

γ -氨基丁酸速溶茶最佳浸提参数研究

许勇泉, 尹军峰, 谭俊峰, 袁海波, 林 智*

(国家茶产业工程技术研究中心, 中国农业科学院茶叶研究所, 浙江 杭州 310008)

摘 要: 以总固形物、茶多酚及 γ -氨基丁酸的浸提得率, 以及茶汤色差 L 、 a 、 b 值、浊度和感官品质(汤色、香气和滋味)为评价指标, 采用单因素和正交试验优化 γ -氨基丁酸速溶茶浸提参数。采用SPSS 13.0软件进行数据处理分析。结果表明, γ -氨基丁酸速溶茶最优浸提参数为浸提温度60℃、浸提时间20min; 原料为 γ -氨基丁酸烘青绿茶。

关键词: γ -氨基丁酸速溶茶; 浸提; 正交试验

Optimal Infusion Conditions for γ -Aminobutyric Acid Instant Tea

XU Yong-quan, YIN Jun-feng, TAN Jun-feng, YUAN Hai-bo, LIN Zhi*

(Engineering Research Center for Tea Processing, Tea Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310008, China)

Abstract: One-factor-at-a-time and orthogonal array design were employed to optimize water temperature, infusion time and tea type (pan fried green, roasted green or green leaves) for γ -aminobutyric acid instant tea based on total solid yield, the contents of tea polyphenols and γ -aminobutyric acid in tea infusion, color parameters L , a and b , turbidity and sensory quality (color, aroma and taste). Data analysis with SPSS 13.0 software showed that the optimal infusion conditions for γ -aminobutyric acid instant tea were 20 min infusion of roasted green tea with 60 °C water.

Key words: γ -aminobutyric acid instant tea; infusion; orthogonal array design

中图分类号: TS278

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)12-0032-04

doi:10.7506/spkx1002-6630-201312007

γ -氨基丁酸(GABA)是一种非蛋白质组成的天然氨基酸, 在动物、植物和微生物中均有存在。有研究表明, γ -氨基丁酸具有降低血压及调节心血管活动、调节生殖功能及激素分泌、促进睡眠、改善脑血管及神经功能、治疗癫痫与抗惊厥等方面的功能^[1-3], 因此, 近年来 γ -氨基丁酸成为关注的热点, 被广泛地应用于医药、保健食品及农产品等行业。

1987年, 日本农林水产省蔬菜茶叶试验场首次开发成功 γ -氨基丁酸茶, 要求 γ -氨基丁酸含量必须达到1.5mg/g以上, 比一般普通绿茶中 γ -氨基丁酸含量提高20~30倍^[4], 国内科研单位也分别采用厌氧处理、红外线照射、微波照射、叶面喷施外源氨基酸等方法^[5-7]生产 γ -氨基丁酸茶。有研究报道, 高等植物中的 γ -氨基丁酸主要由L-谷氨酸经脱羧反应产生, 此反应由L-谷氨酸脱羧酶(glutamate decarboxylase, GDC)催化^[8-9], 因此茶叶中的谷氨酸是 γ -氨基丁酸茶的主要来源^[10-11]。目前, γ -氨基丁酸茶已分别开发成 γ -氨基丁酸绿茶、 γ -氨基丁酸乌龙茶、 γ -氨基丁酸红茶、 γ -氨基丁酸超微茶粉、 γ -氨基丁

酸速溶茶等产品。本实验在 γ -氨基丁酸绿茶的基础上, 从原料、浸提条件等角度对 γ -氨基丁酸速溶茶加工技术参数进行优化, 旨在为 γ -氨基丁酸速溶茶产品的开发提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

γ -氨基丁酸茶, 加工于江苏鑫品茶业有限公司, 茶叶经过特定处理后, 分别按照烘青和炒青的加工工艺加工成绿茶, 加工过程中产生的碎片形成茶片。

γ -氨基丁酸、茶氨酸等氨基酸组分(均为分析纯)西格玛奥德里奇(上海)有限公司; 纯净水 杭州娃哈哈集团有限公司。

Milli-RO PLUS 30 纯水机 法国Millipore公司; UV2550紫外-可见分光光度计 日本岛津公司; 2469 series高效液相色谱仪 美国Waters公司; CT-310色彩色差计 上海美能达公司。

