

干燥工艺对红茶品质的影响

Effect of different drying process on the quality of black tea

胡 源¹ 刘梦圆¹ 周秦羽¹ 徐洋洋² 肖文军¹

HU Yuan¹ LIU Meng-yuan¹ ZHOU Qin-yu¹ XU Yang-yang² XIAO Wen-jun¹

(1. 湖南农业大学茶学教育部重点实验室, 湖南 长沙 410128;

2. 石门县茶祖印象太平茶业专业合作社, 湖南 常德 415300)

(1. Key Lab of Tea Science of Ministry of Education, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China; 2. The Impression of Shimen Tea Ancestor Taiping Tea Professional Cooperative, Changde, Hunan 415300, China)

摘要:以碧香早夏秋季一芽二叶为原料,在萎凋、揉捻、发酵等红茶加工工艺基础上,将箱式热风、锅炒、链式热风、平板式热风和微波 5 种干燥方式的不同组合分别应用于毛火初干与足火复干工艺中,从感官品质、滋味品质成分和香气品质成分 3 个方面探讨了不同干燥工艺对红茶品质的影响。结果表明,与箱式热风初干及复干工艺加工的对照茶样相比,采用 120 ℃ 链式热风初干和 120 ℃ 锅炒复干工艺的红茶品质较好,汤色红橙亮,香气甜香带花香,滋味较醇爽;茶黄素、茶红素、水浸出物、可溶性糖、简单儿茶素、酯型儿茶素和总儿茶素质量分数显著增加 ($P < 0.05$),茶多酚、咖啡碱质量分数以及酯型儿茶素/总儿茶素的比值显著降低 ($P < 0.05$);醇类香气物质相对质量分数增加 9.68%,同时增加了苯甲醇(苹果香)、7-甲基-3-亚甲基-6-辛-1-醇(花香)、异香叶醇(玫瑰香)、植物醇(花香)、2,6,6-三甲基-1-环己烯-1-乙醛(木香、玫瑰香)、2-(5-甲基-5-乙烷基四氢呋喃-2-基)丙-2-基碳酸乙酯和水杨酸甲酯(薄荷香味)等香气成分,而顺- α , α -5-三甲基-5-乙烷基四氢呋喃-2-基-1-醇(带樟脑气息)、辛烯醛(略带刺鼻)、壬酸(腐臭味)等不良香气成分减少。由此提示链式热风毛火初干和炒锅足火复干相结合的干燥工艺技术有利于红茶品质的提高。

关键词:茶叶加工;红茶;箱式热风干燥;锅炒;链式热风干燥;平板式热风干燥;微波干燥

Abstract: In order to investigate the influence of different drying

process on the quality of black tea, the fresh leaves with one bud and two leaves of tea plant varieties 'Bixiangzao' were picked as raw materials for processing black tea during late summer and early autumn, and different drying methods of the box type hot air, pan fry, chain hot air, plate type hot air and microwave and its combination were applied to the initial drying and the re-drying process after the withering, curling and fermenting process of black tea, and then the sensory quality, taste and aroma ingredients of different tea samples were investigated. The results showed that, compared with the control tea samples processed by box-type hot-air initial drying and re-drying processes, the quality of the black tea processed by 120 ℃ chain-type hot-air initial drying and 120 ℃ wet-frying re-drying processes was better, with bright red and orange color, sweet and fragrant aroma, and mel-low and refreshing taste. The quality score of theaflavin, thea-thein, water extract, soluble sugar, simple catechin, ester type catechin and total catechin were significantly increased ($P < 0.05$), while the quality score of tea polyphenols, caffeine and the ratio of ester type catechin to total catechin were significantly decreased ($P < 0.05$); alcohols aroma substances relative quality score increased by 9.68%, as well as the increasing of benzyl alcohol (apple), 7-methyl-3-methylene-6, 1-alcohol (flowers), geraniol (Muscat), alcohol plants (flowers), 2, 6, 6-3-trimethyl-1-cyclohexene-1-acetaldehyde (combination, rose incense), 2-(5-methyl-5-vinyl tetrahydrofuran-2-base) c-2-ethyl carbonate and salicylic acid methyl ester aroma ingredients such as (mint flavor). However, cis- α , α -5-trimethyl-5-vinyltetrahydrofuran-2-methanol (with camphor breath), octenal (slightly pungent), nonanoic acid (rancid taste) and other undesirable aroma components decreased. It is suggested that the combination of chain-type hot-air hair initial drying and stir-wok full-fire re-drying is beneficial to the improvement of the quality of black tea.

Keywords: tea processing; black tea; box hot air drying; recipro-

基金项目:湖南省科技厅创新平台与人才计划项目(编号: 2019NK4163);湖南省大学生创新创业项目(编号: S202010537046)

作者简介:胡源,女,湖南农业大学在读硕士研究生。

通信作者:肖文军(1969—),男,湖南农业大学教授,博士。

E-mail: xiaowenjun88@sina.com

收稿日期:2021-01-15

cating parched; chain hot air drying; flat hot air drying; microwave drying

红茶作为中国六大茶类之一,发源于中国传播于世界,其销量占全球茶叶销量的 80% 左右^[1]。近年因其形美味甘,具有消炎杀菌^[2]、调理肠胃^[3]等多种健康功效而备受消费者的青睐。红茶加工包括萎凋、揉捻、发酵、干燥等工序,其中干燥不仅是水分散失和稳固外形的过程,更是色泽、香气和滋味等品质形成的重要过程。红茶干燥工序分为毛火和足火两个阶段,其中毛火是去水固形、终止酶促反应和品质特征形成的重要工序^[4]。研究表明,叶中水分在毛火工序下由发酵叶的 58%~64% 降至毛火后的 20%~25%,同时伴随着叶水分的大量蒸发以及叶温的快速上升,抑制了叶内酶促反应并发生大量热化学反应,促进品质物质的转化和提升^[5];足火工艺是去水足干、发展茶叶色香味品质的关键^[1]。目前已有电炒锅、链板式热风、箱式热风、滚筒式滚炒等干燥技术应用用于红茶干燥工艺中,同时还有理条式炒制、微波干燥、低温真空干燥等一些新型工艺技术在红茶加工中得到了初步应用^[6-9]。此外,低温真空—热风^[10]、微波—真空^[11-12]等联合干燥技术在生产中也有应用^[13-14]。然而,当前相关研究多集中于单个工艺或联合工艺对红茶某些生化成分或感官品质的影响^[15],缺乏不同干燥工艺及其组合的比较研究。研究拟以箱式热风初干及复干工艺加工的红茶作为对照,将箱式热风、锅炒、链式热风、平板式热风 and 微波 5 种干燥方式的不同组合分别应用于红茶毛火初干与足火复干工艺中,探讨不同干燥工艺对红茶品质的影响,以期为红茶加工工艺的优化和品质提升提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

