

# 不同氨基酸对普洱熟茶呈味物质和香气成分的影响

刘通讯, 凌萌乐

(华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510640)

**摘要:** 氨基酸是普洱茶发酵过程中重要的中间物质, 对普洱茶内含物质的转化和品质都有着重要的影响。本文探讨了在发酵时添加不同氨基酸对普洱熟茶产品的主要呈味物质和挥发性香气成分的影响。结果表明, 添加外源氨基酸组的水浸出物含量在 34.82~39.46% 之间, 茶褐素含量在 6.31~7.17% 之间, 游离氨基酸的含量在 6.31~7.17% 之间, 这三项指标均高于对照组; 茶多酚含量在 7.76~8.73% 之间, 水溶性糖在 3.07~3.89% 之间, 均低于对照组, 咖啡碱含量与对照组相差不大。挥发性香气成分分析表明, 醇类占香气成分的 21.17~25.47%、醛类占 15.64~18.71%、杂氧化合物类占 13.75~17.92%、酯类占 7.17~10.25%, 这几类物质是主要的香气成分; 实验组香气成分中的酯类和杂氧化合物类含量大于对照组, 而它们又是陈年普洱茶的主要的特征香气成分。实验表明外源氨基酸对普洱茶汤中的呈味物质以及香气成分的形成有显著影响, 能加快普洱茶特殊品质的形成。

**关键词:** 普洱茶; 氨基酸; 呈味物质; 挥发性香气成分

文章编号: 1673-9078(2013)9-2199-2205

## Effect of Different Amino Acids on the Flavour and Volatile Aroma Components of Ripe Pu-erh Tea

LIU Tong-xun, LING Meng-le

(College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** Amino acids are important intermediate during fermentation process of Pu-erh tea, and have significant influence on the transformation of tea components and its quality. This article explored the effects of different amino acids on the flavour and volatile aroma components of ripe Pu-erh tea fermented upon the addition of amino acids. The results demonstrated that the contents of water extract, theabrownins and free amino acids were at the range of 34.82~39.46%, 6.31~7.17% and 6.31~7.17%, respectively, higher than those of the control group. The tea polyphenols and water-soluble sugars were at the range of 7.76~8.73% and 3.07~3.89% respectively, lower than those of the control group. No significant difference of caffeine content was observed. The analysis of the volatile aroma components showed that alcohols (21.17~25.47% of the total volatile aroma components), aldehydes (15.64~18.71%), heterocyclic oxygen compounds (13.75~17.92%) and esters (7.17~10.25%) were the main aroma components. The contents of esters and heterocyclic oxygen compounds of experimental groups were higher than that of the control one, and this two kinds of components were the characteristic components of aged Pu-erh aroma. These results showed that exogenous amino acids had significant impact on the formation of flavour components in tea soup and volatile aroma components, and could accelerate the special quality formation of Pu-erh tea.

**Key words:** Pu-erh tea; amino acids; flavour components; volatile aroma components

普洱茶是我国的特色茶种之一, 起源于我国云南古普洱府(今普洱市), 故得名。现主产于西双版纳、昆明、思茅、临沧、下关等地, 是以公认普洱茶区的云南大叶种晒青毛茶为原料, 经过后发酵加工成的散茶和紧压茶。近年来由于其潜在的保健和药用功效被广泛认知, 普洱茶受到越来越多的关注, 其需求也越来越大。传统的普洱茶是在常年贮藏过程中自然发酵陈化而制成, 陈化过程一般需 5 年以上。上世纪 70 年代中期云南的茶叶科技工作者发明了以晒青毛

收稿日期: 2013-05-26

作者简介: 刘通讯, 男, 副教授, 研究方向为粮食、油脂及植物蛋白工程

茶为原料经人工增湿、渥堆后发酵等过程的快速发酵工艺, 用该方法制得普洱茶称为“熟茶”。在渥堆过程中, 普洱茶在湿热、微生物、酶等一系列因素的影响下, 茶叶内部物质发生明显的变化和转化, 从而形成外形色泽红褐, 汤色红浓明亮, 香气独特陈香, 滋味醇厚回甘的特点。

后发酵过程是普洱茶品质形成的关键一步, 它是一系列酶促氧化和微生物活动复杂的变化过程, 优化控制好该过程是生产优质普洱茶的重中之重。目前, 国内外学术界对普洱茶发酵工艺的优化, 发酵过程中理化指标的动态变化, 以及微生物种类及数量的变化