收稿日期: 2012-06-01

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-23); 科技部农业科技成果转化资金项目(2010GB23260569)

作者简介: 许勇泉(1983—), 男, 助理研究员, 硕士, 主要从事茶叶加工研究。E-mail: yqx33@126.com

*通信作者: 林智(1965—), 男, 研究员, 博士, 主要从事茶叶加工研究。E-mail: linz@mail.tricaas.com

1.2 方法

1.2.1 试验设计

首先进行单因素试验(浸提温度和时间),以 γ -氨基丁酸炒青绿茶为原料,分别按照不同浸提温度(40、50、60、70、80℃)和浸提时间(10、15、20、30、40min)加工成速溶绿茶,比较不同浸提温度、时间对 γ -氨基丁酸速溶茶浸提液浊度、总固形物含量、茶多酚含量、氨基酸含量、外观颜色(L 、 a 、 b 值)、感官品质的影响。

在单因素试验的基础上采用 $L_9(3^3)$ 正交试验设计,因素水平随机编号(表1),具体试验设计如表2所示,实验重复3次,结果以3次测定的平均值表示。

表1 正交试验因素水平表

Table 1 Coded levels for factors used in orthogonal array design

水平	A温度/℃	B时间/min	C原料
1	60	20	烘青
2	70	30	炒青
3	80	40	茶片

表2 正交试验设计

Table 2 Orthogonal array design and results

因素	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	1	1	1	2	2	2	3	3	3
B	1	2	3	1	2	3	1	2	3
C	1	2	3	2	3	1	3	1	2

1.2.2 检测方法

1.2.2.1 常规成分测定

水分:按GB 8304—1987《茶:水分测定》进行;茶多酚采用酒石酸亚铁比色法;氨基酸总量采用茚三酮比色法;氨基酸组分采用氨基酸自动分析仪;茶汤总固形物含量测定采用国际标准化法^[12]。

1.2.2.2 浸提液色差测定^[13]和浊度测定

浸提液汤色采用色差计测定,以双蒸水为对照,鲜茶汁色差采用 ΔL 、 Δa 和 Δb 表示, L 值表示亮度(明度); a 在正值时表示红的程度,在负值时表示绿的程度; b 在正值时表示黄的程度,在负值时表示蓝的程度。浸提液浊度采用光电浊度计测定,浊度是反映浸提液澄清度的一种表达方式,浊度越大,澄清度越低。

1.2.2.3 浸提液感官品质审评方法

茶汤按不同比例稀释至同一浓度,审评小组由4个具有茶叶中级审评资格以上的专业审评员组成,采用密码审评方法,评分标准参见季玉琴^[14]、松井阳吉^[15]等茶饮料品质评定方法,品质因子的权数分别为汤色30%、香气30%、滋味40%。

1.2.3 数据分析

数据采用SPSS 13.0软件进行分析处理,每个处理重复2次。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 浸提温度对茶汤品质成分及得率的影响

γ -氨基丁酸炒青绿茶经不同温度浸提后,浸提液理化指标及感官品质存在较大差异(表3)。随着浸提温度的升高,pH值略有增加;浸提液浊度差异显著,呈逐步增加的趋势;总固形物含量差异显著,呈逐步增加的趋势;茶多酚及氨基酸含量也呈逐步增加的趋势;40、50℃及60℃ 3个温度之间茶多酚含量差异不显著,而60、70℃及80℃ 3个温度之间氨基酸含量差异不显著;浸提液 L 值呈逐步下降的趋势, a 值呈增加的趋势, b 值没有明显变

表3 不同浸提温度对 γ -氨基丁酸茶浸提液理化及感官品质的影响

Table 3 Effect of water temperature on physiochemical and sensory properties of tea infusion

