

## 贵州红酸汤营养品质及呈味特征分析

潘季红<sup>1</sup>, 秦礼康<sup>1\*</sup>, 文安燕<sup>2</sup>, 杨周洁<sup>2</sup>, 刘娜<sup>2</sup>

(1. 贵州大学 酿酒与食品工程学院, 贵阳 550025; 2. 贵州大学 生命科学学院, 贵阳 550025)

**摘要:**为明确贵州红酸汤营养品质与呈味特征, 试验以7种市售贵州红酸汤为材料, 对其基础营养、矿物质、功能性成分、有机酸、游离氨基酸以及滋味特征等指标进行分析。结果显示: 不同红酸汤中基础营养、矿物质、功能性成分、有机酸、游离氨基酸含量存在差异( $p < 0.05$ )。7种贵州红酸汤均属高钾低钠食品, 且钙、镁、磷含量相对较高。有机酸均以乳酸含量最高, 为5.07~11.50 g/kg, 柠檬酸和苹果酸次之。红酸汤功能性成分丰富, N2样品多酚和黄酮高达92.86 mg GAE/100 g和58.99 mg RE/100 g。共检出17种游离氨基酸, 以Y2样品总游离氨基酸含量最高(1761.15 mg/100 g), 是其他红酸汤的2~8倍。根据呈味特征, 以鲜味和甜味氨基酸占优势, 主要贡献者为谷氨酸和丙氨酸。电子舌分析表明, 贵州红酸汤以酸味为主, 伴随咸、鲜味。这些结果为贵州红酸汤品质评价和综合开发提供了科学依据。

**关键词:**红酸汤; 功能成分; 游离氨基酸; 有机酸; 电子舌

中图分类号: TS201.4

文献标志码: A

doi: 10.3969/j.issn.1000-9973.2020.06.010

文章编号: 1000-9973(2020)06-0043-06

### Analysis of Nutritional Quality and Flavor Characteristics of Red Acid Soup in Guizhou Province

PAN Ji-hong<sup>1</sup>, QIN Li-kang<sup>1\*</sup>, WEN An-yan<sup>2</sup>, YANG Zhou-jie<sup>2</sup>, LIU Na<sup>2</sup>

(1. School of Liquor and Food Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China;

2. School of Life Science, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

**Abstract:** In order to clarify the nutritional quality and flavor characteristics of Guizhou red acid soup, the basic nutrients, minerals, functional components, organic acids, free amino acids and taste characteristics of seven kinds of commercial Guizhou red acid soup are analyzed. The results show that the content of basic nutrients, minerals, functional components, organic acids, free amino acids in different kinds of red acid soup are significantly different ( $p < 0.05$ ). The content of calcium, magnesium and phosphorus is relatively high in Guizhou red acid soup, which is a food with high potassium and low sodium. The content of lactic acid in organic acids is the highest of 5.07 ~ 11.50 g/kg, followed by citric acid and malic acid. The red sour soup is rich in functional components, and the content of polyphenols and flavonoids in N2 sample is 92.86 mg GAE/100 g and 58.99 mg RE/100 g respectively. Seventeen kinds of free amino acids are detected, the total free amino acid content of Y2 sample is the highest (1761.15 mg/100 g), which is 2~8 times of the other red acid soup. According to the flavor characteristics, umami and sweet amino acids are dominant with the main contributors of glutamate and alanine. Electronic tongue analysis shows that the flavor characteristic of Guizhou red acid soup is mainly sourness, accompanied with saltiness and umami. These results have provided scientific basis for the quality evaluation and comprehensive development of Guizhou red acid soup.

**Key words:** red acid soup; functional components; free amino acids; organic acids; electronic tongue

红酸汤, 作为贵州最具有代表性的“酸食”之一, 主要以新鲜红辣椒和西红柿为原料经传统工艺自然发酵而成, 因其色泽红亮、酸味醇厚、清香适口的特点, 倍受

当地人民和国内外食客青睐。近年来, 随着贵州红酸汤产业的快速发展, 涌现了如“玉梦”、“亮欢寨”、“老凯里”等名冠全国的红酸汤品牌。但因各个红酸汤企业

收稿日期: 2020-01-20

\* 通讯作者

基金项目: 贵州省传统发酵食品工程技术研究中心(黔科合人才[2018]5251); 麻江县明洋食品有限公司产学研合作(H700465172217)

作者简介: 潘季红(1994-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品科学;

秦礼康(1965-), 男, 教授, 博士, 研究方向: 粮油科学与工程。

存在原料、发酵工艺及环境的差异,导致市面上不同品牌的红酸汤品质参差不齐。

由于红酸汤生产及消费的地域局限,国外尚无关于红酸汤的研究报道,而国内对酸汤的研究主要集中于红酸汤的营养成分分析、发酵微生物区系的分离鉴定<sup>[1]</sup>、发酵工艺的改进等方面<sup>[2]</sup>。经微生物发酵的红酸汤,既富含多种有机酸、矿物质、维生素、氨基酸等,又保留了原料中辣椒素、番茄红素、多酚和黄酮等功能活性物质<sup>[3]</sup>。近年来,诸多学者对贵州红酸汤的研究结果显示,贵州红酸汤均含有乳酸、柠檬酸、乙酸、酒石酸、苹果酸等,其中乳酸含量最高<sup>[4,5]</sup>,贵州红酸汤有机酸具有显著的抗氧化能力,并与含量成正相关关系<sup>[6]</sup>;谌小立等<sup>[7]</sup>和余越等<sup>[8]</sup>分别对贵州红酸汤辣椒碱和全反式番茄红素的提取进行工艺优化及含量测定,发现辣椒碱含量为 406.15~628.35  $\mu\text{g}/\text{g}(\text{m}_d)$ ,全反式番茄红素含量为 75.32~2963.10  $\mu\text{g}/\text{g}(\text{m}_d)$ ;鲁杨等<sup>[9]</sup>对比了作坊和工业化生产的贵州红酸汤各类成分的差异,发现工业化产品营养价值优于作坊产品。

基于贵州红酸汤的品质研究仅限于基础营养成分分析,而对市售主流贵州红酸汤的品质差异及呈味分析鲜有报道。因此,本试验以 7 种市售主流贵州红酸汤产品为研究对象,对其主要理化指标、矿物质、功能性成分(辣椒素、二氢辣椒素、番茄红素、多酚、黄酮)、有机酸、游离氨基酸及其呈味特征等进行比较,并采用电子舌对红酸汤的滋味品质进行评价,以期明确贵州红酸汤的营养品质与呈味特征,为贵州红酸汤的品质评价及综合开发提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

7 种供试红酸汤样品,为 5 个贵州企业生产的同类型红酸汤,发酵原料均为辣椒和西红柿,要求发酵工艺相似(自然发酵)和生产日期相近,详细信息见表 1。

表 1 7 种贵州红酸汤样品详细信息

Table 1 The details of seven kinds of Guizhou commercial red acid soup

品牌	样品	辅料	产地	生产日期
A	N1	生姜、白酒、食盐、大米	贵州凯里	2018 年 12 月
	N2	木姜子、生姜、白酒、食盐、大米	贵州凯里	2018 年 12 月
B	Y1	生姜、白酒、食盐、大米	贵州凯里	2018 年 12 月
	Y2	木姜子、生姜、白酒、食盐、大米、谷氨酸钠	贵州凯里	2018 年 12 月
C	G1	生姜、白酒、食盐、大米	贵州毕节	2019 年 1 月
D	M1	生姜、白酒、食盐、大米	贵州凯里	2019 年 1 月
E	L1	生姜、白酒、食盐、大米	贵州凯里	2018 年 12 月

