

富含 γ -氨基丁酸的黄茶闷黄技术初探

张铭铭, 范起业, 李文萃, 王家鹏, 唐小林*

(中华全国供销合作总社杭州茶叶研究院浙江省茶资源跨界应用技术重点实验室, 浙江杭州 310016)

摘要: γ -氨基丁酸 (GABA) 具有显著的降血压功能, 但在茶叶中的含量极低, 仅为 40~50 mg/100 g。为提高黄茶中 GABA 含量, 该研究基于闷黄工序下的氧胁迫环境, 从原料季节 (春季、秋季)、闷黄方式 (湿坯闷黄、干坯闷黄、复合闷黄)、闷黄设施 (自然闷黄、机械闷黄、烘笼闷黄) 和闷黄条件 (温度及时间) 等方面对黄茶中 GABA 的含量影响进行研究, 综合感官审评及 GABA 含量测定结果, 得出一套利于 GABA 含量提升的黄茶闷黄技术参数。结果表明: 原料季节、闷黄工序能有效提升茶叶中的 GABA 含量。其中, 春季原料优于秋季原料; 湿坯闷黄优于干坯闷黄和复合闷黄; 烘笼闷黄、机械闷黄优于自然闷黄; 50 °C、4 h 的闷黄条件下有利于 GABA 的大量形成。综上, 以春季鲜叶为原料, 采用湿坯闷黄方式, 在发酵机 50 °C 下闷黄 6 h 的 GABA 含量提升效果最佳, 达到 127.54 mg/100 g。研究结果为功能黄茶的加工探寻了一条新途径, 对未来富含 GABA 黄茶的研发和生产有重要参考意义。

关键词: γ -氨基丁酸; 黄茶; 闷黄

文章编号: 1673-9078(2022)07-264-270

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.7.1061

Preliminary Study on the Techniques for the Yellowing Process of Yellow Tea High in γ -Aminobutyric Acid

ZHANG Mingming, FAN Qiye, LI Wencui, WANG Jiapeng, TANG Xiaolin*

(Hangzhou Tea Research Institute, China Coop, Zhejiang Key Laboratory of Transboundary Applied Technology for Tea Resources, Hangzhou 310016, China)

Abstract: Gamma-aminobutyric acid (GABA) has a significant blood pressure-lowering function, but its content in tea is extremely low (only 40~50 mg/100 g). In order to increase the content of GABA in yellow tea, this study examined the effects of the raw materials obtained from different seasons (spring and autumn), the yellowing process (wet yellowing process, dry yellowing process or wet-dry combined yellowing process), the facilities for yellowing (natural yellowing, mechanical yellowing, bamboo cage yellowing), and conditions of yellowing process (temperature and time) on the GABA content in yellow tea in the oxygen stress environment of the yellowing process. Based on the results of the sensory evaluation and the analysis of GABA content, a set of technical parameters for the yellowing process to increase the GABA content in yellow tea were obtained. The results showed that the yellowing process could effectively increase the content of GABA in tea leaves. Among them, the fresh leaves in spring were better raw materials than those obtained in autumn; Wet yellowing process was better than dry yellowing process and wet-dry combined yellowing process; bamboo cage yellowing and mechanical yellowing were better than natural yellowing; The yellowing conditions of 50 °C and 4 h were beneficial to the formation of a large quantity of GABA. In summary, using spring fresh leaves, wet yellowing process, fermentation machine for yellowing at 50 °C for 6 h could lead to the highest increase in the GABA content (up to 127.54 mg/100 g). The research results have provided a new way for the processing of functional yellow tea and an important reference for the future research, development and production of the GABA-rich yellow tea.

Key words: gamma-aminobutyric acid; yellow tea; yellowing process

引文格式:

张铭铭, 范起业, 李文萃, 等. 富含 γ -氨基丁酸的黄茶闷黄技术初探[J]. 现代食品科技, 2022, 38(7): 264-270, +62

ZHANG Mingming, FAN Qiye, LI Wencui, et al. Preliminary study on the techniques for the yellowing process of yellow tea high in γ -aminobutyric acid [J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(7): 264-270, +62

收稿日期: 2021-09-22

基金项目: 浙江省“三农六方”科技协作项目 (CTZB-F190625LWZ-SNY1)