温度/℃	pH	浊度/NTU	总固形物含量/(mg/mL)	茶多酚含量/(mg/mL)	氨基酸含量/(mg/mL)	L	a	b	汤色	香气	滋味	总分
40	5.83±0.00 ^a	48.58±4.77 ^a	5.50±0.24 ^a	2.22±0.18 ^a	0.46±0.01 ^a	91.62±0.81 ^a	-9.15±0.15 ^a	24.75±0.01 ^a	黄绿较亮	尚高	醇尚爽	90.10±1.41 ^a
50	5.81±0.00 ^b	64.15±5.03 ^b	6.35±0.57 ^b	2.41±0.06 ^a	0.49±0.01 ^a	90.00±0.12 ^a	-9.34±0.31 ^a	27.45±1.77 ^b	黄绿较亮	略熟	浓醇带苦	85.20±0.42 ^b
60	5.79±0.01 ^a	81.63±10.30 ^c	7.47±0.07 ^c	2.49±0.02 ^a	0.62±0.01 ^b	89.48±1.99 ^a	-9.12±0.28 ^a	26.91±0.47 ^b	绿黄较亮	带熟	尚浓醇带苦	85.95±0.35 ^b
70	5.85±0.01 ^b	102.38±8.51 ^d	8.01±0.07 ^d	2.81±0.06 ^b	0.68±0.03 ^b	86.59±0.04 ^b	-8.27±0.07 ^b	24.38±0.40 ^a	绿黄尚亮	带熟闷	尚醇和带熟	84.30±1.84 ^b
80	5.84±0.02 ^b	112.40±4.95 ^d	8.57±0.25 ^c	3.02±0.08 ^c	0.73±0.02 ^b	87.02±0.39 ^b	-8.23±0.18 ^b	25.28±0.85 ^a	绿黄尚亮	略熟闷	醇略熟带苦	84.00±0.71 ^b

注:同一列不同字母表示经LSD法检验在0.05水平上差异显著。下同。

表4 不同浸提时间对 γ -氨基丁酸茶浸提液理化及感官品质的影响

Table 4 Effect of infusion time on physiochemical and sensory properties of tea infusion

时间/min	浊度/NTU	总固形物含量/(mg/mL)	茶多酚含量/(mg/mL)	氨基酸含量/(mg/mL)	L	a	b	汤色	香气	滋味	总分
10	44.61±1.49 ^a	3.68±0.63 ^a	0.96±0.12 ^a	0.40±0.06 ^a	93.04±0.11 ^a	-8.21±0.16 ^a	18.31±0.33 ^a	浅绿明亮	尚显	醇尚鲜爽	90.30±0.71 ^a
15	44.23±0.29 ^a	4.41±0.34 ^b	1.14±0.12 ^a	0.53±0.03 ^b	92.30±0.84 ^a	-8.48±0.21 ^a	20.15±0.12 ^b	浅绿较亮	纯正	醇尚鲜爽略涩	89.00±1.27 ^{ab}
20	46.87±3.34 ^{ab}	6.04±0.69 ^c	1.52±0.05 ^b	0.66±0.03 ^c	91.42±0.06 ^a	-9.26±0.04 ^b	23.83±0.28 ^c	黄绿明亮	尚高	醇和鲜爽	89.00±0.57 ^b
30	50.31±0.29 ^b	6.95±0.19 ^d	1.84±0.04 ^c	0.76±0.05 ^d	91.27±0.57 ^a	-9.57±0.01 ^b	25.55±0.34 ^d	黄绿较亮	略闷	醇正	88.30±1.13 ^b
40	63.28±11.58 ^c	8.83±0.11 ^e	2.37±0.04 ^d	0.97±0.03 ^c	89.47±0.74 ^b	-9.97±0.07 ^b	28.97±0.53 ^e	浅绿较亮	稍杂	醇和	88.65±1.04 ^b