酒石酸、苹果酸、乳酸、柠檬酸、乙酸、琥珀酸、番茄红素、辣椒素、二氢辣椒素等标准品;Sigma 公司;甲

醇、乙腈(色谱纯);北京百灵威公司;甲醇、磷酸、苯酚、盐酸、硫酸铜、酒石酸钾钠、氢氧化钠、亚铁氰化钾、乙酸锌、甲基红、丙酮和磷酸二氢钾等试剂均为分析纯。

### 1.2 仪器与设备

1260 高效液相色谱仪 美国安捷伦公司;TS-500Z 电子舌味觉分析系统 日本 Insent 公司;L8800 氨基酸自动分析仪 日立公司;SER148 脂肪测定仪 嘉盛(香港)科技有限公司;JK9870 全自动凯氏定氮仪、JKX-20S 恒温加热消煮炉 济南精密科学仪器仪表有限公司;pH-25 型 pH 计 上海今迈仪器仪表有限公司;SCIENTZ-18N 冷冻干燥机 宁波新芝生物科技股份有限公司;H2-16KR 台式高速冷冻离心机 湖南可成仪器设备有限公司;L5S 紫外可见分光光度计 上海仪电分析仪器有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 常规理化指标测定

食盐含量的测定参照 GB 5009.42—2016《食盐指标的测定》;总酸含量的测定参照 GB 12456—2008《食品中总酸的测定》;氨基酸态氮含量的测定参照 GB 5009.235—2016《食品中氨基酸态氮的测定》;粗蛋白质含量的测定参照 GB 5009.5—2016《食品中蛋白质的测定》;粗脂肪的测定参照 GB 5009.6—2016《食品中脂肪的测定》;还原糖含量的测定参照 GB 5009.7—2016《食品中还原糖的测定》;矿物质元素的测定采用 GB/T 23375—2009《蔬菜及其制品中铜、铁、锌、钙、镁、磷的测定》中的火焰原子吸收法。

#### 1.3.2 有机酸测定

有机酸的测定参照熊瑛等的方法略作修改。色谱条件:甲醇:磷酸二氢钾溶液(0.01 mol/L)为 98:2;柱温:30  $^{\circ}\text{C}$ ;检测波长:210 nm;进样量:10  $\mu\text{L}$ ;流速:1 mL/min。

#### 1.3.3 游离氨基酸测定

采用磺基水杨酸法<sup>[10]</sup>:称取 1 g 红酸汤,用 50 mL 0.01 N 盐酸浸提 30 min,摇匀后过滤,准确吸取滤液 2 mL 于试管中;加入 8% 磺基水杨酸 2 mL,摇匀,静置 15 min,以 10000 r/min 离心 10 min,取上清。如果有油脂和色素,则继续在上清液中加入乙醚,摇匀静置,待分层后避开油脂层取样。上清液过 0.45  $\mu\text{m}$  膜进行氨基酸分析仪检测。

#### 1.3.4 功能成分测定

总酚的测定采用 Folin-Ciocalteu 法<sup>[11]</sup>。以没食子酸为标准品,总酚含量以 mg 没食子酸当量(gallic acid equivalents, GAE)/100 g,即 mg GAE/100 g 表示;总黄酮的测定采用氯化铝-亚硝酸钠比色法<sup>[12]</sup>。以芦丁为标准品,黄酮含量以 mg 芦丁当量(rutin equivalents, RE)/100 g,即 mg RE/100 g 表示;辣椒素和二氢辣椒素的测定参照王旭等<sup>[13]</sup>的方法;番茄红

素的测定参照王延平等<sup>[14]</sup>的方法。

### 1.3.5 呈味物质的呈味贡献分析

味道强度值(taste activity value, TAV)定义为滋味物质的浓度与该物质呈味阈值的比值。TAV反映了单一化合物对整体滋味的贡献, TAV小于1表示该物质未对样品滋味有贡献; TAV大于1表示该物质对样品滋味有贡献, 且数值越大, 贡献越大<sup>[15]</sup>。TAV按下式计算:

$$TAV = \frac{C}{T}$$

式中: C 为滋味物质的绝对含量(mg/100 g), T 为滋味物质的味道阈值(mg/100 g)。

### 1.3.6 电子舌的测定分析

准确称取 25.00 g 红酸汤定容至 250 mL, 经过滤后取澄清液直接倒入电子舌专用烧杯中(每杯样品量为 25 mL), 在室温条件下测定。电子传感器置于清洗液中清洗 90 s, 然后进入第一参比液清洗 120 s, 再进入第二参比液清洗 120 s。清洗完毕后传感器于平衡位置归零 30 s 后, 进入样品杯测试 30 s。测试完毕后, 分别依次进入两个参比液中清洗 3 s。每个样品设置 10 个平行, 摒除前 3 个周期的数据, 采用后 7 个周期的响应数据为特征值。

### 1.3.7 数据处理

数据使用 Excel 与 SPSS 19.0 软件统计分析, 结果采用  $\bar{x} \pm s$  表示, 采用单因素 Duncan 方差分析比较均值, 置信区间为 95%( $p < 0.05$ )为显著性检验标准, 采用 Origin 软件进行图表处理及制作。

## 2 结果与分析

### 2.1 红酸汤主要理化指标测定结果

表 2 贵州红酸汤主要理化指标测定结果

Table 2 The determination results of main physical and chemical indexes of Guizhou red acid soup