作者简介: 张铭铭 (1994-), 女, 研究实习员, 硕士, 研究方向: 茶叶加工工程与品控, E-mail: 1583764739@qq.com

通讯作者: 唐小林 (1962-), 男, 正高级工程师, 研究方向: 茶叶加工工艺与装备, E-mail: dcshu@126.com

黄茶是我国六大茶类之一,但因受原料及工艺的限制,产量极低^[1]。虽然近年来黄茶在地方政府的扶持下产量有所增加,但其发展也不如其他五大茶类^[2]。因此,亟需开展黄茶系列研究,从生产加工、市场推广、营销渠道等多方面下足功夫,开拓黄茶市场,使其品质和功能在六大茶类中大放异彩^[3]。

研究表明, γ -氨基丁酸(Gamma-aminobutyric acid, GABA)是重要的抑制性神经递质,具有显著的降血压功能^[4,5],也有安神助眠^[6,7]、提高记忆力^[8]等效果,对人体健康和保健具有积极作用。该种非蛋白质氨基酸在自然界中分布广泛,但在茶鲜叶中的含量较低,一般在40~50 mg/100 g之间^[9]。研究表明,植物体内合成与转化为GABA的途径有两条^[10,11]:一条是L-谷氨酸经谷氨酸脱羧酶催化脱羧而成,另一条是由多胺降解的中间产物转化而来。外界的胁迫作用(温度、压力、氧浓度、盐浓度)和机械损伤等刺激可促进植物体内GABA的形成^[12]。茶叶中GABA含量达到150 mg/100 g时称之为GABA茶^[9],茶叶中常采用植物富集法和微生物富集法来积累GABA。其中,植物富集法主要是对茶树鲜叶进行厌氧处理^[13]、浸泡处理、冷冻处理、红外线照射^[14]等来激活谷氨酸脱羧酶,加速将谷氨酸或其盐脱羧转化成目标产物;微生物富集法是利用微生物(如酵母菌)体内的谷氨酸脱羧酶,促进茶叶应激代谢合成和积累GABA,如在制茶揉捻过程中加入乳酸菌发酵液以增加其含量^[15]。以上方法大多基于鲜叶或离体鲜叶进行研究,仍需进行后续的加工处理,而且在推广使用上存在很多问题^[16]:比如谷氨酸钠溶液处理鲜叶容易产生“水闷味”;厌氧处理对品质影响相对较低,但需要专用的生产设备(茶鲜叶厌氧处理机),氮气嫌气处理成本也较高;微波及红外线照射处理能耗大、生产成本过高;菌类处理技术较复杂且不够成熟等。

目前,多数研究集中于提升GABA在绿茶、红茶^[17]、乌龙茶^[18]、白茶及超微茶粉和速溶茶粉^[19]等茶类及茶制品中的含量,而关于高GABA含量的黄茶研究少之又少^[20]。本研究借助黄茶闷黄工序下的氧胁迫环境,着重考察闷黄方式、闷黄设施及闷黄条件对GABA含量的影响,通过感官审评、GABA含量测定结果来综合判定有利的闷黄技术参数。研究结果不仅有助于丰富GABA在黄茶领域的研究理论体系,而且对高GABA黄茶的生产有重要的借鉴意义。此外,该项研究为功能黄茶的开发探寻了一条新途径,对增加黄茶产品花色、开拓黄茶市场、促进企业提质增效具有一定的现实意义。

1 材料与amp;方法

1.1 原料

分别于2020年春、秋季和2021年春季,采摘浙江省湖州市德清县的鸠坑品种鲜叶,嫩度等级以一芽二叶为主。

1.2 仪器与设备

YJY-EM-80茶叶电磁杀青机,余姚市姚江源茶叶茶机有限公司;6CR-40茶叶揉捻机,浙江绿峰机械有限公司;6CFJ-200红茶发酵机,浙江绿峰机械有限公司;60型竹编炭焙热源烘焙笼,浙江省德清莫干山黄芽茶业有限公司;6CHW-4链板式茶叶烘干机,浙江绿峰机械有限公司;DL-6CH-6型茶叶烘焙机,泉州得力农林机械有限公司;6CDY-10茶叶多用机,安吉元丰茶叶机械有限公司;SOP电子天平,赛多利斯仪器公司;TSQ Quantum Access Max液相-质谱联用仪,赛默飞世尔科技公司。

1.3 试验方法

1.3.1 加工工艺

(1)不同季节原料对GABA含量的影响研究
以2020年春、秋季鲜叶为原料,均按照干坯闷黄(摊放→杀青→揉捻→初干→闷黄→复干)的工艺流程加工,通过控制初干时间(干燥2、4、6 min)得到不同程度的干坯闷黄样品,进行系统性的比较实验。各工序参数保持一致:摊放(3 cm厚,摊放12 h至鲜叶萎软,含水率70%左右)、滚筒杀青(前/中/后段温度:270 °C/245 °C/156 °C,投叶量120 kg/h,含水率48%左右)、揉捻(轻重轻原则,揉30 min)、初干(理条机转速1000 r/min,250 °C)、闷黄(自然闷黄16 h)、复干(链板式烘干机110 °C,10 min)。