化;感官品质呈下降的趋势,其中50、60、70℃及80℃之间差异不显著。

2.1.2 浸提时间对茶汤品质成分及得率的影响

γ -氨基丁酸炒青绿茶经不同时间浸提后,浸提液理化指标及感官品质存在较大差异(表4)。随着浸提时间的延长,浸提液浊度呈逐渐增加的趋势,其中10、15min及20min之间的差异不显著,20min与30min之间差异不显著;随着浸提时间的延长,总固形物、茶多酚及氨基酸含量呈逐步增加的趋势,其中各个时间之间总固形物、氨基酸含量都呈显著性差异,而10min与15min之间茶多酚含量差异不显著;随着浸提时间的延长,浸提液 L 值和 a 值都呈下降趋势,而 b 值则呈逐步增加的趋势,其中10~30min之间 L 值差异不显著,10min与15min之间、20、30min与40min之间 a 值差异不显著;随着浸提时间的延长,浸提液的感官品质也呈下降趋势,但是10min与15min之间、15~40min之间感官品质总分差异不显著。

2.2 正交试验

表5 浸提工艺对速溶茶浸出率、感官品质及理化成分的影响

Table 5 Total solid yield and physiochemical and sensory properties for 9 runs from orthogonal array design

序号	总固形物 提取率/%	茶多酚 含量/%	氨基酸 含量/%	茶氨酸 含量/%	γ -氨基丁酸 含量/%	感官品质得分			L	a	b
						汤色	香气	滋味			
1	20.47	32.19	9.61	5.06	1.70	90	88	86	68.97	-8.99	43.12
2	21.45	28.20	8.86	5.87	1.19	87	86	81	71.57	-7.92	45.88
3	23.80	21.48	5.04	2.06	0.73	84	85	82	56.53	-5.36	52.92
4	16.80	31.29	10.84	5.56	1.11	86	82	85	76.15	-8.36	42.13
5	25.27	21.48	4.69	2.00	0.72	83	85	84	59.78	-5.26	54.77
6	19.73	35.96	8.57	4.52	1.50	89	86	85	66.24	-8.06	43.33
7	26.28	22.73	4.12	1.98	0.72	83	84	86	66.11	-5.72	58.66
8	20.02	37.35	7.61	3.99	1.40	91	87	87	66.96	-7.73	42.89
9	27.81	27.83	4.18	4.82	0.99	89	85	82	62.29	-5.44	51.14

注:通过 SPSS 体 G 出 9 个处理作为代表。

表6 不同浸提工艺对速溶茶氨基酸组分含量的影响

Table 6 Amino acid composition for 9 runs from orthogonal array design

氨基酸组分	1	2	3	4	5	6	7	8	9
天冬氨酸	0.215	0.130	0.165	0.038	0.172	0.186	0.179	0.170	0.099
苏氨酸	0.266	0.237	0.174	0.232	0.144	0.227	0.297	0.200	0.185
丝氨酸	0.338	0.344	0.220	0.334	0.201	0.344	0.256	0.302	0.267
天冬酰胺	0.972	0.844	1.242	0.851	1.175	0.811	1.163	0.791	0.289
谷氨酸	0.383	0.131	0.439	0.242	0.410	0.340	0.414	0.299	0.209
茶氨酸	5.059	5.868	2.058	5.561	1.995	4.515	1.979	3.988	4.822
甘氨酸	0.123	0.123	0.052	0.118	0.059	0.110	0.009	0.101	0.098
丙氨酸	1.100	0.787	0.755	0.745	0.725	0.952	0.718	0.860	0.637
亮氨酸	0.139	0.131	0.145	0.123	0.101	0.121	0.087	0.107	0.109
酪氨酸	0.138	0.211	0.135	0.175	0.165	0.120	0.105	0.107	0.155
苯丙氨酸	0.050	0.097	0.101	0.096	0.094	0.049	0.088	0.042	0.080
γ -氨基丁酸	1.704	1.194	0.726	1.112	0.718	1.499	0.720	1.400	0.990
组氨酸	0.069	0.075	0.043	0.071	0.040	0.082	0.040	0.058	0.064
赖氨酸	0.117	0.122	0.120	0.105	0.113	0.106	0.115	0.093	0.088
精氨酸	0.621	0.388	0.284	0.373	0.289	0.580	0.322	0.486	0.363
脯氨酸	0.082	0.117	0.002	0.107	0.009	0.002	0.008	0.079	0.103

