氨酸	1-Mhis	$Y = 540.49X + 24.68$	0.9994	10~154
36	组氨酸	His	$Y = 674.52X + 30.22$	0.9994	10~141
37	3-甲基组氨酸	3-Mhis	$Y = 1091.40X + 61.36$	0.9994	11~154
38	鹅肌肽	Ans	$Y = 171.46X + 85.24$	0.9965	15~218
39	肌肽	Car	$Y = 232.510X + 55.34$	0.992	14~206
40	精氨酸	Arg	$Y = 570.10X + 9.64$	0.9996	11~158

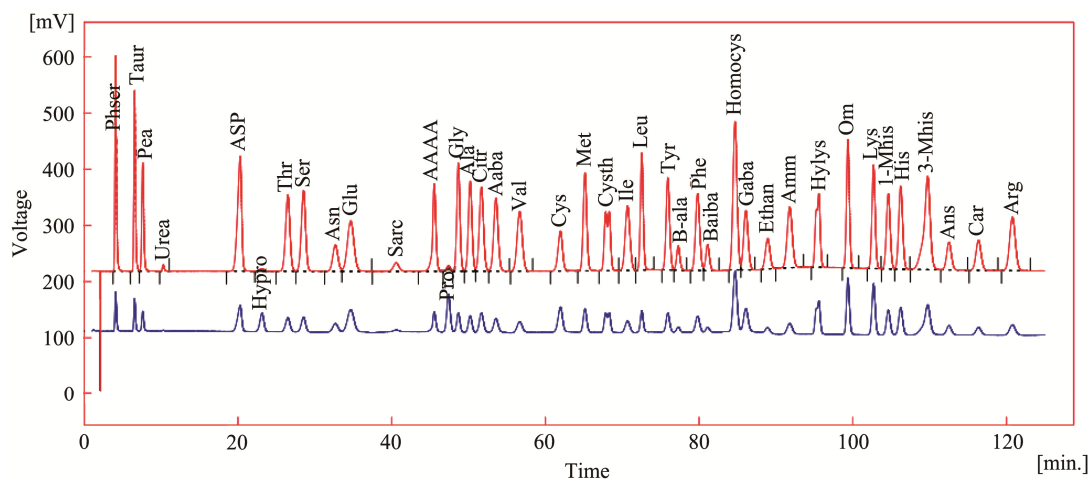


图1 标准氨基酸谱图

Fig. 1 Chromatograms of 40 kinds of amino acids

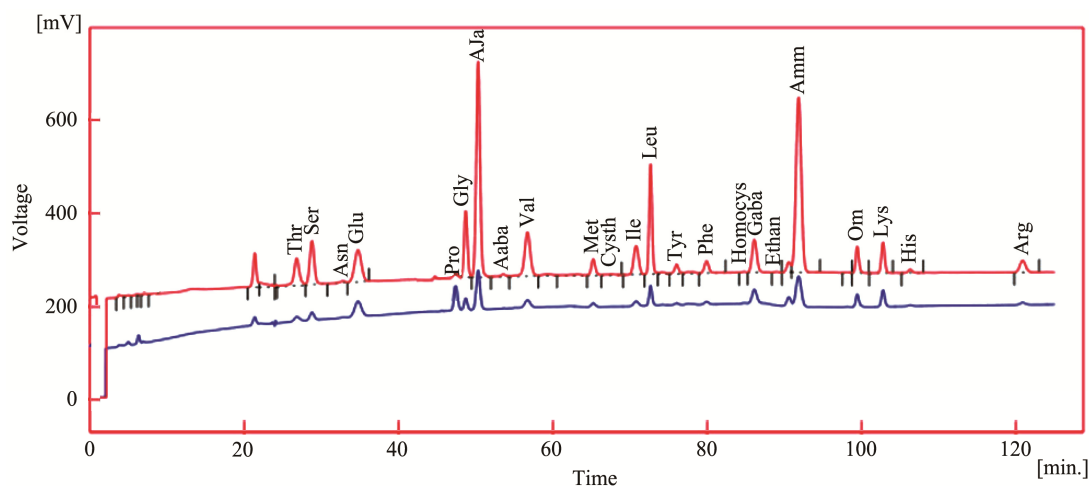


图2 保宁醋氨基酸分离谱图

Fig. 2 Chromatograms of Baoning vinegar

氨基酸分类中苦味氨基酸种类最多, 甜味氨基酸其次, 鲜味氨基酸种类最少。6种食醋中谷氨酸、丙氨酸、缬氨酸的TAV值均较高, 说明这3种氨基酸对食醋滋味的贡献较大。保宁醋(样品1)中对滋味物质有贡献的氨基酸种类最多, 为11种, 其中TAV值较高的氨基酸为丙氨酸(11.62)、谷氨酸(9.86)、缬氨酸(7.39)。镇江香醋(样品6)中对滋味有贡献的氨基酸为8种, TAV值最高的为谷氨酸(5.88), 其次为丙氨酸(5.15)和缬氨酸(3.70)。山西老陈醋(样品2)中对滋味有贡献的氨基酸为5种, 红曲醋5年陈酿和8年陈酿均为4种, 而3年陈酿最少为3种。保宁醋和镇江

香醋中对滋味有贡献的氨基酸种类较多且其TAV值较大, 推测这2种食醋在滋味上较其他3种食醋更为丰富。苦味氨基酸在6种样品食醋中均有滋味贡献, 但是食醋中鲜有苦味感, 这可能与滋味间的相互作用有关。

4 结论

本文对四大名醋进行了游离氨基酸的分析, 并对其进行了呈味分析, 结果表明保宁醋氨基酸含量最多, 为3438.55 mg/100 mL; 红曲醋3年陈酿中氨基酸含量最少, 为737.55 mg/100 mL; 红曲醋中的氨

氨基酸总量随着酿造年份的增加而增加。6 种样品食醋中的氨基酸比例较为接近氨基酸模式谱, 说明食醋中的蛋白质比例与理想蛋白质标准较接近。利用 TAV

值分析氨基酸对食醋滋味的贡献率, 结果显示谷氨酸、丙氨酸、缬氨酸均有较高的 TAV 值, 对食醋的滋味贡献比较大。

表 3 6 种样品的游离氨基酸组成及质量分数(mg/100 mL)
Table 3 Free amino acid composition of 6 kinds of vinegar samples (mg/100 mL)

序号	氨基酸	缩写	1	2	3	4	5	6
1	α -氨基己二酸	AAAA	-	-	15.03±1.32	7.18±0.16	10.54±0.45	-
2	α -氨基丁酸	Aaba	10.30±0.36	-	14.18±0.78	13.35±0.99	21.93±0.43	11.73±0.17
3	丙氨酸	Ala	697.32±7.00	249.31±3.32	176.66±2.13	186.34±1.72	206.94±0.29	309.02±1.38