(2)不同闷黄方式对GABA含量的影响研究

表1 黄茶不同闷黄方式的工艺流程

Table 1 Yellow tea process flow of different yellowing process methods

闷黄方式	工艺流程
湿坯闷黄	摊放→杀青→揉捻→闷黄→初烘→复烘
干坯闷黄	摊放→杀青→揉捻→初烘→闷黄→复烘
复合闷黄1	摊放→杀青→揉捻→闷黄→初烘→复闷→复烘
复合闷黄2	摊放→杀青→闷黄→揉捻→初烘→复闷→复烘

以春季鲜叶为原料,设计4种不同的闷黄方式进行研究,具体工艺流程见表1。相同工序统一技术参数,其中摊放、杀青、揉捻的工艺参数同1.3.1(1),干燥工艺采用链板式烘干机:初烘120 °C,10~20 min,复烘110 °C,至足干。针对初步实验结果,再以烘笼

闷黄为研究对象，细化研究对比干坯闷黄和湿坯闷黄两种方式（见表2）。

表2 干坯闷黄和湿坯闷黄方式比较实验设计

Table 2 The design of the comparative experiment of dry and wet yellowing process

闷黄方式	闷黄温度/°C	闷黄时间/h
干坯闷黄	50	4、5、6
湿坯闷黄	50	4、5、6

(3) 闷黄设施及闷黄条件对 GABA 含量的影响研究

以春季鲜叶为原料，按照湿坯闷黄（摊放→杀青→揉捻→闷黄→干燥）的工艺加工，闷黄工序外的其他工艺参数保持一致。摊放、杀青、揉捻的工艺参数同 1.3.1 (1)，干燥工艺参数同 1.3.1 (2)。以不闷黄的茶样作对照组，不同闷黄设施及闷黄条件设计如表 3 所示。

表3 不同闷黄设施及对应的闷黄条件

Table 3 Different yellowing process facilities and corresponding conditions

闷黄设施	闷黄温度/°C	闷黄时间/h
自然闷黄（地面竹匾）	25	18
机械闷黄（发酵机）	50	2、3、4、5、6、7
烘笼闷黄（竹编烘焙笼）	50	2、3、4、5、6、7

1.3.2 感官审评

由具有多年评茶经验的专家严格按照 GB/T 23776-2018 审评，并按照品质加权法评分（总分=外形×25%+汤色×10%+香气×25%+滋味×30%+叶底×10%）。

1.3.3 γ -氨基丁酸含量的检测分析

GABA 含量按照 GB/T 30987-2020 的第三法-液相色谱-串联质谱法测定。液相色谱：HILIC 柱，1.9 μ m，2.1 mm×100 mm；以 20 mmol/L 甲酸铵-水溶液为流动

相 A，20 mmol/L 甲酸铵-乙腈溶液为流动相 B，梯度洗脱（程序见表 4）；流速 0.5 mL/min；柱温 40 °C；进样量 5 μ L；质谱条件：电喷雾离子化；正离子模式扫描；多反应监测法检测；喷雾电压 3500 V；离子传输管温度 350 °C；鞘气 10 arb；辅助气 3 arb；吹扫气 1 arb。游离氨基酸含量按照 GB/T 8314-2013 测定。

表4 液相色谱-串联质谱法洗脱程序

Table 4 Elution procedure by liquid chromatography-tandem

时间/min	流动相	
	A/%	B/%
0	0	100
11.5	30	70
12	0	100
30	0	100

1.3.4 数据处理

标准偏差分析采用 Microsoft office excel 2013 软件，显著性分析采用 SAS 9.4 软件。

2 结果与分析

2.1 原料季节性对 γ -氨基丁酸含量的影响

以同一品种、嫩度，不同季节（春、秋季）的鲜叶为原料，采用同一干坯闷黄工艺，改变初干的干燥时间分别进行闷黄以获得不同茶样，提升实验可靠性。由表 5 可知，春季黄茶的 GABA 含量均高于秋季黄茶，且均值高出 15.16 mg/100 g；感官品质也显著优于秋季茶样，总体评分高出 3 分左右。春季鲜叶内含物质丰富，游离氨基酸含量多（如 L-谷氨酸），能为 GABA 的形成提供较多的合成先质，故反映在成品茶中其氨基酸总量稍高于秋季茶样，这与前人的研究结果^[21]相一致。