样品编号	pH	总酸	氨基酸态氮	食盐	还原糖	脂肪	蛋白质
Y1	3.27±0.06 <sup>a</sup>	1.79±0.07 <sup>b</sup>	0.26±0.03 <sup>c</sup>	5.04±0.08 <sup>c</sup>	1.26±0.03 <sup>b</sup>	1.54±0.05 <sup>a</sup>	2.08±0.06 <sup>c</sup>
	3.62±0.03 <sup>ab</sup>	1.33±0.04 <sup>d</sup>	0.43±0.06 <sup>a</sup>	5.39±0.06 <sup>a</sup>	1.48±0.01 <sup>a</sup>	9.80±0.03 <sup>b</sup>	3.40±0.05 <sup>a</sup>
Y2	3.34±0.05 <sup>de</sup>	1.83±0.06 <sup>b</sup>	0.27±0.07 <sup>bc</sup>	4.26±0.02 <sup>d</sup>	0.11±0.01 <sup>f</sup>	1.97±0.05 <sup>f</sup>	2.77±0.04 <sup>b</sup>
	3.51±0.16 <sup>bc</sup>	1.56±0.11 <sup>c</sup>	0.29±0.06 <sup>bc</sup>	5.12±0.03 <sup>bc</sup>	0.61±0.02 <sup>c</sup>	14.44±0.12 <sup>a</sup>	3.68±0.09 <sup>a</sup>
N1	3.42±0.06 <sup>cd</sup>	1.58±0.04 <sup>c</sup>	0.37±0.06 <sup>ab</sup>	5.21±0.04 <sup>b</sup>	0.5±0.04 <sup>d</sup>	3.18±0.04 <sup>d</sup>	2.74±0.02 <sup>b</sup>
	3.13±0.02 <sup>f</sup>	2.12±0.05 <sup>a</sup>	0.24±0.01 <sup>c</sup>	5.15±0.08 <sup>b</sup>	0.38±0.01 <sup>e</sup>	7.45±0.07 <sup>c</sup>	2.52±0.07 <sup>b</sup>
N2	3.68±0.07 <sup>a</sup>	1.17±0.06 <sup>c</sup>	0.27±0.07 <sup>bc</sup>	4.35±0.02 <sup>d</sup>	0.12±0.02 <sup>f</sup>	2.13±0.05 <sup>e</sup>	1.96±0.07 <sup>c</sup>
	3.34±0.05 <sup>de</sup>	1.83±0.06 <sup>b</sup>	0.27±0.07 <sup>bc</sup>	4.26±0.02 <sup>d</sup>	0.11±0.01 <sup>f</sup>	1.97±0.05 <sup>f</sup>	2.77±0.04 <sup>b</sup>
L1	3.34±0.05 <sup>de</sup>	1.83±0.06 <sup>b</sup>	0.27±0.07 <sup>bc</sup>	4.26±0.02 <sup>d</sup>	0.11±0.01 <sup>f</sup>	1.97±0.05 <sup>f</sup>	2.77±0.04 <sup>b</sup>
	3.51±0.16 <sup>bc</sup>	1.56±0.11 <sup>c</sup>	0.29±0.06 <sup>bc</sup>	5.12±0.03 <sup>bc</sup>	0.61±0.02 <sup>c</sup>	14.44±0.12 <sup>a</sup>	3.68±0.09 <sup>a</sup>
G1	3.13±0.02 <sup>f</sup>	2.12±0.05 <sup>a</sup>	0.24±0.01 <sup>c</sup>	5.15±0.08 <sup>b</sup>	0.38±0.01 <sup>e</sup>	7.45±0.07 <sup>c</sup>	2.52±0.07 <sup>b</sup>
	3.68±0.07 <sup>a</sup>	1.17±0.06 <sup>c</sup>	0.27±0.07 <sup>bc</sup>	4.35±0.02 <sup>d</sup>	0.12±0.02 <sup>f</sup>	2.13±0.05 <sup>e</sup>	1.96±0.07 <sup>c</sup>
M1	3.34±0.05 <sup>de</sup>	1.83±0.06 <sup>b</sup>	0.27±0.07 <sup>bc</sup>	4.26±0.02 <sup>d</sup>	0.11±0.01 <sup>f</sup>	1.97±0.05 <sup>f</sup>	2.77±0.04 <sup>b</sup>
	3.51±0.16 <sup>bc</sup>	1.56±0.11 <sup>c</sup>	0.29±0.06 <sup>bc</sup>	5.12±0.03 <sup>bc</sup>	0.61±0.02 <sup>c</sup>	14.44±0.12 <sup>a</sup>	3.68±0.09 <sup>a</sup>

注: 同列不同小写字母表示品种之间差异显著( $p < 0.05$ )。

由表 2 可知, 不同红酸汤的 pH 在 3.13~3.68 之

间, 总酸含量分布在 1.17%~2.12% 之间, 与张东亚研究的自制和市售红酸汤总酸含量(1.76%~2.75%)相近。氨基酸态氮是发酵产品的重要指标之一, 能够在一定程度上反映发酵产品的老化程度和风味特点<sup>[16]</sup>, 不同红酸汤氨基酸态氮含量分布在 0.24%~0.43% 之间。还原糖(0.11%~1.48%)、蛋白质(1.96%~3.68%)和脂肪(1.54%~14.44%)的含量差异主要源于原料、辅料及发酵过程中微生物的作用<sup>[17]</sup>。例如, 贵州红酸汤在发酵时会添加一定比例甜酒酿, 甜酒酿中的还原糖类可在红酸汤发酵后期参与美拉德等反应, 形成红酸汤特有的香味<sup>[18]</sup>。食盐在发酵食品中不仅影响食品中营养物质的蛋白质和脂肪代谢过程, 而且影响发酵过程中微生物代谢, 另外还赋予发酵食品咸味; 本研究红酸汤食盐含量为 4.26%~5.39%, 这是贵州红酸汤具有一定保质期的保证。

### 2.2 红酸汤矿物质含量测定结果

表 3 贵州红酸汤矿物质元素含量

Table 3 The content of mineral elements of Guizhou red acid soup

样品编号	钙(Ca)	镁(Mg)	铁(Fe)	铜(Cu)	锌(Zn)	磷(P)	钾(K)	钠(Na)
Y1	229.40±11.88 <sup>a</sup>	206.25±7.42 <sup>d</sup>	15.64±0.81 <sup>c</sup>	1.38±0.13 <sup>a</sup>	2.13±0.06 <sup>c</sup>	267.61±3.39 <sup>c</sup>	2301.17±15.56 <sup>f</sup>	1562.67±15.08 <sup>e</sup>
	168.92±5.07 <sup>d</sup>	269.45±10.58 <sup>a</sup>	24.77±0.96 <sup>b</sup>	1.31±0.04 <sup>b</sup>	2.61±0.17 <sup>a</sup>	348.16±11.54 <sup>c</sup>	2559.90±12.59 <sup>e</sup>	1910.33±22.63 <sup>d</sup>
Y2	170.37±6.87 <sup>d</sup>	185.68±11.17 <sup>c</sup>	13.37±1.29 <sup>d</sup>	1.32±0.16 <sup>b</sup>	1.93±0.06 <sup>d</sup>	275.65±7.99 <sup>d</sup>	2695.50±21.92 <sup>a</sup>	1459.95±23.97 <sup>f</sup>
	283.17±14.21 <sup>b</sup>	222.48±14.23 <sup>c</sup>	26.04±1.03 <sup>a</sup>	1.19±0.2 <sup>d</sup>	2.27±0.38 <sup>b</sup>	369.98±2.44 <sup>b</sup>	2577.16±24.25 <sup>b</sup>	2060.18±34.20 <sup>b</sup>
N1	156.71±7.89 <sup>e</sup>	161.73±8.61 <sup>f</sup>	11.80±0.57 <sup>f</sup>	1.25±0.08 <sup>c</sup>	1.78±0.04 <sup>f</sup>	278.2±2.55 <sup>d</sup>	2541.50±30.41 <sup>d</sup>	2305.42±53.74 <sup>a</sup>
	156.55±5.02 <sup>e</sup>	151.85±2.62 <sup>e</sup>	9.04±0.25 <sup>e</sup>	0.80±0.03 <sup>c</sup>	1.86±0.04 <sup>e</sup>	634.25±20.15 <sup>a</sup>	2485.64±50.42 <sup>e</sup>	1981.89±9.74 <sup>c</sup>
N2	428.49±10.49 <sup>a</sup>	233.26±4.82 <sup>b</sup>	12.22±0.58 <sup>e</sup>	1.17±0.07 <sup>d</sup>	2.16±0.23 <sup>c</sup>	253.94±5.57 <sup>f</sup>	2581.55±16.33 <sup>b</sup>	1378.83±12.73 <sup>a</sup>
	283.17±14.21 <sup>b</sup>	222.48±14.23 <sup>c</sup>	26.04±1.03 <sup>a</sup>	1.19±0.2 <sup>d</sup>	2.27±0.38 <sup>b</sup>	369.98±2.44 <sup>b</sup>	2577.16±24.25 <sup>b</sup>	2060.18±34.20 <sup>b</sup>
L1	156.71±7.89 <sup>e</sup>	161.73±8.61 <sup>f</sup>	11.80±0.57 <sup>f</sup>	1.25±0.08 <sup>c</sup>	1.78±0.04 <sup>f</sup>	278.2±2.55 <sup>d</sup>	2541.50±30.41 <sup>d</sup>	2305.42±53.74 <sup>a</sup>
	156.55±5.02 <sup>e</sup>	151.85±2.62 <sup>e</sup>	9.04±0.25 <sup>e</sup>	0.80±0.03 <sup>c</sup>	1.86±0.04 <sup>e</sup>	634.25±20.15 <sup>a</sup>	2485.64±50.42 <sup>e</sup>	1981.89±9.74 <sup>c</sup>
G1	428.49±10.49 <sup>a</sup>	233.26±4.82 <sup>b</sup>	12.22±0.58 <sup>e</sup>	1.17±0.07 <sup>d</sup>	2.16±0.23 <sup>c</sup>	253.94±5.57 <sup>f</sup>	2581.55±16.33 <sup>b</sup>	1378.83±12.73 <sup>a</sup>
	283.17±14.21 <sup>b</sup>	222.48±14.23 <sup>c</sup>	26.04±1.03 <sup>a</sup>	1.19±0.2 <sup>d</sup>	2.27±0.38 <sup>b</sup>	369.98±2.44 <sup>b</sup>	2577.16±24.25 <sup>b</sup>	2060.18±34.20 <sup>b</sup>
M1	156.71±7.89 <sup>e</sup>	161.73±8.61 <sup>f</sup>	11.80±0.57 <sup>f</sup>	1.25±0.08 <sup>c</sup>	1.78±0.04 <sup>f</sup>	278.2±2.55 <sup>d</sup>	2541.50±30.41 <sup>d</sup>	2305.42±53.74 <sup>a</sup>
	156.55±5.02 <sup>e</sup>	151.85±2.62 <sup>e</sup>	9.04±0.25 <sup>e</sup>	0.80±0.03 <sup>c</sup>	1.86±0.04 <sup>e</sup>	634.25±20.15 <sup>a</sup>	2485.64±50.42 <sup>e</sup>	1981.89±9.74 <sup>c</sup>