茶鲜叶:碧春早夏秋季一芽二叶,石门县茶祖印象太平茶厂;

表没食子儿茶素没食子酸酯(EGCG)、表儿茶素没食子酸酯(EGC)、表没食子儿茶素(EGC)、表儿茶素(EC)、儿茶素(C)、没食子儿茶素没食子酸酯(GCG)及谷氨酸标准品:美国 Sigma 公司;

甲酸、甲醇、甲酰胺:色谱纯,国药集团化学试剂有限公司;

甲酸乙腈:色谱纯,美国天地有限公司;

浓硫酸:优级纯,株洲市星空化玻有限责任公司;

其他试剂:分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

速浪青机:6CWL-90 型,福建佳友茶叶机械智能科技

股份有限公司;

茶叶烘焙机:6CHZ-9B 型,福建佳友茶叶机械智能科技有限公司;

茶叶电炒锅:JY-6CST-60 型,福建佳友茶叶机械智能科技有限公司;

茶叶揉捻机:6CR-Z45 型,浙江春江茶叶机械有限公司;

茶叶烘干机:6CHT-2 型,湖北天池机械有限公司;

微波炉:M1-211A 型,广东美的厨房电器制造有限公司;

超声波加湿器:BL-C03ZT 型,上海贝菱电器有限公司;

茶叶烘干机:6CH-10 型,浙江春江茶叶机械有限公司;

杀青理条机:6CSM-60 型,浙江春江茶叶机械有限公司;

可见分光光度计:722E 型,上海光谱仪器有限公司;

高效液相色谱仪:LC-2010AHT 型,日本岛津公司;

气质联用色谱仪:GCMS-QP2010 型,日本岛津公司。

1.2 方法

1.2.1 红茶茶样加工工艺及参数控制

鲜叶→萎凋→揉捻→发酵→干燥

(1) 萎凋:将茶鲜叶置于萎凋槽中,厚度约为 4 cm,室内自然堆放 6.0~6.5 h,期间翻动 2 次,至青草气消失、叶片含水量为 65%~66%;然后将其置于通风良好、光照强度为 3 000~40 000 lx 太阳光的室外环境中晒青 30 min,期间翻动 2 次,至叶面失去光泽、叶质软并具有清香味时,将其移入室内阴凉通风处凉青 30 min 后,使用浪青机以 8 r/min 转速摇青 10 min,静置 60 min,至叶片含水量为 58%~60%、无明显红变且散发出浓郁花香为萎凋适度。

(2) 揉捻:将萎凋叶置于 20℃ 空调房中,按轻重轻的加压原则用揉捻机冷揉 1.5 h,至成条率为 90%、细胞破损率 90% 以上时取出,用解块机解块。

(3) 发酵:将揉捻叶按 12 cm 左右厚度分层置于接有通气管道的红茶发酵机内,调节发酵机内温度为 30℃、湿度 90%~94%,通气模式下发酵 3~4 h,至叶色红黄、青草气消失、有花果香、水分含量约为 55% 时,为发酵适度。

(4) 干燥:分为毛火初干和足火复干两个阶段。以同批次发酵适度的发酵叶作原料,将箱式热风、锅炒、链式热风、平板式热风 and 微波 5 种干燥方式的不同组合(见表 1)分别应用于毛火初干与足火复干工艺中。每个工艺处理取发酵叶 1 kg。毛火初干后的茶样水分含量控制在 25% 左右,足火复干后茶样的水分含量控制在 6.5% 以内(手握成粉末即可)。每个干燥处理工艺重复 3 次,并连

表 1 红茶干燥工艺的不同组合方式及主要技术参数

Table 1 Different combinations and main technical parameters of black tea drying process

组合方式	主要技术参数
箱式热风干燥机+箱式热风干燥机(CK)	毛火 110 ℃,10 min+足火 90 ℃至足干
箱式热风干燥机+茶叶电炒锅(CG)	毛火 110 ℃,10 min+足火 120 ℃至足干
箱式热风干燥机+平板式热风干燥机(CP)	毛火 110 ℃,10 min+足火 90~100 ℃至足干
茶叶电炒锅+箱式热风干燥机(GC)	毛火 200 ℃,3 min+足火 90 ℃至足干
茶叶电炒锅+茶叶电炒锅(GG)	毛火 200 ℃,3 min+足火 120 ℃至足干
茶叶电炒锅+平板式热风干燥机(GP)	毛火 200 ℃,3 min+足火 90~100 ℃至足干
平板式热风干燥机+箱式热风干燥机(PC)	毛火 120 ℃,10 min+足火 90 ℃至足干
平板式热风干燥机+茶叶电炒锅(PG)	毛火 120 ℃,10 min+足火 120 ℃至足干
链板式热风干燥机+箱式热风干燥机(LC)	毛火 120 ℃,10 min+足火 90 ℃至足干
链板式热风干燥机+茶叶电炒锅(LG)	毛火 120 ℃,10 min+足火 120 ℃至足干
微波炉+箱式热风干燥机(WC)	毛火中高火 3 min+足火 90 ℃至足干
微波炉+茶叶电炒锅(WG)	毛火中高火 3 min+足火 120 ℃至足干
微波炉+平板式热风干燥机(WP)	毛火中高火 3 min+足火 90~100 ℃至足干
箱式热风干燥机+箱式热风干燥机(CC)	毛火 135 ℃,10 min+足火 140 ℃,4 min

续两年(2020 年 8 月、2019 年 8 月)进行重复验证。

1.2.2 感官品质评审 由 3 名副教授职称以上的茶学专业教师组成的 3 人审评小组,参照 GB/T 23776—2018《茶叶感官审评方法》进行,审评项目包括外形(25%)、香气(25%)、汤色(10%)、滋味(30%)和叶底(10%),总分 100 分。

1.2.3 滋味品质成分分析

(1) 水分:按 GB 5009.3—2016 执行。

(2) 水浸出物:按 GB/T 8305—2013 的全量法执行。

(3) 游离氨基酸:按 GB/T 8314—2013 的茚三酮比色法执行。

(4) 可溶性糖:采用蒽酮比色法^[16]。

(5) 茶多酚:按 GB/T 8313—2018 执行。

(6) 茶黄素、茶红素、茶褐素:采用系统分析法^[17]。

(7) 儿茶素组分和咖啡碱含量:采用高效液相色谱法^[18]。

1.2.4 香气品质成分分析 选取感官品质较好的代表性茶样进行香气品质成分分析。采用顶空固相微萃取的方法对茶样中的香气成分进行萃取,采用气相色谱—质谱联用(GC-MS)技术^[19]对加工过程中的茶叶香气成分进行定性和定量分析,并根据样品中总离子流图中各色谱峰的质谱信息,经计算机在 NIST98.L 标准谱库的检索,并结合相关文献核对,确定其化学成分,同时采用峰面积归一化法定量,得到各组分的相对含量;再结合保留时间、质谱、实际成分和保留指数等参数进一步确定组分。