表5 不同季节原料对实验相关指标的影响

Table 5 Effects of raw materials in different seasons on relevant experiment indexes

原料季节	样品处理	GABA/(mg/100 g)		感官评分	游离氨基酸/%
		含量	均值		
春季	初干 2 min 后闷黄	80.85±4.32			
	初干 4 min 后闷黄	68.45±0.92	75.45±6.36 ^a	87.12±1.18 ^a	1.76±0.06 ^a
	初干 6 min 后闷黄	77.05±0.64			
秋季	初干 2 min 后闷黄	60.10±1.14			
	初干 4 min 后闷黄	57.65±0.22	60.29±2.73 ^b	84.39±0.43 ^b	1.60±0.35 ^a
	初干 6 min 后闷黄	63.10±0.43			

注：各字母表示显著性差异程度（ $p < 0.05$ ）。

2.2 闷黄方式对 γ -氨基丁酸含量的影响

以春季鲜叶为原料，设计 4 种闷黄方式，每种闷

黄方式下对应 3 个不同样品进行探究，结果如表 6 所示。GABA 的产生量与闷黄方式显著相关，表现为：湿坯闷黄>干坯闷黄>复合闷黄 2>复合闷黄 1；感官品

质也因闷黄方式不同而有所差异, 表现为: 湿坯闷黄>复合闷黄 2>干坯闷黄>复合闷黄 1。总体而言, 湿坯闷黄的 GABA 产生量要显著高于其他三种方式, 平均水平最高超出量达 29.63 mg/100 g。整体感官品质也以湿坯闷黄方式为最佳, 评分达到 89.67, 这与前人研究结果相似^[22]。其次是复合闷黄 2, 感官品质显著优于复合闷黄 1, 这表明揉捻后闷黄效果优于杀青后闷黄。湿坯闷黄的茶叶含水率更高, 一方面, 水分是一切化学反应的介质, 适宜的含水率能保证茶叶体内各类反应的正常进行; 另一方面, 高含水率与适宜温度构成的湿热环境可促使蛋白质水解成游离氨基酸^[23], 从而有利于积累更多的 GABA 合成先质。而揉捻后茶叶细胞破损率增加, 谷氨酸脱羧酶与基质物质接触更

加充分, 比未揉捻直接闷黄更利于 GABA 的形成反应, 因此复合闷黄 2 的茶样表现优于复合闷黄 1。

进一步地, 选择 GABA 生成量较高的干坯闷黄和湿坯闷黄方式, 并且统一闷黄设施、闷黄温度及时间进行细化研究。结果表明, 无论是 GABA 的含量还是总体的感官品质, 湿坯闷黄方式均优于干坯闷黄 (见表 7), 且 GABA 的含量差异达到了显著水平, 也再次证实了上述结论的准确性。

综上, 单一的湿坯闷黄与其他闷黄方式相比, 能有效提升 GABA 含量 20~30 mg/100 g, 这表明湿热作用对闷黄工序中 GABA 的产生有重要影响, 而该条件下茶坯含水率的适宜范围及微生物分泌胞外酶的有利温湿度条件均有待后续进一步研究。

表 6 不同闷黄方式对 GABA 含量及黄茶感官品质的影响

Table 6 Effects of different yellowing process methods on GABA content and sensory quality

闷黄方式	样品处理	GABA/(mg/100 g)		感官评分
		含量	均值	
湿坯闷黄	揉捻后闷黄, 发酵机 (4 h, 30 °C)	91.75±11.67		89.67±0.41 ^a
	揉捻后闷黄, 发酵机 (5 h, 30 °C)	92.20±1.56	90.67±2.28 ^a	
	揉捻后闷黄, 发酵机 (6 h, 30 °C)	88.05±3.33		
干坯闷黄	初烘后闷黄, 烘笼 (10 h, 50 °C)	76.60±2.97		87.38±0.44 ^b
	初烘后闷黄, 烘笼 (14 h, 50 °C)	66.80±4.81	70.60±5.26 ^b	
	初烘后闷黄, 烘笼 (18 h, 50 °C)	68.40±9.90		
复合闷黄 1	杀青后自然闷黄 4 h+初烘后自然闷黄 8 h	58.05±2.34		85.35±0.75 ^c
	杀青后自然闷黄 4 h+初烘后自然闷黄 10 h	62.80±11.46	61.04±2.60 ^c	
	杀青后自然闷黄 4 h+初烘后自然闷黄 14 h	62.25±10.12		
复合闷黄 2	揉捻后自然闷黄 4 h+初烘后自然闷黄 10 h	63.60±1.42		88.24±1.28 ^{ab}
	揉捻后自然闷黄 4 h+初烘后自然闷黄 14 h	60.40±6.93	63.07±2.45 ^c	
	揉捻后自然闷黄 4 h+初烘后自然闷黄 18 h	65.20±4.11		