注: 同列不同小写字母表示品种之间差异显著( $p < 0.05$ )。

7 种红酸汤的 Ca、Mg、P 含量相对较高, 含量分别在 156.55~428.49 mg/kg、151.85~269.45 mg/kg 和 253.94~634.25 mg/kg 之间, 结果见表 3, 这与汤庆莉等、鲁杨等的研究结果一致。Ca、P 含量分别是凯里红酸汤地方标准规定含量( $Ca \geq 100$  mg/kg,  $P \geq 120$  mg/kg)的 1.50~4.20 倍和 2.10~5.30 倍。有研究显示, 人体中 Ca、Mg 与高血压呈负相关性, 提高 Ca、Mg 的摄入量对预防高血压有一定积极作用<sup>[19]</sup>。此外, 红酸汤属于高钾低钠型食品, Na、K 含量分别在 1378.83~2305.42 mg/kg 和 2301.17~2695.50 mg/kg 之间。大量的动物和临床研究及流行病学调查都证实, 高钾低钠饮食具有降血压、保护组织器官的作用<sup>[20-22]</sup>, 长期高钾低钠饮食可降低心血管疾病死亡率<sup>[23-25]</sup>。综上可知, 红酸汤理论上是一种健康食品。

### 2.3 红酸汤有机酸含量测定结果

表 4 贵州红酸汤有机酸含量

Table 4 The content of organic acids of Guizhou red acid soup g/kg

样品编号	酒石酸	苹果酸	乳酸	乙酸	柠檬酸	琥珀酸
Y1	1.23±0.03 <sup>b</sup>	1.70±0.04 <sup>c</sup>	5.23±0.04 <sup>f</sup>	0.92±0.15 <sup>e</sup>	1.91±0.03 <sup>e</sup>	1.61±0.04 <sup>b</sup>
Y2	0.17±0.02 <sup>f</sup>	1.37±0.02 <sup>f</sup>	5.78±0.02 <sup>c</sup>	1.10±0.01 <sup>d</sup>	2.36±0.03 <sup>c</sup>	—
N1	2.66±0.04 <sup>a</sup>	1.80±0.06 <sup>b</sup>	11.50±0.06 <sup>a</sup>	0.96±0.03 <sup>f</sup>	2.13±0.06 <sup>d</sup>	1.57±0.02 <sup>bc</sup>
N2	1.18±0.05 <sup>e</sup>	2.36±0.02 <sup>a</sup>	6.07±0.04 <sup>d</sup>	1.51±0.04 <sup>c</sup>	5.38±0.07 <sup>a</sup>	1.55±0.03 <sup>e</sup>
L1	0.38±0.06 <sup>e</sup>	1.50±0.01 <sup>c</sup>	9.57±0.08 <sup>b</sup>	3.51±0.03 <sup>a</sup>	5.08±0.03 <sup>b</sup>	—
G1	0.49±0.04 <sup>d</sup>	1.65±0.02 <sup>d</sup>	6.69±0.02 <sup>c</sup>	1.94±0.05 <sup>b</sup>	—	—
M1	2.62±0.03 <sup>a</sup>	0.90±0.05 <sup>e</sup>	5.07±0.05 <sup>g</sup>	1.02±0.02 <sup>e</sup>	0.86±0.03 <sup>f</sup>	1.87±0.03 <sup>a</sup>

注: 同列不同小写字母表示品种之间差异显著 ( $p < 0.05$ ); “—”表示样品中未检出。

大分子物质水解以及微生物的发酵产生大量有机酸,为发酵食品提供了独特的风味<sup>[26]</sup>。由表 4 可知,7 种红酸汤样品均以乳酸含量最高,这可能是红酸汤在发酵后期,发酵体系中的乳酸菌为优势菌群,利用原料中的糖产生大量乳酸。其中 N1 乳酸含量最高(11.50 g/kg),是其他红酸汤的 1.21~2.30 倍,M1 最低(5.07 g/kg)。熊瑛、汤庆莉、邹大维<sup>[27]</sup>分别对贵州酸汤的有机酸进行了分析,发现有机酸均以乳酸为主,推断乳酸为发酵型酸汤的特征成分。柠檬酸、苹果酸均以 N2 含量最高,分别是其他红酸汤的 1.05~6.26 倍和 1.31~2.62 倍,为 5.38 g/kg 和 2.36 g/kg;M1 最低,分别为 0.86 g/kg 和 0.90 g/kg;L1 乙酸含量最高(3.51 g/kg);N1 酒石酸含量最高(2.66 g/kg);M1 琥珀酸含量最高(1.87 g/kg);G1 中未检出柠檬酸;Y2、L1、G1 中未检出琥珀酸。