4	氯化铵*	Amm	456.32±1.09	248.02±16.82	102.01±2.97	91.14±0.61	109.95±3.15	233.71±3.26
5	精氨酸	Arg	123.43±1.88	34.59±1.90	-	-	-	76.72±0.84
6	天冬酰胺	Asn	23.85±1.04	38.13±1.01a	10.58±0.42	14.72±0.79	15.04±1.99	24.49±0.58
7	γ -氨基丁酸	Gaba	188.23±1.68	54.29±2.80	67.50±0.45	64.12±1.24	82.06±1.57	20.12±0.20
8	谷氨酸	Glu	295.90±0.22	126.22±2.87	47.23±0.15	56.90±2.39	48.38±2.66	176.51±1.19
9	甘氨酸	Gly	152.45±1.27	63.42±0.73	58.03±2.03	64.75±0.30	70.31±0.27	73.83±0.16
10	组氨酸	His	20.27±0.11	-	-	-	-	26.58±2.44
11	异亮氨酸	Ile	184.17±1.53	70.41±0.87	58.46±0.45	65.18±3.45	69.31±0.61	104.28±0.04
12	亮氨酸	Leu	380.65±3.49	160.20±5.75	79.27±5.94	90.57±2.89	108.35±7.07	216.43±0.13
13	赖氨酸	Lys	143.89±0.97	72.01±1.71	-	-	-	47.94±0.86
14	甲硫氨酸	Met	83.72±2.85	30.34±1.23	20.02±1.30	35.29±0.58	35.57±2.74	35.92±0.15
15	鸟氨酸	Orn	90.47±0.09	46.17±0.76	-	-	-	17.93±0.02
16	苯丙氨酸	Phe	85.46±0.41	41.90±1.99	32.26±0.91	37.95±2.63	44.37±0.72	69.73±0.52
17	脯氨酸	Pro	258.91±3.79	115.07±0.87	45.23±1.02	49.49±1.68	54.48±1.05	110.70±0.18
18	丝氨酸	Ser	174.19±5.54	70.85±2.50	15.96±0.14	15.11±0.07	14.32±0.56	90.53±1.32
19	苏氨酸	Thr	161.55±3.52	59.96±1.74	28.98±0.27	33.07±0.47	31.81±1.38	79.66±2.24
20	酪氨酸	Tyr	68.04±0.70	-	-	33.47±3.09	37.02±1.66	42.30±0.48
21	缬氨酸	Val	295.76±2.11	113.68±1.96	68.17±0.28	72.67±0.80	83.29±1.78	147.94±0.15
	TAA		3438.55	1346.54	737.55	840.16	933.7	1682.36
	EAA		1251.49	518.17	267.15	299.43	337.13	665.98
	NEAA		2187.06	828.37	470.4	540.73	596.58	1016.38
	EAA/TAA/%		36.4	38.48	36.22	35.64	36.11	39.59
	EAA/NEAA/%		57.22	62.55	56.79	55.38	56.51	65.52