1.2.5 统计分析 运用 Excel 进行数据处理;采用 SPSS 21.0 进行差异显著性分析,统计结果以平均值±标准差表示; $P<0.05$,表示有显著性差异,为具有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 对红茶感官品质的影响

表 2 表明,与 CK 茶样相比,WP 和 LG 处理茶样香气较好,清甜带花香,茶样茶汤的鲜爽度提高,滋味醇较爽。从综合评分可见,除 GC、PG、PC、GG 外,WP、LG、GP、CP、WG、WC、CC、LC 处理茶样,外形、汤色、香气、滋味和叶底评分均不同程度提高,其中感官品质最优的 WP 处理茶样,与排名第二的 LG 处理茶样相比,仅外形上高 0.02 分,但与 CK 茶样相比,汤色、香气、滋味的评分均提高 1.00 分,综合评分高 0.95 分,其外形条索紧结弯曲,较匀整,多锋毫,色泽黑褐尚润,汤色橙红亮,香气清甜带花香,滋味醇较爽。

2.2 对红茶滋味品质成分的影响

2.2.1 水浸出物、茶多酚、咖啡碱、氨基酸、可溶性糖质量分数 表 3 显示,与 CK 茶样相比,各处理茶样的水浸出物质量分数均存在显著性差异($P<0.05$),其中 LG 和 LC 处理茶样增加最多($P<0.05$),分别增加了 3.97%,1.68%;GG、CG 和 GC 处理茶样降低最多($P<0.05$),分别降低了 1.77%,1.57%,1.24%。茶多酚质量分数除 CC 处理茶样显著升高($P<0.05$)外,其余处理茶样均显著降低($P<0.05$),可能是由于 CC 处理茶样毛火温度和足火温度均较高,多酚氧化酶和过氧化物酶失活较快^[20],使部分残留多酚类物质未发生酶促氧化而得以保留,进而使其质量分数升高,与王近近等^[21]研究成果一致,其次为 WP 处理茶样质量分数最高,与 Dong 等^[22]研究表明微波可最大程度保留茶多酚的结果一致。各处理茶样咖啡碱的质量分数均显著降低($P<0.05$),其中 WG 和 PC 处理

表 2 干燥方式对红茶的感官品质影响

Table 2 Effect of different drying process on the sensory quality of black tea

茶样	外形评分	汤色评分	香气评分	滋味评分	叶底评分	综合评分
CK	90.0	90.0	91.0	91.0	92.0	90.75
CG	89.5	91.0	92.0	91.0	91.0	90.88
CP	89.5	91.0	92.0	92.0	91.5	91.23
GC	90.0	88.0	92.0	90.0	90.5	90.35
GG	88.0	91.0	92.0	87.0	91.0	89.30
GP	90.5	91.0	92.0	91.5	92.0	91.38
PC	90.0	91.0	90.0	90.5	89.0	90.15
PG	90.0	92.0	90.0	90.0	90.5	90.25
LC	89.0	91.0	91.0	92.0	92.0	90.90
LG	89.5	92.0	92.0	93.0	92.0	91.68
WC	89.5	90.0	92.0	92.0	92.0	91.18
WG	90.5	92.0	91.0	91.5	91.5	91.18
WP	90.0	91.0	92.0	93.0	92.0	91.70
CC	90.0	92.0	91.0	91.0	92.0	90.95

茶样质量分数最低,均下降 0.93%。

此外,与 CK 茶样相比,氨基酸质量分数除 GC 和 PC 处理茶样无显著性变化外,其余处理茶样均显著降低 ($P<0.05$),其中降低最多的为 WC 和 CC 处理茶样,分别降低了 0.29% 和 0.31%,由此提示长时高温的箱式热风干燥会促进部分蛋白质类物质的热裂解反应,从而使得 CK 对照茶样的氨基酸质量分数较高^[4];同时 WC 处理茶样由于微波处理时间短,且叶细胞保持较完整,使其氨基酸质量分数显著降低,而 CC 处理茶样则由于干燥温度较

高,使氨基酸过度反应,脱水、脱羧、脱氨或与羰基化合物发生美拉德反应生成香气物质,使其质量分数降低显著^[22]。可溶性糖质量分数 GC、GP 处理茶样与 CK 茶样间无显著性差异,而 WP、WG、LC、LG、WC 和 CC 6 个处理茶样显著增加 ($P<0.05$),分别增加了 0.71%,0.62%,0.58%,0.41%,0.40%,0.31%;但 GG、CG、PC、CP 和 PG 5 个处理茶样则显著降低 ($P<0.05$),可能是由于这 5 个处理足火温度较高,可溶性糖与氨基酸发生的美拉德反应更加剧烈所导致^[23]。

表 3 干燥工艺对茶样水浸出物、茶多酚、氨基酸、可溶性糖、咖啡碱质量分数的影响[†]

Table 3 Effect of different drying process on the quality score of tea-like water extracts, tea polyphenols, amino acid, soluble sugar and caffeine %

茶样	水浸出物	茶多酚	咖啡碱	氨基酸	可溶性糖
CK	37.10±0.00 ⁱ	24.41±0.00 ^b	3.99±0.02 ^a	2.20±0.03 ^a	3.23±0.05 ^c
CG	35.53±0.02 ^m	19.66±0.78 ^f	3.52±0.01 ^d	2.05±0.02 ^{ef}	2.92±0.03 ^d
CP	36.17±0.01 ^k	21.58±0.31 ^d	3.91±0.04 ^a	2.11±0.02 ^{bcd}	2.59±0.08 ^e
GC	35.86±0.00 ^l	19.50±0.52 ^f	3.73±0.04 ^{bc}	2.19±0.03 ^a	3.22±0.05 ^c
GG	35.33±0.02 ⁿ	20.43±0.52 ^e	3.70±0.02 ^{bc}	2.13±0.01 ^b	2.78±0.11 ^d
GP	37.24±0.00 ^g	20.82±0.31 ^{de}	3.65±0.03 ^c	2.12±0.02 ^{bcd}	3.30±0.03 ^c
PC	37.92±0.01 ^c	20.79±0.11 ^{de}	3.06±0.03 ^g	2.17±0.00 ^a	2.84±0.03 ^d
PG	36.53±0.02 ^j	19.52±0.78 ^f	3.76±0.03 ^b	2.09±0.03 ^{cd}	2.42±0.05 ^f
LC	38.78±0.01 ^b	22.88±0.22 ^c	3.30±0.06 ^f	2.03±0.00 ^f	3.81±0.09 ^a
LG	41.07±0.02 ^a	21.39±0.42 ^d	3.42±0.01 ^e	2.12±0.02 ^{bc}	3.64±0.09 ^b
WC	37.40±0.02 ^e	20.43±0.33 ^e	3.56±0.10 ^d	1.91±0.02 ^f	3.63±0.09 ^b
WG	37.13±0.03 ^b	21.55±0.58 ^d	3.06±0.01 ^g	2.04±0.02 ^f	3.85±0.04 ^a
WP	37.33±0.00 ^f	23.59±0.00 ^c	3.55±0.02 ^d	2.08±0.00 ^{de}	3.94±0.19 ^a
CC	37.72±0.03 ^d	25.46±0.21 ^a	3.48±0.02 ^{de}	1.89±0.00 ^g	3.54±0.11 ^b