### 2.4 红酸汤功能性成分测定结果

7 种贵州红酸汤功能性成分含量见图 1。

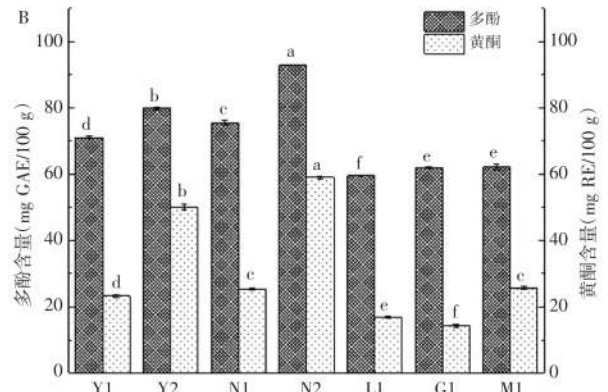
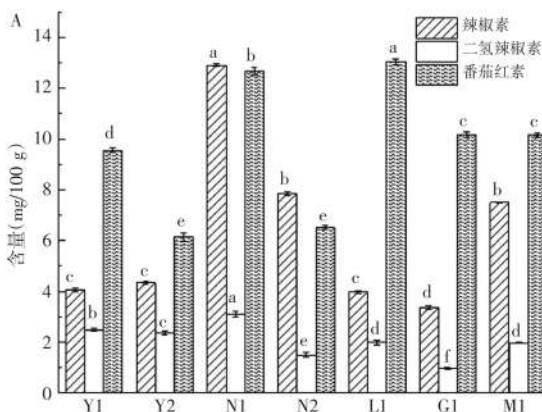


图 1 贵州红酸汤功能性成分(A)辣椒素、二氢辣椒素、番茄红素和(B)多酚、黄酮含量

Fig. 1 The functional components including (A) capsaicin, dihydrocapsaicin and lycopene, (B) polyphenols and flavonoids of Guizhou red acid soup

辣椒素、二氢辣椒素和番茄红素含量分别为 3.36~12.91 mg/100 g、0.97~3.10 mg/100 g、6.14~13.05 mg/100 g,结果略低于谌小立和余越测定的 4 种市售贵州红酸汤,其差异可能与红酸汤原料有关。多酚和黄酮含量分别为 59.52~92.86 mg GAE/100 g 和 14.31~58.99 mg RE/100 g,其中 Y2 和 N2 黄酮含量明显高于其余 5 种酸汤,推测可能与其添加的辅料木姜子有关<sup>[28]</sup>。研究发现,不同发酵辣椒、番茄制品的功能性成分含量均有差异,且较新鲜原料含量均有降低<sup>[29,30]</sup>。一方面,与原料本身的品质密切相关;另一方面,红酸汤在自然条件下发酵,作为混菌发酵体系,微生物之间有相互竞争作用,且随着发酵中有机酸含量增加,环境 pH 值降低,可能影响发酵体系中微生物及胞外酶的活性,从而影响发酵过程中红酸汤功能性成分的变化。

### 2.5 红酸汤游离氨基酸测定结果

游离氨基酸不仅能增加发酵品的滋味,也为后续香气物质的形成提供基础,是风味的重要组成物<sup>[31]</sup>。游离态氨基酸按呈味特性可分为四类,鲜味氨基酸(Glu、Asp)、甜味氨基酸(Thr、Gly、Ala、Pro、Ser)、苦味氨基酸(His、Met、Arg、Val、Leu、Ile、Tyr、Phe)、无味氨基酸(Lys、Cys)<sup>[32]</sup>。

表 5 贵州红酸汤游离氨基酸含量测定结果

Table 5 The determination results of free amino acids content in Guizhou red acid soup

游离氨基酸	N1	N2	Y1	Y2	L1	G1	M1
天冬氨酸 (Asp)	—	—	2.23±0.35 <sup>b</sup>	3.47±0.32 <sup>a</sup>	—	—	—
谷氨酸 (Glu)	59.87±0.55 <sup>d</sup>	384.30±5.05 <sup>b</sup>	56.87±0.80 <sup>d</sup>	1511.40±31.34 <sup>a</sup>	143.07±4.06 <sup>c</sup>	13.30±1.05 <sup>e</sup>	74.30±3.41 <sup>d</sup>
总鲜味氨基酸	59.87±0.55 <sup>c</sup>	384.30±5.05 <sup>b</sup>	59.10±1.15 <sup>c</sup>	1514.87±31.66 <sup>a</sup>	143.07±4.06 <sup>c</sup>	13.30±1.05 <sup>f</sup>	74.30±3.41 <sup>d</sup>

续 表

游离氨基酸	N1	N2	Y1	Y2	L1	G1	M1
▲苏氨酸 (Thr)	—	—	—	—	0.80± 0.06 <sup>a</sup>	—	—
丝氨酸 (Ser)	6.77± 0.60 <sup>a</sup>	3.77± 0.83 <sup>b</sup>	3.37± 0.31 <sup>bc</sup>	1.90± 0.46 <sup>d</sup>	0.83± 0.25 <sup>e</sup>	2.77± 0.47 <sup>cd</sup>	—
甘氨酸 (Gly)	15.47± 0.40 <sup>d</sup>	15.70± 0.78 <sup>d</sup>	21.23± 1.16 <sup>b</sup>	17.87± 0.86 <sup>c</sup>	1.43± 0.21 <sup>f</sup>	23.50± 2.63 <sup>a</sup>	8.60± 0.80 <sup>e</sup>
丙氨酸 (Ala)	81.93± 0.35 <sup>c</sup>	86.13± 4.63 <sup>c</sup>	111.87± 2.18 <sup>b</sup>	112.87± 2.53 <sup>b</sup>	2.87± 0.57 <sup>f</sup>	133.77± 5.50 <sup>a</sup>	62.80± 2.55 <sup>d</sup>
脯氨酸 (Pro)	30.50± 0.53 <sup>a</sup>	12.07± 0.78 <sup>b</sup>	—	—	1.07± 0.38 <sup>d</sup>	—	10.57± 1.14 <sup>c</sup>
总甜味 氨基酸	134.67± 1.86 <sup>b</sup>	117.67± 7.01 <sup>c</sup>	115.24± 3.64 <sup>d</sup>	132.64± 3.84 <sup>b</sup>	6.20± 1.39 <sup>f</sup>	160.04± 8.59 <sup>a</sup>	81.97± 4.48 <sup>e</sup>
▲缬氨酸 (Val)	20.73± 0.45 <sup>b</sup>	25.43± 0.8 <sup>a</sup>	25.63± 1.01 <sup>a</sup>	21.87± 1.12 <sup>b</sup>	1.50± 0.40 <sup>d</sup>	27.23± 2.06 <sup>a</sup>	10.67± 0.68 <sup>c</sup>
▲甲硫氨 酸(Met)	7.00± 0.26 <sup>b</sup>	7.20± 0.30 <sup>b</sup>	7.07± 0.35 <sup>b</sup>	ND	0.60± 0.26 <sup>c</sup>	12.80± 0.60 <sup>a</sup>	—
▲异亮氨 酸(Ile)	15.57± 0.50 <sup>bc</sup>	16.90± 0.66 <sup>b</sup>	17.53± 0.70 <sup>b</sup>	14.63± 0.45 <sup>c</sup>	—	33.33± 2.54 <sup>a</sup>	11.00± 0.46 <sup>d</sup>
▲亮氨 酸(Leu)	28.50± 0.30 <sup>c</sup>	28.70± 0.95 <sup>c</sup>	31.20± 1.05 <sup>b</sup>	26.30± 0.92 <sup>d</sup>	2.17± 0.40 <sup>f</sup>	34.70± 2.65 <sup>a</sup>	17.83± 0.71 <sup>e</sup>
▲苯丙氨 酸(Phe)	15.50± 0.30 <sup>c</sup>	13.97± 0.55 <sup>cd</sup>	14.50± 0.66 <sup>c</sup>	12.60± 0.62 <sup>d</sup>	1.83± 0.45 <sup>c</sup>	22.23± 1.74 <sup>a</sup>	19.30± 1.06 <sup>b</sup>
组氨酸 (His)	—	—	1.00± 0.20 <sup>a</sup>	1.00± 0.30 <sup>a</sup>	—	—	—
酪氨酸 (Tyr)	—	—	—	—	0.97± 0.38 <sup>b</sup>	—	3.93± 0.35 <sup>a</sup>
精氨酸 (Arg)	2.87± 0.60 <sup>b</sup>	—	33.60± 0.96 <sup>a</sup>	33.97± 1.50 <sup>a</sup>	1.40± 0.30 <sup>b</sup>	—	2.60± 0.46 <sup>b</sup>
总苦味氨 基酸	90.17± 2.41 <sup>c</sup>	92.20± 3.26 <sup>c</sup>	130.53± 4.93 <sup>a</sup>	110.37± 4.91 <sup>b</sup>	8.47± 2.19 <sup>c</sup>	130.29± 9.59 <sup>a</sup>	65.33± 3.72 <sup>d</sup>
▲赖氨酸 (Lys)	—	3.77± 0.65 <sup>b</sup>	4.00± 0.36 <sup>b</sup>	3.27± 0.42 <sup>b</sup>	1.50± 0.40 <sup>c</sup>	—	8.33± 0.85 <sup>a</sup>
半胱氨酸 (Cys)	7.97± 0.75 <sup>b</sup>	13.70± 0.61 <sup>a</sup>	—	—	—	14.57± 0.57 <sup>a</sup>	—
总无味氨 基酸	7.97± 0.75 <sup>c</sup>	17.47± 1.26 <sup>a</sup>	4.00± 0.36 <sup>d</sup>	3.27± 0.42 <sup>d</sup>	1.50± 0.40 <sup>c</sup>	14.57± 0.57 <sup>b</sup>	8.33± 0.85 <sup>c</sup>
必需氨 基酸	87.30± 1.96 <sup>c</sup>	95.97± 3.91 <sup>b</sup>	99.93± 4.11 <sup>b</sup>	78.67± 3.63 <sup>d</sup>	8.40± 1.78 <sup>f</sup>	130.29± 9.12 <sup>a</sup>	67.13± 3.79 <sup>e</sup>
总游离氨 基酸	292.68± 1.72 <sup>c</sup>	611.64± 1.78 <sup>b</sup>	330.10± 2.35 <sup>c</sup>	1761.15± 8.58 <sup>a</sup>	160.04± 1.81 <sup>e</sup>	318.20± 1.68 <sup>d</sup>	229.93± 1.47 <sup>f</sup>