表7 不同浸提工艺参数对速溶茶浸提液提取率、茶多酚及氨基酸含量的影响

Table 7 Effects of water temperature, infusion time and tea type on total solid yield, the contents of tea polyphenols and amino acids in tea infusion

水平	温度			时间			原料		
	提取率/%	茶多酚含量/%	氨基酸含量/%	提取率/%	茶多酚含量/%	氨基酸含量/%	提取率/%	茶多酚含量/%	氨基酸含量/%
1	21.90 ^a	27.29 ^a	7.84 ^a	21.18 ^a	28.74 ^a	8.19 ^a	20.07 ^a	35.17 ^a	8.60 ^a
2	20.60 ^a	29.58 ^a	8.04 ^a	22.25 ^a	29.01 ^a	7.05 ^a	22.02 ^{ab}	29.11 ^{ab}	7.96 ^a
3	24.70 ^a	29.31 ^a	5.30 ^a	23.78 ^a	28.42 ^a	5.93 ^a	25.12 ^b	21.89 ^b	4.62 ^a

在单因素试验的基础上,综合考虑速溶茶产品得率及氨基酸含量,特别是 γ -氨基丁酸含量的基础上,分别选择浸提温度(60、70、80℃)、浸提时间(20、30、40min)和茶叶原料(烘青、炒青和茶片)进行三因素三水平的正交试验,以期找到适合 γ -氨基丁酸速溶茶的最佳浸提参数。正交试验浸提所得的理化成分含量及感官品质分数见表5、6。

由表7可知,随着提取温度的提高和提取时间的延长,速溶茶提取率及茶多酚含量都呈增加的趋势,而氨基酸含量呈下降的趋势,但是3个不同水平之间都没有显著差异。3种不同原料之间速溶茶提取率、茶多酚及氨基酸含量都具有明显区别,茶片速溶茶提取率显著高于烘青速溶茶,而茶多酚及氨基酸含量都为烘青速溶茶最高,炒青速溶茶次之,而茶片速溶茶含量最低。随着提取温度的提高和时间的延长,速溶茶提取率和茶多酚含量增加是相对比较成熟的理论,提高温度和延长时间都加强了分子的运动,从而增加了可溶性固形物和茶多酚的浸出,而氨基酸含量的下降主要是由于其他成分含量的增加,也有可能是部分氨基酸发生转化或参与其他物质的形成。从本实验可以看出,茶片更有利于可溶性固形物的浸出,烘青速溶茶茶多酚含量明显高于炒青速溶茶,而提取率和氨基酸含量没有显著差异,因此可见烘青原料更适于速溶茶的加工。

表8 不同浸提工艺参数对速溶茶浸提液茶氨酸和 γ -氨基丁酸含量的影响

Table 8 Effects of water temperature, infusion time and tea type on theanine and γ -aminobutyric acid contents in tea infusion

水平	温度		时间		原料	
	茶氨酸	γ -氨基丁酸	茶氨酸	γ -氨基丁酸	茶氨酸	γ -氨基丁酸
1	4.33 ^a	1.21 ^a	4.20 ^a	1.18 ^a	4.52 ^a	1.53 ^a
2	4.02 ^a	1.11 ^a	3.95 ^a	1.10 ^a	5.42 ^b	1.10 ^b
3	3.60 ^a	1.04 ^a	3.80 ^a	1.07 ^a	2.01 ^c	0.72 ^c