[†] 同列字母不同表示差异显著 ($P<0.05$)。

2.2.2 茶黄素、茶红素、茶褐素质量分数 表 4 表明,与 CK 茶样相比,CG 处理茶样茶黄素质量分数无显著性差异,其余处理茶样的均显著增加($P<0.05$),由高到低依次为 LG、CC、PC、WP、CP、GG、PG、WG、LC、GC、GP、WC 处理茶样,分别增加了 0.31%,0.29%,0.28%,0.26%,0.22%,0.15%,0.14%,0.11%,0.10%,0.07%,0.06%,0.04%,茶黄素可增加红茶的强度和鲜度,因此 LG 处理茶样茶黄素质量分数最高的结果与感官审评中 LG 滋味较醇爽结果一致。各处理茶样茶红素和茶褐素质量分数均显著升高($P<0.05$),茶红素增加量前三的为 CC、WG、LG 处理茶样,分别增加了 5.89%,4.32%,4.04%,茶褐素增加量最多的为 LC 处理茶样,增加了 3.61%。由此可见 LG 处理茶样对茶黄素的保留量最大,可能是因为锅炒足火复干使茶样与加热锅壁直接接触,多次反复摩擦滚炒,为茶叶内含成分的热化学反应创造了条件,使复杂茶多酚类物质部分转化^[24-25],同时通过增加茶样叶细胞破损率,使其有利于残留的多酚类物质发生酶促反应形成茶黄素^[4];CC 处理因为温度提高,毛火时快速终止了酶促反应而利于茶黄素保留,而且毛火时间的缩短,减少了茶红素的高温裂解,使茶红素质量分数升高^[4];同时,由于细胞破损率、温度提高,茶黄素非酶促氧化更加剧烈,使茶褐素质量分数增加。

2.2.3 儿茶素质量分数 由表 5 可知,与 CK 茶样相比,各处理茶样中的简单儿茶素、酯型儿茶素以及总儿茶素

质量分数均显著增加($P<0.05$),其中增加最多的均为 LC 处理组,分别增加了 1.32%,1.02%,2.34%,其次为 WG 和 LG 组;各处理茶样中的儿茶素(DL-C)、表儿茶素(EC)、表没食子酸儿茶素(EGC)、没食子酸儿茶素没食子酸酯(GCG)、表儿茶素没食子酸酯(ECG)和表没食子儿茶素没食子酸酯(EGCG)的质量分数均显著增加($P<0.05$),主要归因于链板式热风毛火是通过热空气的流动促进叶温升高和叶中水分蒸发,但由于热风温度输出密度、空间温度分布不均匀等问题使叶温升速相对较慢,导致叶内酶促反应在毛火中持续进行,使茶多酚和酯型儿茶素进一步氧化、裂解,简单儿茶素质量分数相对较高,同时箱式热风足火温度相对较低,酶活性降低,各种反应减慢使酯型儿茶素得以保留而质量分数增加^[6]。此外,与 CK 茶样相比,各处理茶样的酯型儿茶素与总儿茶素的比值也均显著降低($P<0.05$),由此提示通过不同干燥工艺处理的茶样苦涩味降低。

茶黄素和茶红素是儿茶素的氧化产物,对红茶汤色和滋味品质形成具有决定性作用,茶黄素是影响汤色亮度、滋味强度和鲜爽度的重要物质,成品茶中茶黄素质量分数越高,红茶品质越好^[26];茶红素是汤色红、滋味收敛的主要贡献物^[27-28]。水浸出物^[29-30]、茶多酚^[31-32]、可溶性糖^[33]、咖啡碱^[34]、儿茶素等质量分数也与红茶品质息息相关。综上分析,LG 处理茶样即 120℃链式热风初干 10 min、120℃锅炒复干至足干得到的茶样品质最佳,茶黄素、茶红素、水浸出物、可溶性糖、简单儿茶素、酯型儿茶素和总儿茶素均显著增加($P<0.05$),而茶多酚、咖啡碱以及酯型儿茶素与总儿茶素的比值均显著降低($P<0.05$)。

2.3 对红茶香气品质成分的影响

表 6、表 7 显示,在 7 个具有代表性的茶样中共检出 108 个香气组分,包含醇类 21 种、醛类 24 种、酮类 16 种、酯类 13 种、酸类 6 种和碳氢化合物 28 种,其中醇类含量最多,其次为醛类、酮类、酯类和碳氢化合物。与 CK 茶样相比,各处理茶样主要增加了苯甲醇(苹果香)、7-甲基-3-亚甲基-6-辛-1-醇(花香)、异香叶醇(玫瑰香)、雪松醇(柏木香)、植物醇(花香)、2,6,6-三甲基-1-环己烯-1-乙醛(木香、玫瑰香)、2-(5-甲基-5-乙烷基四氢呋喃-2-基)丙-2-基碳酸乙酯和水杨酸甲酯(薄荷香味^[35])等香气物质,而顺- α , α -5-三甲基-5-乙烷基四氢呋喃-2-甲醇、辛烯醛(略带刺鼻)、壬酸(腐臭味)等不良香气物质减少。

研究^[36]表明,醇类物质是红茶中相对质量分数最高的一类香气物质。与 CK 茶样相比,各处理茶样中的醇类物质质量分数均有增加,增幅由大到小依次为 WC、LC、LG、CP、GP、GC 处理茶样,分别增加了 13.47%,11.40%,9.68%,6.48%,4.67%,2.21%;同时各处理茶样的苯乙醇(玫瑰香)、橙花醇(新鲜柑橘香)、香叶醇(玫瑰香)等香气

表 4 干燥工艺对茶样茶黄素、茶红素及茶褐素质量分数的影响[†]

Table 4 Effect of different drying process on the quality score of theaflavins, thearubigins and theabrownine