等方面进行了大量的研究,同时也对普洱茶的挥发性香气成分进行了分析与研究,这些研究成果对于普洱茶的生产加工,以及进一步揭示普洱茶品质的形成机理奠定了一定的基础。氨基酸作为普洱茶发酵过程中的重要参与物质,它可以在微生物的作用下或者其自身直接参与美拉德等生化反应影响发酵过程,从而对普洱茶品质的形成有着重要的作用与意义。本文在前期优化出的潮水量、翻堆间期和发酵时间的基础上,通过添加外源氨基酸的方法进行普洱茶的发酵,并对发酵产品的呈味物质和香气成分进行分析对比,以评价外源氨基酸对普洱茶品质的影响,从而通过此方法优化普洱茶的发酵过程,开发新的发酵工艺。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料与amp;仪器

大叶种晒青毛茶(云南腾冲,2011年);谷氨酸、甘氨酸、赖氨酸、亮氨酸、丙氨酸和苯丙氨酸,上海伯奥生物科技有限公司;其他试剂均为分析纯。

ESJ200-4电子分析天平,上海精科电子有限公司;UV752N型分光光度计,上海棱光技术有限公司;富华420型三用水箱,金坛市富华仪器有限公司;DHG90A电热恒温鼓风干燥箱,上海索普仪器有限公司;循环水式真空泵,巩义市予华仪器有限责任公司。

### 1.2 实验材料制作方法

加水增湿至茶堆含水量为45%,实验组加入干茶重量0.6%的相应氨基酸<sup>[1]</sup>,对照组(CK)不添加氨基酸。然后进行实验室模拟渥堆发酵,渥堆过程中,每6 d进行一次翻堆,共翻堆3次,发酵19 d后取样平摊晾干,晾干后测量指标和进行香气成分的测定。(实验进行时间2012年9月~12月,环境温度为17℃~26℃)。

### 1.3 指标测定

水浸出物含量测定:GB/T 8305-2002;茶多酚的测定:GB/T 8313-2002;游离氨基酸总量的测定:茚三酮比色法;茶褐素的测定:比色系统分析法;咖啡碱含量测定:GB/T 8312-2002;总水溶性糖测定:蒽酮比色法。

### 1.4 香气成分分析方法

#### 1.4.1 同时蒸馏-萃取法(SDE)提取香气成分

准确称取粉碎茶样50 g置于1000 mL圆底烧瓶中,加入300 mL去离子水浸泡,接至同时蒸馏-萃取装置的一端,控制温度保持微沸状态。另取二氯甲烷50 mL置

于250 mL单颈圆底烧瓶中,接在同时蒸馏-萃取装置的另一端,用电热套加热,两边达到平衡回流稳定后,保持萃取2 h,二氯甲烷萃取液用无水硫酸钠脱水干燥,-4℃冰箱中静置过夜后过滤,氮吹仪挥发溶剂,浓缩得1 mL具有浓郁香味的淡黄色透明液体,过0.45 μm膜,用气质联用仪进行检测。

#### 1.4.2 GC-MS色谱条件

气相色谱条件:GC条件:采用HP-5MS弹性石英毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm);进样口温度为220℃;载气为高纯氦气,纯度>99.999%,流速1 mL/min;柱温起始为50℃,以5℃/min速度升至150℃,保持2 min,以5℃/min速度升至180℃,保持2 min,再以5℃/min速度升至230℃,保持7.5 min,最后以3℃/min速度升至280℃,保持5 min;分流比:10:1进样。质谱条件:轰击电子能量:70 eV,电子源电离方式:EI,离子源温度:200℃,进样量:1 μL,扫描范围:29~550 amu,扫描方式:全扫描。

#### 1.4.3 定性和定量方法

按上述分析条件对香气成分进行气相色谱-质谱分析,将各色谱峰对应的质谱图利用Wiley及NIST两个计算机谱库,对得到的质谱图进行串联检索,并与文献值对照相结合进行人工解析,再结合保留时间、质谱、实际成分和保留指数等参数,并参考有关茶叶芳香物质成分的分析结果(tR值)进行组分比较鉴定,并对部分成分进行标准物质对照,同时对总离子流量(TIC)用峰面积归一化定量,得到各组分的相对含量。

### 1.5 数据分析

用Microsoft Excel 2007对数据进行处理与作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同氨基酸对普洱茶发酵产品呈味物质

的影响

普洱茶的滋味成分主要是多酚类及其衍生物(主要是茶多酚和茶褐素)、含氮化合物(主要是氨基酸和咖啡碱)和糖类化合物等<sup>[2]</sup>。这些成分的综合协调配比形成了普洱茶陈醇微涩的滋味。它们含量的多少对于茶汤滋味的形成有着重要的意义。本身是呈味物质的氨基酸能够参与发酵过程中儿茶素的氧化和美拉德反应等,对普洱茶滋味和色泽的形成都起着非常重要的作用。本实验比较了添加不同氨基酸渥堆发酵的普洱熟茶中呈味物质的差异,探索外源氨基酸对普洱熟茶滋味的影响。