由表8可知, γ -氨基丁酸绿茶原料经不同工艺参数浸提后,茶氨酸及 γ -氨基丁酸含量具有明显差异。随着浸提温度的升高和时间的延长,茶氨酸和 γ -氨基丁酸含量都呈逐步下降的趋势,但不同水平之间的差异不显著。不同 γ -氨基丁酸绿茶原料经不同工艺参数浸提后,茶氨酸及 γ -氨基丁酸含量都呈现出较大区别,炒青绿茶速溶茶的茶氨酸含量比烘青绿茶高,而茶片速溶茶的茶氨酸含量显著

低于前两者。 γ -氨基丁酸在烘青速溶茶中含量最高,其次为炒青速溶茶,茶片速溶茶中含量最低,呈现逐步下降的趋势,而且都具有显著差异性。

表9 不同浸提工艺参数对速溶茶浸提液茶汤外观颜色的影响
Table 9 Effects of water temperature, infusion time and tea type on color parameters of tea infusion

水平	温度			时间			原料		
	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
1	98.41 ^a	-8.28 ^a	18.44 ^a	98.37 ^a	-8.25 ^a	18.44 ^a	98.53 ^a	-7.79 ^a	16.33 ^a
2	98.01 ^a	-8.47 ^a	19.52 ^a	98.18 ^a	-8.40 ^a	19.19 ^a	98.64 ^a	-7.46 ^a	16.25 ^a
3	98.36 ^a	-8.31 ^a	18.82 ^a	98.23 ^a	-8.41 ^a	19.15 ^a	97.61 ^b	-9.80 ^b	24.19 ^b

茶汤色差与外观审评分具有较好的相关性,色差*a*值($\gamma = -0.64$, $P < 0.05$)和*b*值($\gamma = -0.77$, $P < 0.01$)与茶汤外观审评分具有较好的负相关,色差*a*值(负值)和*b*值(正值)分别代表茶汤的绿色和黄色程度,说明随着*a*值和*b*值的增加,茶汤外观颜色变黄变深,外观审评分下降。经不同工艺参数浸提后, γ -氨基丁酸速溶茶茶汤外观颜色存在一定差异(表9),但是不同温度和不同时间对其没有显著影响。不同原料经浸提后, γ -氨基丁酸速溶茶茶汤外观颜色存在显著差异,烘青原料与炒青原料加工的速溶茶茶汤在*L*值和*b*值之间没有显著差异,而茶片加工的速溶茶茶汤*L*值相对较低,*b*值相对较高,即澄清度相对较低而黄色程度又较深;3种原料加工的速溶茶茶汤绿色程度不同,其中茶片绿色程度最深,其次是烘青,而炒青速溶茶茶汤绿色程度相对较浅。

表10 不同浸提工艺参数对速溶茶浸提液感官品质的影响
Table 10 Effects of water temperature, infusion time and tea type on the sensory quality of tea infusion

水平	温度			时间			原料		
	外观	香气	滋味	外观	香气	滋味	外观	香气	滋味
1	87.00 ^a	86.33 ^a	83.00 ^a	86.33 ^a	84.67 ^a	85.67 ^a	90.00 ^a	87.00 ^a	86.00 ^a
2	86.00 ^a	84.33 ^a	84.67 ^a	87.00 ^a	86.00 ^a	84.00 ^{ab}	87.33 ^a	84.33 ^{ab}	82.67 ^b
3	87.67 ^a	85.33 ^a	85.00 ^a	87.33 ^a	85.33 ^a	83.00 ^b	83.33 ^b	84.67 ^b	84.00 ^{ab}

经不同工艺参数浸提后, γ -氨基丁酸速溶茶感官品质存在一定差异(表10),其中不同浸提温度对 γ -氨基丁酸速溶茶感官品质(包括外观、香气及滋味)差异不显著;不同浸提时间对 γ -氨基丁酸速溶茶的香气及外观品质差异也不显著,但随着浸提时间的延长, γ -氨基丁酸速溶茶滋味品质逐渐下降,其中20min与40min之间差异显著;不同原料加工的 γ -氨基丁酸速溶茶感官品质差异显著,其中烘青原料加工的 γ -氨基丁酸速溶茶外观、香气及滋味品质得分都最高。