茶样	茶黄素/%	茶红素/%	茶褐素/%	茶红素/茶黄素
CK	0.50±0.00 ^m	6.36±0.01 ^k	4.86±0.02 ^l	12.60±0.04 ^g
CG	0.50±0.00 ^m	6.58±0.09 ^j	6.61±0.05 ⁱ	13.16±0.22 ^{de}
CP	0.72±0.01 ^e	9.64±0.26 ^e	7.68±0.11 ^e	13.39±0.41 ^d
GC	0.57±0.01 ^j	7.21±0.07 ^b	6.34±0.02 ^j	12.70±0.03 ^{fg}
GG	0.65±0.01 ^f	7.80±0.01 ^g	6.81±0.02 ^b	11.92±0.03 ⁱ
GP	0.56±0.00 ^k	7.23±0.06 ^b	6.96±0.01 ^g	12.89±0.11 ^{efg}
PC	0.78±0.00 ^e	10.00±0.18 ^d	8.43±0.02 ^{ab}	12.80±0.23 ^{fg}
PG	0.64±0.01 ^g	7.35±0.01 ^b	8.30±0.02 ^c	11.47±0.10 ^j
LC	0.60±0.01 ⁱ	8.39±0.10 ^f	8.47±0.02 ^a	13.97±0.28 ^c
LG	0.81±0.01 ^a	10.40±0.11 ^c	8.37±0.06 ^{bc}	12.29±0.06 ^b
WC	0.54±0.01 ^l	6.97±0.11 ⁱ	7.72±0.04 ^{de}	13.00±0.18 ^{ef}
WG	0.61±0.01 ^b	10.68±0.11 ^b	5.85±0.01 ^k	17.58±0.12 ^a
WP	0.76±0.00 ^d	10.00±0.09 ^d	7.79±0.10 ^d	13.76±0.14 ^c
CC	0.79±0.00 ^b	12.25±0.07 ^a	7.59±0.03 ^f	15.46±0.11 ^b

[†] 同列字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

表 5 干燥工艺对茶样中儿茶素质量分数的影响[†]

Table 5 Effects of different drying process on the quality score of catechins in tea samples

样品	DL-C/%	EC/%	EGC/%	GCG/%	ECG/%
CK	0.02±0.02 ^g	0.07±0.00 ^j	0.36±0.01 ^g	0.07±0.00 ⁱ	0.30±0.00 ^j
CG	0.05±0.01 ^f	0.13±0.00 ⁱ	0.93±0.02 ^{de}	0.07±0.00 ⁱ	0.38±0.01 ⁱ
CP	0.06±0.01 ^{ef}	0.13±0.01 ⁱ	0.73±0.02 ^f	0.07±0.00 ⁱ	0.39±0.01 ⁱ
GC	0.08±0.01 ^e	0.21±0.01 ^f	0.62±0.02 ^f	0.08±0.00 ^{fg}	0.58±0.01 ^f
GG	0.07±0.01 ^{ef}	0.17±0.00 ^h	0.62±0.02 ^f	0.09±0.00 ^f	0.50±0.00 ^g
GP	0.13±0.01 ^{cd}	0.30±0.01 ^d	0.73±0.02 ^f	0.08±0.00 ^g	0.76±0.00 ^c
PC	0.06±0.01 ^{ef}	0.18±0.01 ^g	1.29±0.04 ^a	0.08±0.00 ^h	0.44±0.01 ^h
PG	0.08±0.01 ^e	0.21±0.01 ^f	0.89±0.02 ^e	0.08±0.00 ^g	0.59±0.00 ^f
LC	0.18±0.01 ^a	0.45±0.01 ^a	1.13±0.04 ^{bc}	0.10±0.01 ^e	1.09±0.01 ^a
LG	0.17±0.01 ^a	0.37±0.00 ^b	0.98±0.02 ^{de}	0.10±0.00 ^d	0.96±0.01 ^b
WC	0.15±0.01 ^b	0.29±0.01 ^d	1.03±0.04 ^{cd}	0.11±0.01 ^a	0.72±0.01 ^d
WG	0.15±0.01 ^b	0.33±0.00 ^c	1.16±0.03 ^b	0.11±0.00 ^b	0.76±0.01 ^c
WP	0.14±0.01 ^{bc}	0.29±0.01 ^d	1.00±0.03 ^{de}	0.11±0.00 ^a	0.73±0.00 ^d
CC	0.11±0.01 ^d	0.28±0.01 ^e	1.02±0.02 ^{cd}	0.11±0.00 ^c	0.71±0.01 ^e

样品	EGCG/%	简儿/%	酯儿/%	总儿/%	酯儿/总儿
CK	0.71±0.01 ^j	0.45±0.04 ^f	1.08±0.01 ^j	1.53±0.04 ^g	0.71±0.02 ^a
CG	0.93±0.01 ^f	1.11±0.05 ^d	1.39±0.01 ⁱ	2.50±0.04 ^e	0.56±0.01 ^{ghi}
CP	0.96±0.01 ^e	0.92±0.05 ^e	1.42±0.01 ⁱ	2.34±0.05 ^f	0.61±0.01 ^{cd}
GC	0.87±0.01 ⁱ	0.91±0.04 ^e	1.54±0.01 ^g	2.45±0.05 ^f	0.63±0.01 ^{bc}
GG	0.90±0.01 ^{gh}	0.85±0.04 ^e	1.48±0.01 ^h	2.34±0.04 ^f	0.64±0.01 ^b
GP	0.88±0.01 ^{hi}	1.15±0.05 ^d	1.72±0.01 ^e	2.87±0.05 ^d	0.60±0.01 ^{de}
PC	1.13±0.01 ^b	1.53±0.08 ^{bc}	1.65±0.01 ^f	3.19±0.09 ^d	0.52±0.01 ^j
PG	0.94±0.01 ^{ef}	1.17±0.05 ^d	1.62±0.01 ^f	2.79±0.06 ^e	0.58±0.01 ^{efg}
LC	0.91±0.01 ^g	1.77±0.10 ^a	2.10±0.03 ^a	3.87±0.13 ^a	0.54±0.01 ⁱ
LG	0.99±0.00 ^d	1.53±0.06 ^{bc}	2.06±0.01 ^b	3.58±0.05 ^b	0.57±0.01 ^{fgh}
WC	1.10±0.03 ^c	1.47±0.10 ^c	1.94±0.04 ^d	3.41±0.14 ^c	0.57±0.01 ^{fgh}
WG	1.15±0.00 ^{ab}	1.63±0.06 ^b	2.02±0.01 ^b	3.66±0.06 ^b	0.55±0.01 ^{hi}
WP	1.10±0.01 ^c	1.44±0.06 ^c	1.95±0.01 ^d	3.38±0.06 ^c	0.58±0.01 ^{fgh}
CC	1.17±0.01 ^a	1.41±0.04 ^c	1.99±0.02 ^c	3.39±0.02 ^c	0.58±0.01 ^{def}

[†] 同列字母不同表示差异显著($P<0.05$);简儿包括 EGC、DL-C、EC,酯儿包括 EGCG、GCG、ECG;酯儿/总儿表示酯型儿茶素质量分数与总儿茶素质量分数的比。

表 6 干燥工艺对茶样主要香气化化合物的影响

Table 6 List of aroma compounds in tea samples with different drying process flavor identified by GC × GC-TOFMS analysis