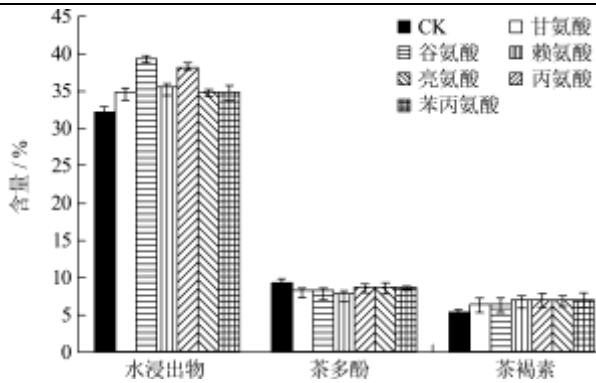


图1 添加不同氨基酸发酵的普洱茶水浸出物、茶多酚和茶褐素含量

Fig.1 Contents of water extract, tea polyphenols, and theabrownins of Pu-erh tea fermented with different amino acids

茶叶的水浸出物是评价茶品质的综合性指标，一般水浸出物含量越高，茶的品质越好<sup>[3]</sup>。由图1可知，对照组（CK）的水浸出物量为32.16%，实验组水浸出物含量介于34.82~39.46%，说明添加外源氨基酸能够增加茶叶水浸出物的量，提高茶叶的品质。实验组茶多酚的含量在7.76~8.73%之间，低于对组的9.34%，这可能与氨基酸能够加快多酚类物质的转化有关。多酚类物质在湿热、微生物作用下发生酶促和非酶促氧化，先被氧化成邻醌，而氨基酸可被生成的邻醌氧化，脱去氨基和羰基形成相应的挥发性醛类，这是茶汤香气物质的来源之一。同时多酚类物质也是影响普洱茶品质的主要因素之一，其具有较强的苦味，收敛性强，也是回甘、生津的主要物质，所以其含量应该处于适中状态才能使茶汤滋味饱满。茶褐素是普洱茶中十分独特的品质成分，直接决定着普洱茶的品质<sup>[4]</sup>，由图1可知，实验组茶褐素含量在6.31~7.17%之间，均大于对照组的5.32%，说明外源氨基酸可以增加茶褐素的积累，其途径可能是氨基酸通过酶促和非酶促反应参与茶褐素的生成<sup>[5]</sup>。

影响茶叶滋味的重要物质还有游离氨基酸、水溶性糖和咖啡碱，其中游离氨基酸、咖啡碱是茶汤的鲜爽味的主要来源，水溶性糖是茶叶中的主要甜味成分。由图2可知，实验组茶汤的游离氨基酸含量在3.107~3.964%之间，均高于对照组的2.324%。氨基酸在茶叶加工中具有重要的作用，它能够与多酚类的儿茶素在热化作用下转化为醇、醛、内酯类等物质，从而降低苦涩味，增加茶汤的鲜浓味。在普洱茶发酵过程中，外源氨基酸能被微生物利用或者参与茶叶内部物质的转化，从而起到替代茶叶内部氨基酸的作用，增加其相对含量。实验组的水溶性糖含量在3.074~3.895%之间，低于对照组的4.172%，这可能是

由于外源氨基酸能够增加茶叶发酵过程中的羰氨反应，从而使糖类含量减少，羰氨反应所产生的一系列产物，如呋喃类衍生物、二羰基化合物、还原酮类等，在氨基酸和蛋白质的存在下可随机聚合，聚合作用早期产物是水溶性色素，后期却是非水溶性色素，非水溶性色素参与叶底色泽组成。并且氨基酸与还原糖在发酵时进行美拉德反应及焦糖化作用是产生茶叶特殊香气及茶汤水色褐化的原因之一<sup>[6]</sup>。实验组和对照组的咖啡碱含量处于5.22~5.86%之间，它们之间的差异不明显，由于嘌呤碱系杂环化合物其环状结构比较稳定，微生物利用较为困难，或者较难与其他物质结合或转化<sup>[7]</sup>，所以外源氨基酸对其影响不大。