注: 各字母表示显著性差异程度 ($p<0.05$)。

表 7 干坯闷黄和湿坯闷黄方式比较实验结果

Table 7 Results of the comparative experiment of dry and wet yellowing process

闷黄方式	样品处理	GABA/(mg/100 g)		感官评分
		含量	均值	
干坯闷黄	初烘后烘笼闷黄 50 °C, 4 h	99.75±3.33		87.15±1.83 ^a
	初烘后烘笼闷黄 50 °C, 5 h	94.60±10.05	95.14±4.38 ^b	
	初烘后烘笼闷黄 50 °C, 6 h	91.05±0.08		
湿坯闷黄	揉捻后烘笼闷黄 50 °C, 4 h	117.23±2.55		90.20±0.69 ^a
	揉捻后烘笼闷黄 50 °C, 5 h	114.11±3.65	115.22±1.75 ^a	
	揉捻后烘笼闷黄 50 °C, 6 h	114.30±0.16		

注: 各字母表示显著性差异程度 ($p<0.05$)。

2.3 闷黄设施及闷黄条件对 γ -氨基丁酸含量的影响

由闷黄方式实验结果初步预判 GABA 生成效果: 机械闷黄>烘笼闷黄>自然闷黄 (复合闷黄)。为进一步探究闷黄设施及闷黄条件对 GABA 含量的影响, 统一采用 GABA 生成效果较好的湿坯闷黄方式进行试

验。秋季进行的以机械闷黄为研究体系,固定闷黄时间,改变闷黄温度(30、40、50 °C)来比较 GABA 含量的预实验结果表明,50 °C下 GABA 产生量最多,40 °C下的黄茶品质最佳。可能是适度的高温增加了叶细胞的组织透性,为生成反应创造了有利条件。故本实验闷黄温度均采用 50 °C进行试验,结果如表 8 所示。

经过闷黄处理的茶样 GABA 含量要比不闷的高,增幅在 12.38%~23.59%之间,说明厌氧处理(闷黄)能有效提高茶叶中 GABA 的含量。由表可知,GABA 含量变化也与闷黄设施及闷黄条件有关。整体而言,烘笼闷黄和发酵机闷黄的 GABA 产量显著高于自然闷黄,两种设施间的 GABA 产量差异不大,但感官品质以烘笼闷黄表现较佳。自然闷黄虽然感官品质较好,但 GABA 产量却不高,可能厌氧环境及温度未在其形成的适宜范围。

就 GABA 的产生效果而言,机械闷黄 50 °C,6 h 的条件下,GABA 值达到了 127.54 mg/100 g,显著高于该设施条件下其他处理,且远高于其他设施样品中的含量值,感官品质得分 89.63;烘笼闷黄 50 °C,3 h

的条件下,GABA 的产量次高,为 119.04 mg/100 g,且感官品质达到 90 分以上。此外,烘笼闷黄和机械闷黄在 50 °C,4 h 的条件下,GABA 含量均超过 117.50 mg/100 g,感官品质也超过 90 分,这表明该条件下较有利于 GABA 形成。综合考虑黄茶的功能成分、感官品质及生产效率,烘笼闷黄(50 °C,3 h/4 h)、机械闷黄(50 °C,4 h)的技术参数可应用于实际生产。

值得注意的是,烘笼闷黄下 GABA 的含量在 2~7 h 内整体呈现先增后减趋势,在 3 h 时达到峰值,而机械闷黄下 GABA 的变化规律则表现为“双峰型”,6 h 时出现第二次峰值,且为最大值。在闷黄初期,蛋白质发生水解和热解作用使游离氨基酸含量增加,但随着闷黄时间的延长,氨基酸本身发生的一系列热化学反应逐渐加强导致含量下降,故 GABA 出现先增后减的现象^[24]。杀青后氧化酶类虽然失去活性,但是机械闷黄的湿热环境可能比烘笼更易使微生物繁衍分泌胞外酶,导致相关反应基质增加^[25],从而导致 6 h 时 GABA 含量再次增加,具体原因还有待设计机理性实验进行研究。

表 8 不同闷黄设施及闷黄条件对 GABA 含量及黄茶感官品质的影响

Table 8 Effects of yellowing process facilities and conditions on GABA content and sensory quality