注：“▲”表示必需氨基酸；“—”表示样品中未检出；同行肩标不同小写字母表示差异显著(p<0.05)。

由表 5 可知,7 种红酸汤共检出 17 种游离氨基酸,包含 7 种必需氨基酸,总游离氨基酸含量在 160.04~1761.15 mg/100 g 范围内,总游离氨基酸含量由高到低依次为 Y2>N2>Y1>G1>N1>M1>L1。Y2 的总游离氨基酸较其他红酸汤高 2~8 倍,其中鲜味氨基酸含量高达 1514.87 mg/100 g,推断与其在调配过程中外源辅料谷氨酸钠的添加密切相关。天冬氨酸同样具有鲜味,但仅在 Y1、Y2 中检出,含量分别为 2.23 mg/100 g 和 3.47 mg/100 g,说明谷氨酸为红酸汤的主要鲜味氨基酸。甜味氨基酸中,G1 含量最高,为 160.04 mg/100 g,除 N1、Y2 外,其他红酸汤

含量差异均显著(p<0.05)。甜味氨基酸中甘氨酸提供清香甜味,可减少苦味,除去食物中不愉快的口味<sup>[33]</sup>。苦味氨基酸由于含量较低且受红酸汤中酸和氯化钠的抑制,对红酸汤的滋味影响较小。无味氨基酸在各红酸汤样品中含量均较低,但可通过强化从味觉受体到大脑的信号传导,进而增强其他呈味氨基酸味觉感受强度。

## 2.6 红酸汤呈味特性及 TAV 分析结果

表 6 贵州红酸汤呈味氨基酸 TAV 值计算结果  
Table 6 The calculation results of taste activity values of flavor amino acids in Guizhou red acid soup

呈味	游离氨基酸	阈值	TAV 值					G1	M1
			N1	N2	Y1	Y2	L1		
鲜味	天冬氨酸(Asp)	100	—	—	0.02	0.04	—	—	—
	谷氨酸(Glu)	30	2.00	12.81	1.90	50.38	4.77	0.44	2.48
甜味	苏氨酸(Thr)	260	—	—	—	—	0.01	—	—
	丝氨酸(Ser)	150	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	—
	甘氨酸(Gly)	130	0.12	0.12	0.16	0.14	0.01	0.18	0.07
	丙氨酸(Ala)	60	1.37	1.47	1.87	1.88	0.05	2.23	1.05
苦味	脯氨酸(Pro)	300	0.10	0.04	—	—	0.01	—	0.04
	缬氨酸(Val)	40	0.52	0.64	0.64	0.55	0.04	0.68	0.27
	甲硫氨酸(Met)	30	0.23	0.24	0.24	—	0.02	0.43	—
	异亮氨酸(Ile)	90	0.17	0.19	0.20	0.16	—	0.37	0.12
	亮氨酸(Leu)	190	0.15	0.15	0.16	0.14	0.01	0.18	0.09
	苯丙氨酸(Phe)	90	0.17	0.16	0.16	0.14	0.02	0.25	0.21
	组氨酸(His)	20	—	—	0.05	0.05	—	—	—
无味	酪氨酸(Tyr)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	精氨酸(Arg)	50	0.06	—	0.67	0.68	0.03	—	0.05
	赖氨酸(Lys)	50	—	0.08	0.08	0.07	0.03	—	0.17
	半胱氨酸(Cys)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

注:“ND”表示阈值未查到;“—”表示样品中未检出;阈值以 mg(氨基酸)/mL 表示。

各游离氨基酸对食品滋味的贡献不仅与含量有关,与阈值也有密切关系<sup>[34]</sup>。由表 6 可知,7 种红酸汤中大部分氨基酸的 TAV 值小于 1,只有谷氨酸和丙氨酸的 TAV 值大于 1,说明两者对红酸汤的呈味有显著影响。除 G1 外,其余红酸汤中谷氨酸的 TAV 值均大于 1,且远高于其他氨基酸,Y2 的 TAV 值最高,达到 50.38,表明 Y2 的鲜味最强。丙氨酸呈甜味,当它与谷氨酸和鸟苷酸等滋味物质并存时,可增强食品的鲜味<sup>[35]</sup>,除 L1 外,其余红酸汤中丙氨酸的 TAV 值均大于 1。苦味氨基酸作为 7 种红酸汤中种类最多的呈味氨基酸,虽然其 TAV 值均小于 1,但研究表明,当苦味氨基酸含量低于其阈值时,可增强其他呈味氨基酸的呈味作用<sup>[36]</sup>。综上可知,不同游离氨基酸协同作用构成了红酸汤独特的滋味,其中谷氨酸是红酸汤鲜味的主要贡献者,丙氨酸是红酸汤甜味的主要贡献者,这也是红酸汤具有非常强烈的鲜酸味以及口感回甜的重要原因。