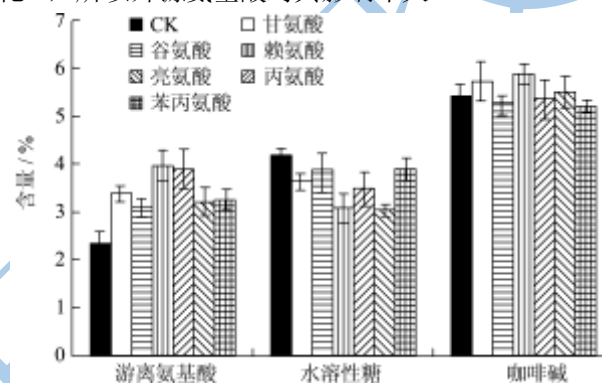
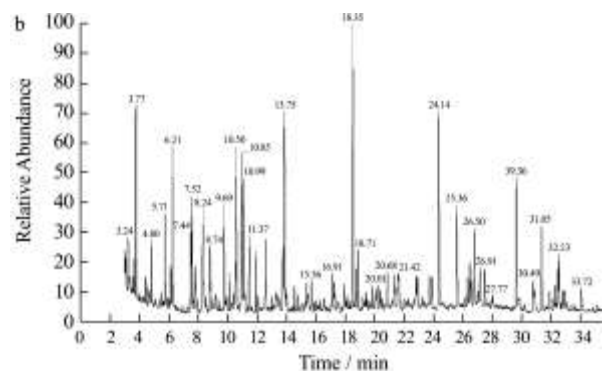
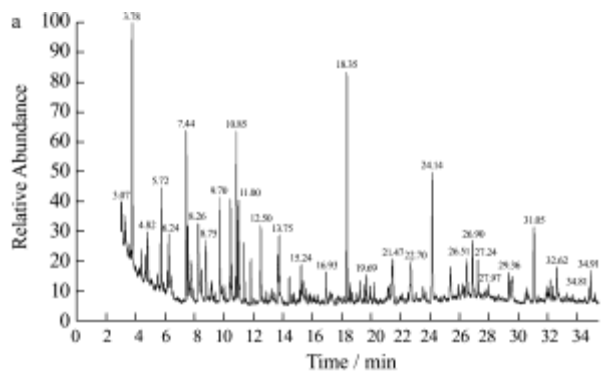


图2 添加不同氨基酸发酵的普洱茶游离氨基酸、水溶性糖和咖啡碱含量

Fig.2 Contents of free amino acids, water-soluble sugar and caffeine of Pu-erh tea fermented with different amino acids

## 2.2 不同氨基酸对普洱茶香气物质的影响



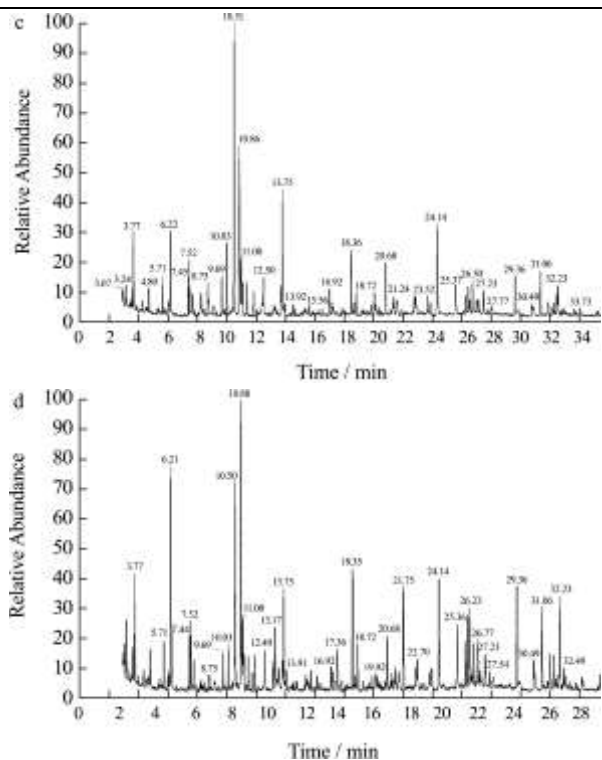


图3 对照组 (a) 和实验组甘氨酸 (b)、谷氨酸 (c)、亮氨酸 (d) 的总离子流图

Fig.3 Total ion chromatogram of aroma compounds of CK(a) and experimental group (Glycine(b), Glusate(c), and Leucine(d))

根据感官评价及氨基酸的分类等条件选择甘氨酸、谷氨酸和亮氨酸这三种氨基酸,采用 SDE-GC-MS 法分析普洱茶的香气成分,香气成分的 GC-MS 总离子流图见图 3。

实验组鉴定出 105~113 种香气物质,对照组检测出 98 种香气物质。添加不同氨基酸处理茶样与空白对照香气成分的种类,数量及含量均有明显的差异。表

表 1 添加不同氨基酸发酵的普洱茶的主要香气成分及其相对含量/%

Table 1 Aromatic components and relative contents in Pu-erh teas fermented with different amino acids