备注: -代表该氨基酸未检测到; *代表非氨基酸

表4 6种样品中游离氨基酸的呈味分析
Table 4 The flavor analysis of free amino acids in 6 kinds of vinegar samples

呈味	氨基酸	阈值 ^[14-15] mg/100 mL	TAV 值					
			1	2	3	4	5	6
鲜味	天冬酰胺	100	0.24	0.38	0.11	0.15	0.15	0.24
	谷氨酸	30	9.86	4.21	1.57	1.9	1.61	5.88
甜味	丙氨酸	60	11.62	4.16	2.94	3.11	3.45	5.15
	甘氨酸	130	1.17	0.49	0.45	0.5	0.54	0.57
	脯氨酸	300	0.86	0.38	0.15	0.16	0.18	0.37
	丝氨酸	150	1.16	0.47	0.11	0.1	0.1	0.6
	苏氨酸	260	0.62	0.23	0.11	0.13	0.12	0.31
	精氨酸	50	2.47	0.69	0	0	0	1.53
苦味	组氨酸	20	1.01	0	0	0	0	1.33
	异亮氨酸	90	2.05	0.78	0.65	0.72	0.77	1.16
	亮氨酸	190	2	0.84	0.42	0.48	0.57	1.14
	赖氨酸	50	2.88	1.44	0	0	0	0.96
	甲硫氨酸	30	2.79	1.01	0.67	1.18	1.19	1.2
	苯丙氨酸	90	0.95	0.47	0.36	0.42	0.49	0.77
	缬氨酸	40	7.39	2.84	1.7	1.82	2.08	3.7
	酪氨酸	ND	-	-	-	-	-	-

备注: nd 阈值未查到; -无 TAV 值; a. 滋味物质在水中的呈味阈值(mg/100 mL)