## 2.7 电子舌传感器信号响应值

食物的呈味是一个复杂的过程,单纯的呈味物质

含量不足以体现食物整体呈味特点,故以电子舌对不同品牌红酸汤的整体滋味特点进行评价。提取电子舌传感器的响应值,结果见表7。

表7 贵州红酸汤电子舌响应值结果

Table 7 The results of electronic tongue response values of Guizhou red acid soup

样品编号	酸味	苦味	鲜味	咸味	甜味
Y1	19.03±0.15 <sup>c</sup>	9.92±0.12 <sup>a</sup>	2.04±0.07 <sup>c</sup>	6.09±0.10 <sup>c</sup>	0.41±0.02 <sup>d</sup>
Y2	15.14±0.13 <sup>c</sup>	9.00±0.13 <sup>c</sup>	5.59±0.08 <sup>a</sup>	9.31±0.11 <sup>a</sup>	1.28±0.03 <sup>b</sup>
N1	21.33±0.10 <sup>b</sup>	6.83±0.11 <sup>d</sup>	1.81±0.03 <sup>f</sup>	3.97±0.08 <sup>g</sup>	0.67±0.02 <sup>e</sup>
N2	18.62±0.18 <sup>d</sup>	7.60±0.18 <sup>d</sup>	2.63±0.06 <sup>d</sup>	6.84±0.05 <sup>d</sup>	1.46±0.05 <sup>a</sup>
L1	18.98±0.15 <sup>d</sup>	0.76±0.05 <sup>f</sup>	3.52±0.06 <sup>b</sup>	8.47±0.04 <sup>b</sup>	1.50±0.05 <sup>a</sup>
G1	25.14±0.16 <sup>a</sup>	9.70±0.13 <sup>b</sup>	1.58±0.08 <sup>g</sup>	7.74±0.03 <sup>e</sup>	0.19±0.02 <sup>f</sup>
M1	14.66±0.11 <sup>f</sup>	1.45±0.06 <sup>e</sup>	2.93±0.10 <sup>c</sup>	4.18±0.04 <sup>f</sup>	0.33±0.05 <sup>e</sup>

注:同列不同小写字母表示品种之间差异显著(p<0.05)。

就信号响应强度而言,酸味信号强度最高,其次依次为苦味回味、苦味和咸味,鲜味和甜味相当,然而,在红酸汤消费过程中,表现出与此不同的滋味特征谱,即酸味为主,伴随着咸、鲜味。这可能是因为红酸汤滋味特征取决于不同呈味物质之间的协同和相互作用<sup>[37]</sup>。其中,主导优势的咸味主要是因为红酸汤发酵时添加的高浓度食盐,鲜味得益于红酸汤中较丰富的谷氨酸和天冬氨酸,苦味则主要是苦味氨基酸、钙离子所引起的。红酸汤中苦味响应值虽较大,但实际上味蕾只感受到轻微或未能感受的苦味,这可能与鲜味、甜味、咸味等滋味成分的消除或掩盖作用有关<sup>[38]</sup>;就红酸汤样品而言,G1酸味响应值最大,M1最小;Y2咸味响应值最大,N1最小,且各样品在酸味和咸味传感器上的响应值与上述理化指标中总酸和食盐含量的测定结果一致。此外,Y1苦味响应值最大与其苦味氨基酸含量最高的结果相符,Y2鲜味响应值最大与其鲜味氨基酸含量最高的结果相符,表明电子舌对红酸汤样品具有较准确客观的滋味评价能力。

### 3 结论

本研究以7种主流的贵州红酸汤为材料,从基础营养、矿物质、功能性成分、有机酸、游离氨基酸及其呈味特征等方面进行较为系统的研究,结果表明:7种贵州红酸汤总酸、氨基酸态氮、还原糖、脂肪、蛋白质含量差异显著(p<0.05);红酸汤属高钾低钠食品,且钙、镁、磷含量相对较高。7种红酸汤有机酸均以乳酸(5.07~11.50 g/kg)含量最高;红酸汤功能性成分丰富,辣椒素、二氢辣椒素、番茄红素、多酚和黄酮含量分别为3.36~12.91 mg/100 g、0.97~3.10 mg/100 g、6.14~13.05 mg/100 g、59.52~92.86 mg GAE/100 g和14.31~58.99 mg RE/100 g。7种贵州红酸汤共检出17种游离氨基酸,其中以Y2样品中总游离氨基酸含量最高(1761.15 mg/100 g)。呈味氨基酸以鲜味和甜味氨基酸占优势,主要呈味贡献为谷氨酸和丙氨酸。电

子舌分析发现,红酸汤的酸味、咸味和苦味响应值较大,与上述理化指标中总酸和食盐含量以及苦味氨基酸含量的测定结果一致。综上所述,这些结果可为贵州红酸汤的品质评价和综合开发提供科学依据。

#### 参考文献:

[1]张璇.贵州“红酸汤”半成品中微生物区系的研究[D].重庆:西南大学,2011.

[2]张东亚.红酸汤发酵工艺优化及品质控制研究[D].贵阳:贵州大学,2018.

[3]成黎.传统发酵食品营养保健功能与质量安全评价[J].食品科学,2012,33(1):280-284.

[4]汤庆莉,杨占南,吴天祥.贵州省苗族发酵型酸汤中特征性成分的初步研究[J].食品工业科技,2005(9):165-166.

[5]熊瑛,寻思颖,孙棣,等.高效液相色谱法测定酸汤中的有机酸[J].中国调味品,2012,37(7):71-73.

[6]鲁青松,徐俐,牟琴,等.凯里红酸汤有机酸的提取及抗氧化活性[J].食品工业,2019,40(2):89-94.

[7]谌小立,袁茂翼,陈文莹,等.4种贵州红酸汤中辣椒碱的提取及含量测定研究[J].中国调味品,2017,42(7):133-136.

[8]余越,黄先静,贺旭,等.4种贵州红酸汤中全反式番茄红素的提取及含量测定[J].中国调味品,2017,42(4):129-133.

[9]鲁杨,王楠兰,李贤,等.凯里红酸汤主要营养和功能成分的分析研究[J].食品研究与开发,2019,40(7):163-166.

[10]黄梅桂,余龙霞,赵静雯,等.甜面酱中氨基酸营养价值及甜味分析[J].中国调味品,2017,42(7):11-15.

[11]Dewanto V, Wu X, Adom K K, et al. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(10):3010-3014.

[12]Shen Y, Jin L, Xiao P, et al. Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size and weight[J]. Journal of Cereal Science, 2009, 49(1):106-111.

[13]王旭,王富华,钟红舰,等.高效液相色谱法测定食品中的辣椒素、二氢辣椒素[J].食品科学,2008(7):378-381.

[14]王延平,梁偲恩.高效液相色谱法测定番茄粉和番茄调味粉中番茄红素[J].中国果菜,2017,37(6):10-15.

[15]Chen D, Zhang M. Non-volatile taste active compounds in the meat of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Food Chemistry, 2007, 104(3):1200-1205.

[16]Zheng B, Liu Y, He X, et al. Quality improvement on half-fin anchovy (*Setipinna taty*) fish sauce by *Psychrobacter* sp. SP-1 fermentation[J]. J Sci Food Agric, 2017, 97(13):4484-4493.