成分	保留时间	化学式	香气特征	CK	甘氨酸	谷氨酸	亮氨酸
吡咯	3.24	C <sub>4</sub> H <sub>5</sub> N	焦糖香	0.32	1.44	1.07	1.94
异戊烯醛	3.65	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O	青草气味	0.66	0.98	1.01	0.85
己醛	3.77	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	青草及苹果香	3.47	3.32	2.92	2.46
青叶醛	4.81	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O	青草香	1.56	1.35	1.38	0.98
庚醛	5.71	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O	果香	2.58	1.83	1.94	1.19
乙酸反式-2-己烯酯	5.75	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	青草气味	0.32	0.62	0.48	1.13
2,5-二甲基吡嗪	6.08	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> N <sub>2</sub>	坚果和巧克力香	0.06	1.32	0.73	0.85
5-甲基糠醛	6.21	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	香甜香	2.25	3.49	3.28	5.18
苯甲醛	7.52	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O	苦杏仁气味	2.84	1.79	1.82	1.45
(S)-α-松油醇	7.75	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	樟脑味和辛辣味	2.05	1.41	1.04	1.18
2,2,6-三甲基环己酮	9.17	C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> O	陈旧香气	-	0.69	0.49	0.25

转下页

1 列出了检测到的主要的香气物质,主要为: 醛类 (包括己醛、庚醛、5-甲基糠醛、壬醛、α-环柠檬醛、臧红花醛、青叶醛、2,6,6-三甲基-1-环己烯-1-乙醛、β-环柠檬醛、2-苯基-2-丁烯醛、铃兰醛等), 醇类 (包括芳樟醇、(S)-α-松油醇、1-甲基环庚醇、α-萜品醇、对乙基苯甲醇、白檀醇、反式-橙花叔醇、柏木醇等), 酮类 (包括 2,2,6-三甲基环己酮、异佛尔酮、2,6,6-三甲基-环己烯-1,4-二酮、2,6,6-三甲基-2,4-环庚二烯-1-酮、6-庚基四氢-2H-吡喃-2-酮、香叶基丙酮、紫罗兰酮、2-十三烷酮、5-甲基-2-异丙基-环己烯酮等), 酯类 (包括 2-甲基戊酸甲酯、乙酸香叶酯、乙酸反式-2-己烯酯、(1-羟基-2,4,4-三甲基戊-3-基) 2-甲基丙酸酯、三环癸烷羧酸乙酯等), 杂氧化合物类 (包括 3,4-二甲氧基甲苯、1,2,3-三甲氧基苯、4-乙基-1,2-二甲氧基苯、3,4,5-三甲氧基甲苯等), 含氮类 (包括吡咯、2,5-二甲基吡嗪等) 以及烃类 (包括: 甘菊蓝、β-榄香烯、佛术烯、α-柏木烯等)。其中一些形成普洱茶特殊陈香的物质如臧红花醛, 实验组相对百分含量高于对照组 80.1~85.3%, 壬醛相对含量高于对照组 46.1~59.5%, 杂氧化合物如 1,2,3-三甲氧基苯相对含量高于对照组 80.4~85.2%, 3,4,5-三甲氧基甲苯高于对照组 60.2~73.6%, 芳樟醇相对含量高于对照组 1.8~27.1%。单萜醇, 如苯乙醇和芳樟醇等, 能够在微生物胞外酶的作用下, 由他们的苷类物质的水解而生成, 这些苷类物质是形成普洱茶香气的前体物质<sup>[8]</sup>, 在本实验中, 实验组芳樟醇含量均大于对照组, 并且不同实验组之间也有差异, 这可能是由于不同氨基酸对微生物的种类及生长代谢影响不同, 所以其香气物质的种类和数量也不一样。