参考文献

- [1] 张璟琳, 黄明泉, 孙宝国, 等. 电子舌技术在食醋口感评价中的应用[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(11): 220-226.
Zhang JL, Huang MQ, Sun BG, *et al.* Application of electronic tongue technique in taste evaluation of vinegars [J]. Food Ferment Ind Edit Staff, 2013, 39(11): 220-226.
- [2] 吕利华. 山西老陈醋成分分析及液态发酵工艺研究[D]. 太原: 山西大学, 2008.
Lv LH. Research on component analysis and liquid fermentation process of Shanxi overmature vinegar [D]. Taiyuan: Shanxi University, 2008.
- [3] Sanarico D, Motta S, Bertolini L, *et al.* HPLC determination of organic acids in traditional balsamic vinegar of reggio emilia [J]. J Liquid Chromatogr Relat Technol, 2003, 26(13): 2177-2187.
- [4] 沈瑶, 黄华, 鲁绯, 等. 食醋中游离矿酸测定方法的比较及分析[J]. 中国调味品, 2011, (5): 109-113.
Shen Y, Huang H, Lu F, *et al.* Comparison of different methods for determination of free mineral acid in vinegar [J]. China Cond, 2011, (5): 109-113.
- [5] 王欢, 卢红梅, 张义明, 等. 固态发酵食醋中还原糖、总糖含量测定[J]. 中国酿造, 2011, (9): 172-175.
Wang H, Lu HM, Zhang MY, *et al.* Determination of the contents of reducing sugar and total sugar in solid-state fermentation vinegar [J]. China Brew, 2011, (9): 172-175.
- [6] 梁宝爱. 食醋中多种氨基酸检测方法的研究—离子色谱法[J]. 食品工程, 2013, (1): 50-52.
Liang BA. Research of detection method on many kinds of amino acid in vinegar—ion chromatography method [J]. Food Eng, 2013, (1): 50-52.
- [7] 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]. J Agric Food Chem, 2006, 54(7): 2705-2711.
- [8] 于桂花. 生产 7-ACA 废液中 α -氨基己二酸的提取工艺研究[D]. 石家庄: 河北科技大学, 2010.
Yu GH. The process research of α -amino adipic acid extraction from the 7-ACA production wastewater [D]. Shijiazhuang: Hebei University of Science and Technology, 2010.
- [9] 张绍东, 翟晶, 张淑珍, 等. α -氨基丁酸为内标物高效液相法测定脑微透析液中氨基酸含量[J]. 中国康复理论与实践, 2004, 10(8): 475-475.

- Zhang SD, Zhai J, Zhang SZ, *et al.* Amino acids in brain microdialysate tested by HPLC with α -aminobutyric acid as the internal standard [J]. *Chin J Rehabil Theory Practice*, 2004, 10(8): 475–475.
- [10] 杨胜远, 陆兆新, 吕凤霞, 等. γ -氨基丁酸的生理功能和研究开发进展[J]. *食品科学*, 2005, 26(9): 546–551.
Yang SY, Lu ZX, Lv FX, *et al.* Research progress on microbial glutamate decarboxylase[J]. *Food Sci*, 2005, 26(9): 546–551.
- [11] 胡文浪. 关于提高液态发酵食醋质量的探讨[J]. *中国酿造*, 2005, 24(8): 40–43.
Hu WL. Discussion on improvement quality of vinegar produced with submerged fermentation [J]. *China Brew*, 2005, 24(8): 40–43.
- [12] 天津工业学院, 无锡轻工业学院. 食品生物化学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2002: 213–214.
Tianjin Polytechnic College, Wuxi Light Industry College. *Food Biochemistry* [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2002: 213–214.
- [13] 陈艳萍, 张晓鸣. 菌菇柄酶解物美拉德反应前后风味变化的研究 [J/OL]. *中国科技论文在线*, 2012. <http://www.paper.edu.cn/releasepaper/content/201208-39>.
Chen YP, Zhang XM. The mushroom flavor difference of enzymatic hydrolysate of coprinus comatus stipe after Maillard reaction [J/OL]. *Sciencepaper Online*. 2012. <http://www.paper.edu.cn/releasepaper/content/201208-39>.
- [14] Kato H, Rhue MR, Nishimura T. Role of free amino acids and peptides in food taste [C]. *ACS Symposium series*. USA: American Chemical Society, 1989: 158–174.
- [15] Shallenberger RS. *Taste chemistry* [M]. London: Blackie Academic and Professional, 1993: 226–233.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



张璟琳, 硕士, 主要研究方向为食品分析与检测。

E-mail: zhjinglin0130@163.com



黄明泉, 博士, 副教授, 主要研究方向为香料香精、食品分析与检测。

E-mail: hmqsir@163.com