种类	香气化合物	相对质量分数/%						
		CK	GC	GP	CP	LG	LC	WC
醇类	顺- α,α -5-三甲基-5-乙烯基四氢化呋喃-2-甲醇	1.25	/	/	/	/	/	/
	芳樟醇	12.21	14.88	11.20	12.26	11.62	13.63	12.19
	苯乙醇	6.25	5.76	6.04	7.49	6.28	4.94	11.62
	2,2,6-三甲基-6-乙烯基四氢-2H-呋喃-3-醇	2.16	1.67	1.67	1.85	1.61	1.27	2.46
	α -松油醇	0.46	0.37	0.37	0.34	0.32	0.37	0.45
	橙花醇	0.98	1.10	1.23	1.36	1.27	1.24	1.44
	香叶醇	13.92	15.21	14.91	16.42	17.04	16.25	18.50

续表 6

种类	香气化合物	相对质量分数/%						
		CK	GC	GP	CP	LG	LC	WC
醇类	反式-橙花叔醇	3.87	4.09	4.00	3.48	3.83	3.52	2.78
	库贝醇	0.95	0.83	0.96	0.84	1.12	1.06	0.83
	(1S,4S,4aR,8aS)-1,2,3,4,4a,7,8,8a-八氢-1,6-二甲基-4-(1-甲基乙基)-1-萜醇	1.80	1.54	1.83	1.46	2.15	1.96	1.41
	叶绿醇	0.94	0.52	0.74	0.59	2.39	4.89	0.37
	苯甲醇	/	0.18	0.26	0.18	0.61	0.42	1.21
	7-甲基-3-亚甲基-6-辛-1-醇	/	0.26	0.30	0.32	0.33	0.26	0.32
	(Z)-3,7-二甲基-3,6-辛二烯-1-醇	/	0.59	/	/	/	/	/
	异香叶醇	/	/	0.54	0.52	0.75	0.65	0.41
	雪松醇	/	/	4.95	3.39	/	4.30	2.93
	(1R,4S,4aR,8aS)-1,6-二甲基-4-丙-2-基-3,4,4a,7,8,8a-六氢-2H-萜-1-醇	/	/	0.24	0.17	3.80	/	0.25
	植物醇	/	/	0.22	0.21	0.45	1.23	0.76
	顺-3-壬烯-1-醇	/	/	/	0.39	0.24	/	0.33
	1-七烷醇	/	/	/	/	0.66	/	/
	异植物醇	/	/	/	/	/	0.20	/
	苯甲醛	0.95	0.85	1.05	0.90	0.82	0.48	0.86
醛类	正辛醛	0.23	0.19	0.32	0.18	/	/	0.23
	苯乙醛	5.07	4.03	5.30	6.33	4.19	2.73	6.07
	辛烯醛	0.20	/	/	/	/	/	/
	壬醛	4.35	4.09	4.20	3.38	/	2.51	4.11
	癸醛	0.90	0.71	0.62	0.46	0.41	0.29	0.36
	β -环柠檬醛	1.46	1.40	1.21	0.99	0.86	0.87	1.05
	(Z)-3,7-二甲基辛-2,6-二烯醛	0.45	/	0.64	/	0.19	0.38	0.25
	2,6,6-三甲基-1-环己烯基乙醛	0.57	0.68	0.54	/	/	/	/
	柠檬醛	1.72	/	1.44	1.45	0.71	0.65	0.57
	反式-2,4-癸二烯醛	0.25	/	/	/	/	/	/
	α -(2-甲基亚丙基)苯乙醛	0.62	/	0.23	0.37	0.58	0.28	/
	可卡醛	0.60	0.55	0.34	0.32	0.67	0.37	/
	2-甲基丁醛	/	0.81	/	/	0.23	0.21	/
	异戊醛	/	0.19	/	/	/	/	/
	正己醛	/	0.36	0.35	0.18	0.28	/	0.19
	2-己烯醛	/	0.25	0.31	/	/	/	/
	庚醛	/	0.20	0.23	/	/	/	0.24
	2,3-二氢-2,2,6-三甲基苯甲醛	/	0.49	/	/	/	/	/
	反,反-2,4-癸二烯醛	/	/	0.19	0.18	/	/	/
	2,6,6-三甲基-1-环己烯-1-乙醛	/	/	/	0.41	0.34	0.41	0.38
	反式-2-己烯醛	/	/	/	/	0.18	/	/
	藏红花醛	/	/	/	/	0.46	/	0.61
	α -亚乙基-苯乙醛	/	/	/	/	/	0.39	/
	三甲基环己酮	0.35	/	/	/	/	/	/
酮类	6-甲基-5-乙基-3-庚烯-2-酮	0.48	0.41	0.74	0.57	0.40	/	/
	3-甲基-2-戊-2-烯基环戊基-2-烯酮	0.98	/	/	/	/	0.54	/

续表 6

种类	香气化合物	相对质量分数/%						
		CK	GC	GP	CP	LG	LC	WC
酮类	α -紫罗兰酮	0.72	0.45	4.53	0.30	0.24	/	0.21
	6,10-二甲基-5,9-十一双烯-2-酮	1.71	1.32	1.19	1.16	0.90	1.05	0.65
	β -紫罗兰酮	4.88	4.19	4.53	3.79	3.54	3.08	2.98
	6,10,14-三甲基-2-十五烷酮	0.39	/	/	/	/	/	/
	7,9-二叔丁基-1-氧杂螺[4.5]癸-6,9-二烯-2,8-二酮	0.34	0.21	0.23	0.18	0.39	0.39	0.34
	大马士酮	0.29	0.30	/	0.24	0.29	0.30	/
	茉莉酮	/	0.75	/	/	/	/	/
	3-十三酮	/	0.34	/	0.21	0.22	/	/
	4-(2,6,6-三甲基-2-环己烯-1-基)-3-丁烯-2-酮	/	/	0.33	/	/	/	/
	顺式-六氢-8a-甲基-1,8(2H,5H)-萘二酮	/	/	1.50	1.15	/	/	/
	十五烷-3-酮	/	/	0.22	/	/	/	/
	3,5-辛二烯-2-酮	/	/	/	0.28	/	/	/
	2,2,6-三甲基环己酮	/	/	/	/	/	/	0.27
	己酸叶醇酯	0.26	0.30	/	/	/	/	/
	2-(5-甲基-5-乙基四氢呋喃-2-基)丙-2-基碳酸乙酯	3.38	4.42	4.51	4.60	3.90	4.53	5.61
酯类	水杨酸甲酯	6.42	5.70	7.70	8.83	8.09	7.26	7.61
	2-甲基戊酸甲酯	0.17	0.33	0.32	/	/	0.31	/
	香叶酸甲酯	0.14	/	/	/	/	/	/
	己酸己酯	0.27	0.47	0.16	/	/	/	/
	N-己酸(反-2-己烯基)酯	0.40	0.60	/	/	/	/	/
	十二烷基十三酸甲酯	0.20	/	/	/	/	/	/
	棕榈酸甲酯	0.82	0.68	0.90	0.79	1.32	1.62	0.73
	硬脂酸苯酯	/	/	0.29	/	/	/	/
	异戊酸香叶酯	/	/	/	/	/	0.22	/
	亚麻酸甲酯	/	/	/	/	/	0.80	0.32
	顺式-3-己烯醇苯甲酸酯	0.95	0.75	/	/	/	/	/
	2,6,6-三甲基-3-亚甲基-7-(3-氧代亚丁基)氧代-2-基酯乙酸	/	/	/	0.31	/	/	/
	壬酸	0.78	/	/	/	/	/	/
	洋绣球酸	/	/	/	0.48	/	/	/
	正壬酸	/	/	/	/	0.28	0.36	/
酸类	棕榈酸	/	/	/	/	/	2.65	0.19
	(Z)-3,7-二甲基辛-2,6-二烯酸	/	/	/	/	0.37	0.38	/
	3,5-二羟基戊苯	/	/	/	/	/	0.94	1.35
	1,2,3,4,6,8a-六氢-1-异丙基-4,7-二甲基萘	0.66	0.69	0.75	/	/	/	/
	[1S-(1 α ,4 α β ,8 $\alpha\alpha$)]-1,2,4a,5,8,8a-六氢-4,7-二甲基-1-(1-甲基乙基)-萘	0.64	0.98	/	/	/	/	/
	(1S,8aR)-1-异丙基-4,7-二甲基-1,2,3,5,6,8a-六氢萘	3.82	5.77	4.54	4.28	4.31	3.45	1.66
	1,6-二甲基-4-(1-甲基乙基)-萘	/	0.25	/	/	/	0.24	0.34
碳氢化合物								