接上页

苯乙醛	9.69	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	玉簪花香	2.33	1.26	1.79	1.56
3,4-二甲氧基甲苯	10.51	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	陈香	1.19	3.09	3.54	3.35
芳樟醇	10.85	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	陈香	4.28	4.36	5.19	5.89
壬醛	10.99	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	陈香	2.18	2.91	1.54	1.48
1-甲基环庚醇	11.37	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O		0.95	1.14	0.44	0.02
α-环柠檬醛	11.51	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	果香和清香	1.05	0.89	0.56	0.75
异佛尔酮	11.81	C <sub>9</sub> H <sub>14</sub> O	樟脑气味	2.07	1.36	1.12	1.07
2,6,6-三甲基-环己烯-1,4-二酮	12.49	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	新茶香	2.45	2.29	2.02	1.47
藏红花醛	12.87	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	木香和清香	0.17	1.16	0.99	0.85
甘菊蓝	13.66	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	菊花香	2.59	1.46	1.12	0.73
α-萜品醇	13.75	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	紫丁香香	1.89	2.85	2.50	2.13
2-甲基戊酸甲酯	14.22	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	清香和果香	0.96	0.59	0.72	0.22
2,6,6-三甲基-1-环己烯-1-乙醛	15.35	C <sub>11</sub> H <sub>18</sub> O		1.18	0.74	2.02	0.23
乙酸香叶酯	15.77	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	柠檬香	0.87	0.68	0.95	0.79
2-苯基-2-丁烯醛	16.01	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	霉香和花香	0.33	0.54	0.25	0.54
1,2,3-三甲氧基苯	16.91	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	陈香	0.36	1.95	2.26	1.79
(1-羟基-2,4,4-三甲基戊-3-基) 2-甲基丙酸酯	17.36	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>3</sub>		1.18	1.82	1.32	1.63
4-乙基-1,2-二甲氧基苯	17.74	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	陈香	1.79	2.63	1.98	2.13
6-庚基四氢-2H-吡喃-2-酮	18.14	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	奶油香和果香	0.76	0.53	0.05	0.26
β-榄香烯	18.35	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	烟草香	6.73	4.11	2.82	3.29
铃兰醛	18.71	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub> O	百合香	0.85	1.57	1.30	1.52
对乙基苯甲醇	19.05	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O		0.69	0.43	0.33	0.42
3,4,5-三甲氧基甲苯	19.22	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub>	陈香	0.51	1.94	1.50	1.29
佛术烯	19.31	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	檀香	0.36	0.56	0.20	0.47
alpha-柏木烯	19.46	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	柏木香和檀香	0.21	0.60	0.28	0.48
香叶基丙酮	20.21	C <sub>13</sub> H <sub>22</sub> O	果香和木香	1.35	1.07	0.59	0.25
白檀醇	20.68	C <sub>14</sub> H <sub>24</sub> O	檀香和木香	1.12	1.12	2.51	1.72
紫罗兰酮	21.24	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O	木香和紫罗兰香	0.84	1.10	1.05	0.79
三环癸烷羧酸乙酯	21.42	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	果香和木香	2.35	2.98	1.46	1.19
2-十三烷酮	21.46	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O	果香和甜香	0.54	0.94	1.45	4.01
反式-橙花叔醇	23.51	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	甜香和花香	2.25	1.26	1.18	1.16
5-甲基-2-异丙基-环己烯酮	24.14	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	樟脑薄荷香	4.45	5.77	3.13	3.67
柏木醇	25.36	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	柏木香	2.89	3.30	1.97	2.46
合计				69.83	77.24	66.55	66.95

注：表中数值是指该香气成分气相色谱峰面积占所解出香气成分色谱峰总面积的相对百分含量，下同。

表 2 添加不同氨基酸发酵的普洱茶中不同种类的香气成分的相对含量比较/%

Table 2 Comparison of relative contents of different aroma compounds species in Pu-erh teas fermented with different amino acids

	醇类	醛类	酮类	酯类	醚类	杂氧化合物	含氮类	碳氢化合物
CK	25.48	17.30	11.26	7.17	2.48	13.75	1.29	20.58
甘氨酸	23.11	17.87	12.31	7.82	1.81	17.92	4.40	15.44
谷氨酸	21.18	18.71	11.61	8.47	2.33	16.07	3.79	17.84
亮氨酸	22.02	15.64	11.48	10.25	1.95	15.31	4.47	18.87