闷黄设施	闷黄工艺及条件	GABA/(mg/100 g)		感官评分	
		含量	均值	得分	均值
实验对照	不闷黄	93.25±0.09	93.25±0.09 ^c	/	/
自然闷黄	揉捻后自然闷黄 18 h,	104.79±0.24	104.79±0.24 ^b	91.80	91.8±0.15 ^a
	揉捻后机械闷黄 2 h, 50 °C	106.95±4.20 ^c		90.98	
	揉捻后机械闷黄 3 h, 50 °C	110.00±0.84 ^c		90.30	
机械闷黄	揉捻后机械闷黄 4 h, 50 °C	117.60±1.88 ^b	114.99±7.62 ^a	90.60	89.65±1.23 ^b
	揉捻后机械闷黄 5 h, 50 °C	109.79±2.42 ^c		88.55	
	揉捻后机械闷黄 6 h, 50 °C	127.54±1.99 ^a		89.63	
	揉捻后机械闷黄 7 h, 50 °C	118.01±1.51 ^b		87.85	
烘笼闷黄	揉捻后烘笼闷黄 2 h, 50 °C	112.55±0.89 ^a		91.83	
	揉捻后烘笼闷黄 3 h, 50 °C	119.04±3.69 ^a		90.78	
	揉捻后烘笼闷黄 4 h, 50 °C	117.23±2.55 ^a	115.25±2.40 ^a	90.58	90.41±0.95 ^a
	揉捻后烘笼闷黄 5 h, 50 °C	114.11±3.65 ^a		89.40	
	揉捻后烘笼闷黄 6 h, 50 °C	114.30±0.16 ^a		90.60	
		揉捻后烘笼闷黄 7 h, 50 °C	114.25±3.29 ^a		89.28

注:各字母表示显著性差异程度($p<0.05$)。

3 结论与讨论

3.1 结论

原料和加工工艺都会影响茶叶中 GABA 的形成。春季原料含有更多的 GABA 合成先质,故成品茶中的

GABA 含量水平比秋茶高出 15.16 mg/100 g。闷黄工序给 GABA 提供了天然的厌氧环境,能有效增加茶叶中 GABA 的含量,未经闷黄的茶样与闷黄处理的茶样相比,GABA 含量最高可提升 34.29 mg/100 g,增幅 12.38%~23.59%。基于闷黄工艺技术研究结果,闷黄方式、闷黄设施及闷黄条件对 GABA 的含量均有影

响。就 GABA 提升效果而言,湿坯闷黄显著优于干坯闷黄和复合闷黄(平均水平最高超出 29.63 mg/100 g);烘笼闷黄、机械闷黄优于自然闷黄(均值高出 10.20 mg/100 g 以上);50 °C、4 h 的闷黄条件有利于 GABA 大量形成(生成量在 106.95~117.60 mg/100 g 范围内)。

研究最终得出一套利于 GABA 含量提升的闷黄工艺参数:以春季鲜叶为原料,采用湿坯闷黄,在发酵机 50 °C 下闷黄 6 h 条件下,GABA 含量可达到 127.54 mg/100 g。而烘笼 50 °C 下闷黄 3 h, GABA 含量达 119.04 mg/100 g,且感官得分超过 90 分,该项闷黄工艺技术兼顾功能成分含量及品质提升效果,且时间较短,可用于指导生产实践。

3.2 讨论

多数研究表明厌氧处理能有效提高茶叶中 GABA 的含量,故前人多采用此法对离体鲜叶进行厌氧处理以获得 GABA 茶^[26]。但该方法通常需要额外的厌氧设备及后续的加工处理,且通常会带来“水闷味”的品质问题。本研究利用闷黄工艺本身的厌氧富集优势,能有效解决这一问题,而且将其他茶类“叶片发黄”的品质劣势转变为黄茶的品质优势。

虽然春季原料能有效提升 GABA 含量(均值:春季 75.45 mg/100 g>秋季 60.29 mg/100 g),但由于该实验中采用的是自然闷黄方式,仍有一定供氧量,并且处于常温和低含水率的闷黄状态,其含量反而不及湿坯闷黄实验中对照处理(93.25 mg/100 g)。由此推测,除了含氧量,闷黄温度、茶坯水分(干坯/湿坯闷黄方式)等因素对闷黄工序中 GABA 的产生也有影响。闷黄温度可能会影响谷氨酸脱羧酶的反应活性,茶坯含水率可能会影响杀青后微生物分泌胞外酶的环境条件,通过影响酶的产生而影响 GABA 的形成,这些都有待机理性实验的进一步验证。再结合湿坯闷黄方式下不同设施处理的 GABA 产生效果分析,自然闷黄(部分隔绝氧气、干坯状态)<不闷黄(完全接触氧气、湿坯状态)<自然闷黄(部分隔绝氧气、湿坯状态)<烘笼闷黄(部分隔绝氧气、高温、湿坯状态)、机械闷黄(隔绝氧气、高温、湿坯状态)。这进一步表明除了鲜叶原料,闷黄环境、闷黄工艺及茶坯状态对 GABA 的产生均有重要影响。值得说明的是:本研究中 GABA 的含量提升效果还达不到 GABA 茶的标准,但却比正常鲜叶含量高出 3 倍之多,为 GABA 黄茶加工开拓了一种新的思路。