[17]Xie C, Zeng H, Li J, et al. Comprehensive explorations of nutritional, functional and potential tasty components of various types of sufu, a Chinese fermented soybean appetizer[J]. Food Science and Technology, 2019, 39(suppl 1):105-114.

[18]Prakash A, Manley J, DeCosta S, et al. The effects of gamma irradiation on the microbiological, physical and sensory qualities of diced tomatoes[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2002, 63(3):387-390.

(下转第53页)

具有令人愉快的柑橘、柠檬香气,是柑橘类水果、蔬菜和香料植物的天然成分,也是常用的单体香料,广泛用于日化 and 食品等香精配方中,在医药应用中具有良好的镇咳、祛痰、抑菌作用。月桂烯具有令人愉快的清淡的香脂香气,能使人造调配香精具有天然感,但留香时间较短<sup>[11]</sup>;桉叶油醇有樟脑和清凉的药草芳香,香气穿透性强但不持久;芳樟醇具有清新飘逸的花香和木香,稍带有柑橘类果香韵调,柔和透发。花椒的这些特征香味成分作为天然调味料应用于食品加工中,不仅可以去除不愉快的腥杂味,同时可提升食品风味特征。

两种提取方法得到的花椒提取物均为微黄色,按照 GB/T 14454.2-2008《香料香气评定法》评价,两种方法得到花椒提取物的感官特征主要为:具有强有力的辛香和药草芳香,带有木香底蕴、温润的清甜感,稍有樟脑样的凉气,温和而不刺激,穿透力强,留香持久。其中溶解萃取得到的花椒提取物的香气特征樟脑样的清凉香韵更为明显;同时蒸馏萃取得到的花椒提取物的香气特征温润的甜感更为明显。

## 2 结论

采用常温溶剂萃取法和同时蒸馏萃取法对花椒中的挥发性香味成分进行提取,各类挥发性香味成分经气相色谱-质谱法分离、鉴定,共鉴定出 123 种香味成分,其中溶剂萃取法检测出 53 种,同时蒸馏萃取法检测出 110 种,共有成分 40 种。

花椒提取物的主要挥发性成分为柠檬烯、花椒素、月桂烯、胡椒酮、桉叶油醇、芳樟醇等。其香气具有木香和柠檬的辛香香韵,清甜,稍带有樟脑样清凉气,温和而不刺激,留香持久。

### 参考文献:

- [1]林进能.天然食用香料生产与应用[M].北京:中国轻工业出版社,1991:246-252.
- [2]陈茜,陶兴宝,黄永亮,等.花椒香气研究进展[J].中国调味品,2018,43(1):189-194.
- [3]于胜男.花椒的研究概述[J].中国调味品,2012,37(12):10-12.
- [4]毛海舫.天然香料加工工艺学[M].北京:中国轻工业出版社,2012:45-88.
- [5]张博,李小兰,黄世杰,等.不同提取方法对南果梨挥发性香气成分的影响研究[J].化学试剂,2018(8):784-788.
- [6]黄名正,李鑫.肉类产生风味差异的原因初探[J].中国调味品,2018,43(6):53-59.
- [7]罗凯,朱琳,阚建全,等.同时蒸馏萃取法提取花椒挥发油的工艺优化[J].食品与发酵工业,2012(5):209-212.
- [8]王花俊,齐海英,张峻松.黑胡椒精油挥发性成分分析[J].中国调味品,2017,42(12):138-140.
- [9]莫彬彬,万固存,刘毅,等.超临界 CO<sub>2</sub> 萃取九叶青花椒和大红袍花椒挥发油的化学成分分析及香气比较[J].中国调味品,2009,34(3):102-110.
- [10]韩卓涛,王燕,王延云,等.顶空-气相色谱-质谱法分析花椒油中挥发性成分[J].中国调味品,2018,43(6):139-143.
- [11]林翔云.调香术[M].北京:化学工业出版社,2013:20-21.
- [12]邹大维.凯里红酸汤营养成分分析与研究[J].中国调味品,2015,40(5):129-132.
- [13]刘刚,刘育辰,康雪佳,等.苗药大果木姜子总黄酮与糖类成分含量测定[J].安徽农业科学,2017,42(3):141-144.
- [14]葛平珍,王丹,周才琼.不同淀粉源对鲑海椒发酵过程中功能成分的影响[J].食品科学,2015,36(21):191-195.
- [15]古丽努尔·阿曼别克.发酵番茄渣的功能性成分及其对围产期奶牛抗氧化性能的影响[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2017.
- [16]武俊瑞,顾采东,田甜,等.豆酱自然发酵过程中蛋白质和氨基酸的变化规律[J].食品科学,2017,38(8):139-144.
- [17]Tseng Y, Lee Y, Li R, et al. Non-volatile flavour components of *Ganoderma tsugae*[J]. Food Chemistry, 2005, 90(3):409-415.
- [18]陈怡颖,丁奇,赵静,等.鸡汤及鸡肉酶解液中游离氨基酸及呈味特性的对比分析[J].食品科学,2015,36(16):107-111.
- [19]Liu Y, Xu X, Zhou G. Changes in taste compounds of duck during processing[J]. Food Chemistry, 2007, 102(1):22-26.
- [20]Fuke S, Ueda Y. Interactions between umami and other flavor characteristics[J]. Trends in Food Science & Technology, 1996, 7(12):407-411.
- [21]王曜,陈舜胜.野生与养殖克氏原螯虾游离氨基酸的组成及比较研究[J].食品科学,2014,35(11):269-273.
- [22]秦礼康.陈香豆豉耙益生菌菌、风味物及黑色物质研究[D].无锡:江南大学,2006.
- [23]Heyer B R. Monosodium glutamate and sweet taste: generalization of conditioned taste aversion between glutamate and sweet stimuli in rats[J]. Chemical Senses, 2003, 28(7):631-641.

### (上接第 48 页)

- [19]马建伟,郑慧雅,张森发,等.钾钠铁钙镁含量变化与高血压关系的研究[J].广东微量元素科学,2000(4):28-31.
- [20]Cook N R. Joint effects of sodium and potassium intake on subsequent cardiovascular disease[J]. Archives of Internal Medicine, 2009, 169(1):32.
- [21]Huggins C E, O' Reilly S, Brinkman M, et al. Relationship of urinary sodium and sodium-to-potassium ratio to blood pressure in older adults in Australia[J]. Medical Journal of Australia, 2011, 195(3):128-132.
- [22]Obarzanek E, Proschan M A, Vollmer W M, et al. Individual blood pressure responses to changes in salt intake[J]. Hypertension, 2003, 42(4):459-467.
- [23]Chen Y, Strasser S, Cao Y, et al. Calcium intake and hypertension among obese adults in United States: associations and implications explored[J]. J Hum Hypertens, 2015, 29(9):541-547.
- [24]Hedayati S S, Minhajuddin A T, Ijaz A, et al. Association of urinary sodium/potassium ratio with blood pressure: sex and racial differences[J]. Clinical Journal of the American Society of Nephrology, 2012, 7(2):315-322.
- [25]Schmidt C W. Another side of a low-salt diet: reductions in the salinity of drinking water may lower blood pressure[J]. Environmental Health Perspectives, 2017, 125(6):64002.
- [26]于筱雨,方佳兴,向琴,等.响应面法优化郫县豆瓣中有机酸的提取工艺及 HPLC 定量分析[J].食品科学,2019, 40(4):286-291.