由表 2 可知，同 CK 对比，实验组醇类香气物质的相对百分含量在 21.17~23.11%，碳氢化合物的相对

含量在 15.44~18.87%，分别低于对照组的 25.47% 和 20.58%，实验组酮类相对含量（11.48~12.31%）、酯类（7.82~10.24%）和杂氧化合物（15.31~17.92%），分别高于对照组的 11.26%、7.17% 和 13.74%。对照组主要香气成分为  $\beta$ -榄香烯（6.73%）、芳樟醇（4.28%）和 5-甲基-2-异丙基-环己烯酮（4.45%）；实验组主要香气成分为芳樟醇（4.36~5.89%）、3, 4-二甲氧基甲苯（3.09~3.53%）和 5-甲基-2-异丙基-环己烯酮（3.12~5.76%）。有研究表明在普洱茶的后发酵过程中，在湿热和微生物的作用下，没食子酸的羟基被甲基代替，从而生成甲氧基苯和与其结构类似物质的混合物<sup>[9]</sup>。吕海鹏等<sup>[10]</sup>研究表明在普洱茶的发酵过程中醇类成分和碳氢化合物成分的含量处于一直降低状态，而酯类和杂氧化合物的成分则显著增加，导致这种变化的原因可能在渥堆的高温环境下，化学成分自身的氧化还原反应以及微生物的生物转化等。虽然醇类和碳氢化合物含量随着发酵过程会有所降低，但是在对普洱茶香气成分的研究表明，甲氧基酚类、醇类和烃类是香气成分中最主要的化学物质<sup>[11]</sup>。本研究发现，实验组在发酵前期的温度（45~52℃）均高于对照组（40~44℃），所以能促进茶叶香气物质由醇类和烃类向酯类和杂氧类的转化，但是由于香气物质的形成和转化较为复杂，其机理有待进一步探究。实验组含氮类的香气成分明显高于对照组，这表明外源氨基酸能够与参与含氮类香气物质的形成，从而增加其含量，含氮类香气成分大多具有焦香、甜果香或者类似氨气的刺激气味，这类成分所占比例不高，但是对总体香气起着补充和改善的作用，从而形成特殊的香味特征。

香气的前提物质主要有茶鲜叶中所含有的萜烯类、芳香烃及其氧化物、类胡萝卜素、氨基酸类、糖类等以及加工过程中形成香气的必须酶类。实验所用的原料晒青毛茶由于含有大量的己烯醛，使其具有类似青草的气味，此外，一些醛类、酮类和苯烯类增加了茶原料的厚重感和陈香味，这些物质在发酵过程中都会大量减少；而具有类似花香的单萜醇类会有所增多<sup>[12]</sup>。普洱茶的香气成分大多是在后发酵过程中形成的，晒青毛茶经渥堆后苦涩味有所收敛，而陈香等特征香味显现，这与发酵过程中内含物质的一系列动态变化有关。在发酵过程中，糖和酵母反应生成的醇类和醛类，这些化合物与茶多酚、生物碱的中间产物邻醌结合后，再与茶叶中的有机酸反应，从而形成带有香味的酯类化合物，并且茶原料所含有的具有高挥发性组分会减少，而甲氧基化合物含量会有所增多<sup>[13]</sup>；同时，氨基酸与糖结合形成的糖胺化合物，始终贯穿

于普洱茶香味形成过程，所以外源氨基酸通过参与酯类等香气成分的形成，对普洱茶特征香味的形成具有推动作用。

### 3 结论

3.1 水浸出物、茶多酚等茶叶中的主要呈味物质的多少决定着茶的滋味，与茶叶的品质有极大的相关性。本实验表明添加外源氨基酸发酵的普洱茶产品，这些呈味物质的指标含量均达到市售普洱茶的水平，并且实验组同对照组相比，有些指标的变化特点明显，如茶多酚的含量均低于对照组，茶褐素的含量高于对照组，这与氨基酸参与多酚类的转换和茶褐素的积累有关，而这些对于实验组产品滋味醇和，色泽红亮的品质有着重要的关系。

3.2 对实验组和对照组的香气分析表明，香气成分以醇类、醛类和杂氧化合物为主，不同于林夏丹<sup>[14]</sup>、吕海鹏<sup>[15]</sup>等人研究的主要以甲氧基苯类为主要香气成分，这可能是由于甲氧基苯类的形成需要长时间的渥堆或者储藏过程，但是本实验仅渥堆发酵 19 d 即可形成相似的陈香，这与香气成分中其他具有陈香的醇类、醛类和酯类有关，同时也说明了外源添加氨基酸发酵的普洱茶形成特征香气的成分更为复杂和多样。由以上的分析可知外源氨基酸对普洱茶滋味和香气的形成具有推动作用，这对缩短普洱茶茶发酵周期，控制发酵环境，提高产品质量具有重要意义。

### 参考文献

- [1] 张秀秀,外源氨基酸和糖对普洱生茶品质的影响[D].广州:华南理工大学硕士论文,2011  
Zhang xiuxiu. Effect of amino acids and sugars on the quality of Pu-er tea [D]. Guangzhou: Master's Thesis in South China university of Technology, 2011
- [2] 杨巍.普洱茶滋味成分及其与品质的关系[J].亚热带农业研究,2007,3(3):225-229  
YANG Wei. Taste components of Pu-erh tea and its relationship with quality [J]. Subtropical Agriculture Research, 2007, 3(3): 225-229
- [3] 何青元,张亚萍,王平盛.云南普洱茶感官品质与内含成分关系研究[J].中国农学通报,2009,25(11):38-41  
He Qingyuan, Zhang Yaping, Wang Pingsheng. Study on the Relationship between Sensory Quality and Inner Components of Pu-erh Tea in Yunnan Province [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2009, 25(11): 38-41
- [4] 龚加顺,周红杰,张新富,等.云南晒青绿毛茶的微生物固态发酵及成分变化研究[J].茶叶科学,2005,3(4):126-132