续表 6

种类	香气化合物	相对质量分数/%						
		CK	GC	GP	CP	LG	LC	WC
碳氢化 合物	(1S,4aR,8aS)-1,2,4a,5,8,8a-六氢-4,7-二甲 基-1-(1-甲基乙基)-萜	/	/	0.84	0.73	0.79	0.76	0.31
	1,2,3,4,4a,7-六氢-1,6-二甲基-4-(1-甲基乙 基)-萜	/	/	/	0.61	0.60	1.96	0.24
	柠檬烯	0.28	/	/	/	/	/	/
	1,7,7-三甲双环[2.2.1]庚-2-烯	0.29	0.37	/	/	/	/	/
	反式- β -金合欢烯	0.17	/	/	/	/	/	/
	α -二去氢菖蒲烯	0.59	0.50	0.47	0.64	/	0.49	0.36
	(-)-Alpha-萜澄茄油烯	/	0.81	/	/	/	/	0.35
	β -戊二烯	/	/	/	/	0.36	/	/
	2-蒎烯	/	/	/	/	0.38	/	0.42
	顺-菖蒲烯	/	/	/	/	/	0.34	0.23
	茶螺烷	/	0.16	/	/	/	0.27	0.19
	丁香酚	0.23	0.32	0.20	0.25	0.28	0.26	0.21
	2,4-二叔丁基苯酚	1.65	0.58	0.43	/	0.52	1.27	1.00
	3-甲基十五烷	/	0.43	/	/	/	0.30	/
	8-环氧丙烷	/	1.65	/	/	/	/	/
	3-甲基十七烷	/	0.21	/	/	/	/	/
	2,2,6-三甲基环庚烷	/	0.17	/	/	/	/	/
	正十六烷	/	/	/	/	/	/	0.29
	2-戊基呋喃	/	1.46	1.05	/	/	/	/
	顺-2-(2-戊烯基)呋喃	/	0.24	/	/	/	/	/
	咖啡因	/	1.94	1.85	2.66	8.73	0.50	0.66
	9-亚甲基苄	/	/	0.25	0.27	/	0.48	0.30
	1,4-二甲基-7-异丙基甘菊蓝	0.16	/	0.30	0.28	0.37	/	/

表 7 干燥工艺对茶样主要呈香物质组成及质量分数的影响
Table 7 Volatile composition and quality score of black tea sample with different drying process

种类	CK	GC	GP	CP	LG	LC	WC
醇类	44.79	47.00	49.46	51.27	54.47	56.19	58.26
醛类	17.38	14.80	16.98	15.15	9.92	9.57	14.92
酮类	10.14	7.97	13.27	7.88	5.98	5.36	4.45
酯类	13.00	13.24	13.88	14.22	13.31	14.74	14.27
酸类	0.78	/	/	0.79	0.65	4.33	1.54
碳氢化合物	8.48	16.54	10.68	9.72	16.34	11.26	7.91

物质都不同程度增加,其中 WC、CP 和 LG 处理茶样增加最多,而且新增了苯甲醇(苹果香)香气成分,并以 WC 处理茶样的增加量最多,其次为 LG 处理茶样,与 WC、CP、LG 处理茶样感官审评香气评分高于 CK 茶样结果一致。综合分析,不同的毛火初干、足火复干处理工艺相较传统干燥工艺,温度都不同程度的提高,促进了醇类、酯类、酸

类等化合物的部分转化,加速了芳香类、烷类、烯类等化合物的形成;同时热传导原理的毛火初干方式使茶叶与高温筒壁的持续摩擦,氨基酸脱氨脱羧反应、类胡萝卜素类的氧化反应、糖苷类化合物的脱苷反应等会促进醇类、酯类、酸类、烯类、芳香类、杂环类等化合物的形成,进而形成丰富的香气类型^[6]并提高红茶品质。

3 结论

不同的干燥工艺对红茶的品质影响不同,采用 120 °C 链式热风初干 10 min、120 °C 锅炒复干至足干的干燥工艺(即 LG 处理),加工出的红茶品质最佳,汤色红橙亮,香气甜香带花香,滋味较醇爽;红茶中的品质成分茶黄素、茶红素、水浸出物、可溶性糖、简单儿茶素、酯型儿茶素和总儿茶素的质量分数均显著增加($P < 0.05$),而茶多酚、咖啡碱的含量以及酯型儿茶素与总儿茶素的比值则均显著降低($P < 0.05$);同时,增加了苯甲醇(苹果香)、7-甲基-3-亚甲基-6-辛-1-醇(花香)、异香叶醇(玫瑰香)、植物醇(花香)、2,6,6-三甲基-1-环己烯-1-乙醛(木香、玫瑰香)、2-(5-甲基-5-乙烯基四氢呋喃-2-基)丙-2-基碳酸乙酯和水杨酸甲酯(薄荷香味)等花果香品质成分,减少了顺- α, α -5-三甲基-5-乙烯基四氢化呋喃-2-甲醇(带樟脑气息)、辛烯醛(略带刺鼻)、壬酸(腐臭味)等不良香气成分。由此提示 120 °C 链式热风初干 10 min、120 °C 锅炒复干至足干工艺技术有利于提高红茶品质,但其机制有待进一步探究。