经统计分析,随着浸提温度的升高,总固形物及茶多酚含量呈增加趋势,而氨基酸总量、茶氨酸及 γ -氨基丁酸含量都呈下降趋势,而感官品质等没有明显变化趋

势;随着浸提时间的延长,总固形物含量略有增加,而氨基酸总量、茶氨酸及 γ -氨基丁酸含量则明显下降,滋味品质也呈下降趋势;烘青原料在茶多酚含量、氨基酸总量、 γ -氨基丁酸含量、感官品质等方面都显著高于其他原料。综合分析,浸提温度60℃、浸提时间20min及烘青原料最适于 γ -氨基丁酸速溶绿茶的加工。

3 结 论

随着浸提温度的增加,浸提得率、主要生化成分提取量逐渐增加,浸提液明亮度下降,汤色加深,而感官品质则呈现先升后降的趋势;随着浸提时间的延长,浸提得率、主要生化成分提取量逐渐增加,浸提液明亮度下降,汤色加深,浸提前段感官品质较好,后期下降明显。经过单因素和正交试验分析,综合考虑速溶茶的得率、感官品质及 γ -氨基丁酸含量,最终选择浸提温度60℃、浸提时间20min及烘青原料为 γ -氨基丁酸速溶茶最优浸提参数和原料。

参考文献:

- [1] 刘宗岸. 富 γ -氨基丁酸茶的药理功能研究进展[J]. 热带农业科技, 2011, 34(1): 24-27.
- [2] 杨帆, 金迪, 蔡东联, 等. γ -氨基丁酸茶对小鼠抗疲劳作用的研究[J]. 氨基酸和生物资源, 2011, 33(2): 60-63.
- [3] 刘宗岸. 富 γ -氨基丁酸茶的药理功能研究进展[J]. 热带农业科技, 2011, 34(1): 24-27; 35.
- [4] 林智, 杨钟鸣, 权启爱. γ -氨基丁酸茶加工工艺及关键设备[J]. 中国茶叶, 2007, 29(4): 16-17.
- [5] 王芳, 郑德勇, 杨江帆. γ -氨基丁酸茶的研究进展[J]. 武夷学院学报, 2009, 28(5): 39-43.
- [6] 林智, 杨钟鸣, 尹军峰, 等. 厌氧处理对茶叶中 γ -氨基丁酸含量及其品质的影响[J]. 食品科学, 2004, 25(2): 35-39.
- [7] 张定, 汤茶琴, 陈暄. 叶面喷施氨基酸对茶叶中 γ -氨基丁酸含量的影响[J]. 茶叶科学, 2006, 26(4): 237-242.
- [8] INATOMI K, SLANGHTER J C. The role of glutamate decarboxylase and γ -aminobutyric acid in germinating barley[J]. Journal of Experimental Botany, 1971, 22: 561-571.
- [9] STREETER J G, THOMPSON J F. *In vivo* and *in vitro* studies on γ -aminobutyric acid metabolism with the radish plant (*Raphanus sativus* L.)[J]. Plant Physiol, 1972, 49: 579-584.
- [10] 黄亚辉, 郑红发, 刘霞林, 等. Gabaron 茶加工过程中 γ -氨基丁酸和谷氨酸的动态变化研究[J]. 食品科学, 2005, 26(8): 117-120.
- [11] 黄亚辉, 郑红发, 黄怀生, 等. γ -氨基丁酸茶游离氨基酸的变化及机理分析[J]. 食品科学, 2007, 28(2): 56-59.
- [12] 钟萝. 茶叶品质理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1989.
- [13] 陆建良, 梁月荣, 龚淑英, 等. 茶汤色差与茶叶感官品质相关性研究[J]. 茶叶科学, 2002, 22(1): 57-61.
- [14] 季玉琴. 液态茶饮料的审评方法[J]. 茶叶通报, 1997, 19(1): 30-31.
- [15] 松井阳吉, 林智. 日本对乌龙茶及其饮料的品质评定[J]. 福建茶叶, 1997, 19(2): 9-14.