- GONG Jia-shun, ZHOU Hong-jie, ZHANG Xin-fu, et al. Changes of Chemical Components in Pu-erh Tea Produced by Solid State Fermentation of Sundried Green Tea [J]. Journal of Tea Science, 2005, 3(4): 126-132
- [5] 龚加顺,陈一江,彭春秀,等.普洱茶发酵过程中不同添加物对茶褐素及其形成机制的影响[J].茶叶科学,2010,30(2): 101-108
- GONG Jia-shun, CHEN Yi-jiang, PENG Chun-xiu et al. Effect of Different Additives on the Theabrownin and Its Formation Mechanism during Pu-erh Tea Fermentation [J]. Journal of Tea Science, 2010, 30(2): 101-108
- [6] 刘霞林.茶叶中糖类研究进展[J].茶叶,2004,27(3):27-28
- LIU Xia-lin. Advances in Carbohydrate research in tea [J]. FUJIAN CHAYE, 2004, 27(3): 27-28
- [7] Jiménez R, López-Sepúlveda R, Kadmiri M, et al. Polyphenols restore endothelial function in DOCA-salt hypertension: Role of endothelin-1 and NADPH oxidase [J]. Free Radical Biology and Medicine, 2007, 43(3): 462-470
- [8] K Sakata, N Watanabe. Importance of glycosides as alcoholic aroma precursors in plants: molecular basis of alcoholic aroma formation in tea and flowers [J]. J. Appl. Glycosci., 1998, 45(2): 123-129
- [9] Kawakami M, Kobayashi A, Yamanishi T, et al. Flavor constituents of microbial-fermented teas Chinese-Zhuan-cha and Koku-cha [J]. Nippon Nogeikagaku Kaishi, 1987, 61, 457-465 (in Japanese)
- [10] 吕海鹏,钟秋生,王力,等.普洱茶加工过程中香气成分的变化规律研究[J].茶叶科学,2009,29(2):95-101
- LV Hai-peng, ZHONG Qiu-sheng, WANG Li, et al. Study on the Change of Aroma Constituents During Pu-erh Tea Process [J]. Journal of Tea Science, 2009, 29(2): 95-101
- [11] Hai-Peng Lv, Qiu-Sheng Zhong, Zhi Lin, et al. Aroma characterisation of Pu-erh tea using headspace-solid phase microextraction combined with GC/MS and GC-olfactometry [J]. Food Chemistry, 2012,130(4):1074-1081
- [12] X Xu, M Yan, Y Zhu. Influence of Fungal Fermentation on the Development of Volatile Compounds in the Puer Tea Manufacturing Process [J]. *Engineering in Life Sciences*, 2005, 5(4): 382-386
- [13] Xungang Gu, Zhengzhu Zhang, Xiaochun Wan, et al. "Simultaneous Distillation Extraction of Some Volatile Flavor Components from Pu-erh Tea Samples-Comparison with Steam Distillation-Liquid/Liquid Extraction and Soxhlet Extraction," [J]. International Journal of Analytical Chemistry, vol. 2009, Article ID 276713, 6 pages, 2009. doi: 10.1155/2009/276713
- [14] 林夏丹,李中皓,刘通讯.不同酶处理对普洱茶香气成分的影响研究[J].现代食品科技,2008,24(5):420-423
- LIN Xia-dan, LI Zhong-hao, LIU Tong-xun. Effects of Enzymatic Treatments on the Aromatic Components of Puer Tea [J]. Modern Food Science and Technology, 2008, 24(5): 420-423
- [15] 吕海鹏,钟秋生,林智.陈香普洱茶的香气成分研究[J].茶叶科学,2009,29(3):219-224
- LV Hai-peng, ZHONG Qiu-sheng, LIN Zhi. Study on the Aroma Components in Pu-erh Tea with Stale Flavor [J]. Journal of Tea Science, 2009, 29 (3): 219-224

## 欢迎订阅 EI 收录期刊、中文核心期刊 《现代食品科技》

邮发代号：46-349 刊号：ISSN 1673-9078/CN 44-1620

每期定价 15 元，全年 12 期仅 180 元。欢迎食品及相关行业的机构和科学工作者到各地邮局订阅，并踊跃投稿或建立广告宣传 and 产学研合作关系。

地址：广州五山华南理工大学轻工与食品学院麟鸿楼 508，邮编：510640

电话：020-87112373, 87113352, 87112532

E-mail: xdspkj9@qq.com