本研究仅为初探性实验,全面但不够细致,有待后续设计系统性实验进行深入研究。比如基于现有的闷黄工艺及因子研究结果,加设外源处理因子(充不

同的惰性气体、红外灯照射灯)来协同 GABA 的形成反应,将更有效地提高黄茶中 GABA 的含量;细化干燥工艺研究,可探究初干、复干温度的高低组合形式对 GABA 保留率的影响;选取同一季节不同品种的鲜叶,对比其本身 L-谷氨酸含量与经过闷黄处理后提升情况,可以找出 GABA 茶叶的优势品种等。此外,目前有关 GABA 在茶树中的形成机理尚不够清晰,基于闷黄工序喷施谷氨酸、谷氨酸钠溶液等有助于挖掘其形成机理。总之,本研究对后续 GABA 机理系列研究、GABA 黄茶工艺研究等奠定了重要基础,对黄茶生产实践也有实际应用和参考价值。

参考文献

- [1] 张进华.从鹿苑茶生产发展谈黄茶振兴[J].茶叶通讯,2011,38(3):45-47
ZHANG Jinhua. From Luyuan tea production development to yellow tea revitalization [J]. Journal of Tea Communication, 2011, 38(3): 45-47
- [2] 朱小元,宁井铭.黄茶加工技术研究进展[J].茶业通报,2016,38(2):74-79
ZHU Xiaoyuan, NING Jingming. Research progress on yellow tea processing technology [J]. Journal of Tea Business, 2016, 38(2):74-79
- [3] 周坤,陈婵薇,韩新征.黄小茶的历史、产销现状及感官品质[J].茶业通报,2015,39(4):168-170
ZHOU Shen, CHEN Chanwei, HAN Xinzheng. History, production, marketing status and sensory quality of Huangxiaocha [J]. Journal of Tea Business, 2015, 39(4): 168-170
- [4] 毛志方,吴惠岭,李强,等. γ -氨基丁酸茶降血压作用动物试验研究[J].中国茶叶加工,2007,4(2):14-16
MAO Zhifang, WU Huiling, LI Qiang, et al. Animal experimental study on blood pressure lowering effect of γ -aminobutyric acid tea [J]. Chinese Journal of Tea Processing, 2007, 4(2): 14-16
- [5] 闫朝阳,李旭,查士银,等. γ -氨基丁酸的研究与应用进展[J].济南大学学报(自然科学版),2020,34(4):395-401
YAN Chaoyang, LI Xu, ZHA Shiyin, et al. Advances in research and application of γ -aminobutyric acid [J]. Journal of University of Jinan (Science and Technology), 2020, 34(4): 395-401
- [6] WU Chunlan, HUANG Yahui, LAI Xingfei, et al. Study on quality components and sleep-promoting effect of GABA Maoyecha tea [J]. Journal of Functional Foods, 2014, 7: 180-190

- [7] ZHAO Wenfang, LI Yun, MA William, et al. A study on quality components and sleep-promoting effects of GABA black tea [J]. *Food and Function*, 2015, 6(10): 3393-3398
- [8] Dolfen Nina, Veldman Menno P, Gann Mareike A, et al. A role for GABA in the modulation of striatal and hippocampal systems under stress [J]. *Communications Biology*, 2021, 4(1): 1033-1033
- [9] 林杨,唐琦勇,楚敏,等. γ -氨基丁酸的功能、生产及食品应用研究进展[J].*中国调味品*,2021,46(6):173-179
LIN Yang, TANG Qiyong, CHU Min, et al. Research progress on function, production and food application of γ -aminobutyric acid [J]. *China Condiment*, 2021, 46(6): 173-179
- [10] 王凯凯,孙朦,宋佳敏,等. γ -氨基丁酸(GABA)形成机理及富集方法的研究进展[J]. *食品工业科技*,2018,39(14):323-329
WANG Kaikai, SUN Meng, SONG Jiamin, et al. Research progress in the formation mechanism and accumulation methods of γ -aminobutyric acid [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2018, 39(14): 323-329
- [11] 何梦秀,陈芳艳,钟杨生,等. γ -氨基丁酸富集方法的研究进展[J].*安徽农业科学*,2015,43(15):15-17,77
HE Mengxiu, CHEN Fangyan, ZHONG Yangsheng, et al. Research progress of γ -aminobutyric acid enrichment methods [J]. *Journal of Anhui Agriculture Sciences*, 2015, 43(15): 15-17, 77
- [12] 郜秋艳,尹杰,张金玉,等.茶叶中 γ -氨基丁酸的研究进展[J].*中国茶叶*,2021,43(1):10-19
GAO Qiuyan, YIN Jie, ZHANG Jinyu, et al. Research progress on the γ -aminobutyric acid in tea [J]. *China Tea*, 2021, 43(1): 10-19
- [13] 沈强,许凡凡,张小琴,等.真空厌氧间歇技术富集福鼎大白茶茶鲜叶 GABA 的参数优化[J].*食品工业科技*,2018,39(11): 156-160
SHEN Qiang, XU Fanfan, ZHANG Xiaoqing, et al. Optimization of GABA enrichment parameters in Fuding Dabaicha fresh tea leaves by the treatment of batch vacuum technique anaerobic [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2018, 39(11): 156-160
- [14] 廖明星,朱定和.鲜茶叶 γ -氨基丁酸富集的机理与关键技术[J].*现代食品科技*,2007,7:75-77,93
LIAO Mingxing, ZHU Dinghe. Mechanism and key technologies of γ -aminobutyric acid enrichment in tea shoots [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2007, 7: 75-77, 93
- [15] 吕毅,郭雯飞.康帕龙(GABARON)茶-一种具有降血压作用的新型茶叶[J].*中国茶叶加工*,1998,4(3):40-41
LYU Yi, GUO Wenfei. Gabaron Tea, a new type of tea with blood pressure lowering effect [J]. *Chinese Journal of Tea Processing*, 1998, 4(3): 40-41
- [16] 刘宗岸,毛志方,李强,等.茶叶中 γ -氨基丁酸富集方法的研究进展[J].*中国茶叶加工*,2008,4(2):14-16
LIU Zongan, MAO Zhifang, LI Qiang, et al. Research progress on the methods of improve γ -aminobutyric acid content in tea [J]. *Chinese Journal of Tea Processing*, 2008, 4(2): 14-16
- [17] 张金玉,李美凤,郜秋艳,等.不同厌氧时间对绿茶和红茶加工品质的影响[J].*茶叶学报*,2021,62(2):78-84
ZHANG Jinyu, LI Meifeng, GAO Qiuyan, et al. Effect of anaerobic treatment time on quality of green and black teas [J]. *Acta Tea Sinica*, 2021, 62(2): 78-84
- [18] SU Yisong, LIN Yarping, CHENG Fuchou, et al. In-capillary derivatization and stacking electrophoretic analysis of γ -aminobutyric acid and alanine in tea samples to redeem the detection after dilution to decrease matrix interference [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, 58(1): 120-126
- [19] 周洁,范静怡,周倩倩,等.茶叶中 γ -氨基丁酸的研究进展[J].*河南农业*,2020,4(10):11-12
ZHOU Jie, FAN Jingyi, ZHOU Qianqian, et al. Research progress on γ -aminobutyric acid in tea [J]. *Journal of Henan Agricultural*, 2020, 4(10): 11-12
- [20] 杨云,郜秋艳,尹杰,等.高 γ -氨基丁酸保健茶研究进展[J].*现代食品*,2021,4(2):39-42
YANG Yun, GAO Qiuyan, YIN Jie, et al. Research progress on health tea with rich γ -aminobutyric acid [J]. *Journal of Modern Food*, 2021, 4(2): 39-42
- [21] 伊冉,黄晓琴,姜忠磊,等.影响“御金香”黄茶 γ -氨基丁酸含量的因素研究[J].*茶叶通讯*,2021,48(2):274-279
YI Ran, HUANG Xiaoqin, JIANG Zhonglei, et al. Study on factors of influencing the content of γ -aminobutyric acid in "Yujinxiang" yellow tea [J]. *Journal of Tea Communication*, 2021, 48(2): 274-279
- [22] 文帅,安然,李冬利,等.不同闷黄工艺对黄茶品质及其抑制 HepG2 细胞增殖的影响[J].*茶叶通讯*,2020,47(1):75-81
WEN Shai, AN Ran, LI Dongli, et al. Effects of different yellowing process on the quality of yellow tea and the inhibition of HepG2 cell proliferation [J]. *Journal of Tea Communications*, 2020, 47(1): 75-81

(下转第 62 页)