参考文献

- [1] SHEVCHUK A, JAYSASINGHE L, KUHNERT N. Differentiation of black tea infusions according to origin, processing and botanical varieties using multivariate statistical analysis of LC-MS data[J]. Food Research International, 2018, 109: 387-402.
- [2] 熊昌云, 彭远菊. 红茶色素与红茶品质关系及其生物学活性研究进展[J]. 茶业通报, 2006(4): 155-157.
- [3] ZHANG Hua, QI Rui-li, MINE Yoshinori. The impact of oolong and black tea polyphenols on human health[J]. Food Bioscience, 2019, 29: 55-61.
- [4] 王华杰, 滑金杰, 江用文, 等. 足火热传递方式对工夫红茶品质成分及色泽滋味的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(15): 148-157.
- [5] BAPTISTA J, LIMA E, PAIVA L, et al. Comparison of azorean tea theanine to teas from other origins by HPLC/DAD/FD. Effect of fermentation, drying temperature, drying time and shoot maturity[J]. Food Chemistry, 2012, 132(4): 2 181-2 187.
- [6] 滑金杰, 王华杰, 王近近, 等. 采用 PLS-DA 分析毛火方式对工夫红茶品质的影响[J]. 农业工程学报, 2020, 36(8): 260-270.
- [7] 陈泉宾, 王秀萍, 邬龄盛, 等. 干燥技术对茶叶品质影响研究进展[J]. 茶叶科学技术, 2014(3): 1-5.
- [8] 蒋文峰, 蒋文欣, 潘裕群. 茶叶干燥技术现状与对策[J]. 企业科技与发展, 2018(3): 148-149.
- [9] WANG Qing-fa, LI Song, HAN Xue, et al. Quality evaluation and drying kinetics of shitake mushrooms dried by hot air, infrared and intermittent microwave-assisted drying methods[J]. LWT-Food Science and Technology, 2019, 107: 236-242.
- [10] 刘玉芳, 刘晓东, 林国轩, 等. 绿茶低温真空与热风联合干燥新工艺研究[J]. 茶叶科学, 2013, 33(4): 345-350.

- [11] 魏巍, 李维新, 何志刚, 等. 绿茶微波真空干燥特性及动力学模型[J]. 农业工程学报, 2010, 26(10): 367-371.
- [12] 张丽晶, 林向阳, 彭树美, 等. 响应面法优化绿茶微波真空干燥工艺条件[J]. 食品科学, 2009, 30(22): 122-125.
- [13] SHINDE A, DAS S, DATTA A K. Quality improvement of orthodox and CTC tea and performance enhancement by hybrid hot air-radio frequency (RF) dryer[J]. Journal of Food Engineering, 2013, 116(2): 446-449.
- [14] QU Feng-feng, ZHU Xiao-jing, AI Ze-yi, et al. Effect of different drying methods on the sensory quality and chemical components of black tea[J]. LWT-Food Science and Technology, 2019, 99: 112-118.
- [15] TELFUSER A, GALINO F G. Effect of reversible permeabilization in combination with different drying methods on the structure and sensorial quality of dried basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves[J]. LWT-Food Science and Technology, 2019, 99: 148-155.
- [16] 钟萝. 茶叶品质理化分析[M]. 上海: 科学技术出版社, 1989: 12-125, 258-454.
- [17] ROBERTS E A H, SMITH R F. Spectrophotometric measurements of theaflavins and thearubigins in black tea liquors in assessments of quality in teas[J]. Analyst, 1961, 86(10): 94-98.
- [18] 郭颖, 黄峻榕, 陈琦, 等. 茶叶中儿茶素类测定方法的优化[J]. 食品科学, 2016, 37(6): 137-141.
- [19] 孙君, 朱留刚, 林志坤, 等. 变温烘焙技术对丹桂乌龙茶香气品质的影响[J]. 茶叶科学, 2017, 37(3): 266-272.
- [20] 薛金金, 尹鹏, 张建勇, 等. 工夫红茶品质化学成分及加工工艺研究进展[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(18): 219-224.
- [21] 王近近, 袁海波, 滑金杰, 等. 足火工艺参数对工夫红茶热风干燥特性和品质的影响[J]. 农业工程学报, 2020, 36(10): 287-296.
- [22] DONG Juan-e, MA Xi-han, FU Zhou-rui, et al. Effects of microwave drying on the contents of functional constituents of *Eucommia ulmoides* flower tea[J]. Industrial Crops and Products, 2011, 34(1): 1 102-1 110.
- [23] 陆松侯, 施兆鹏. 茶叶审评与检验[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 72-73.
- [24] SANDRA S M, CHONG G H. Effects of drying temperature on the chemical and physical properties of *Musa acuminata* Colla (AAA Group) leaves[J]. Industrial Crops and Products, 2013(45): 430-434.
- [25] MORIKAWA H, OKUDA K, KUNIHARA Y, et al. Oligomerization mechanism of tea catechins during tea roasting[J]. Food Chemistry, 2019, 285: 252-259.
- [26] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 192-193.
- [27] SCHARBERT S, HOFMANN T. Molecular definition of black tea taste by means of quantitative studies, taste reconstitution, and omission experiments[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(13): 5 377-5 384.
- [28] DUTTA R, STEIN A, BHAGAT R M. Integrating satellite images and spectroscopy to measuring green and black tea quality[J]. Food Chemistry, 2011, 127(2): 866-874.

(下转第 232 页)

优势在于其自身营销的灵活性,能够及时感知消费者的需求,并形成良好的互动关系。因此,运用互联网化思维进行高频应用产品的精准营销以捕获流量,是本土公司在激烈竞争环境中有效竞争的关键。本土公司可以通过创意型的社群营销方法,灵活运用线上线下联合渠道的新零售模式快速打造品牌,这是制胜市场的策略方向。

3.2 秉持多维组合的发展策略

全民健身时代,面对多元化的市场需求和运动营养市场尚不成熟的发展实际,可以从以下方面进行多维度、组合式的发展策略选择:① 强化内容教育。运动健身知识的普及和推广应渗透到人们的日常生活,提升人们对运动营养食品重要性的认知,让“三分练,七分吃”的基本理念深入人心。② 以新型消费群体作为产品的基本定位。目前市面上针对专业运动员的运动营养食品的价格仍较为高昂,这与新型消费群体的普通需求不相吻合,因此应积极研发低成本的运动营养食品,以满足新型消费群体的市场需要。③ 打造自身品牌。从长期来看,良好的品牌是在竞争中获得优势地位的重要保障,面对部分运动营养食品长期被国外品牌所垄断的事实,本土企业应在竞争中树立品牌意识,打造具有竞争力的国产品牌。④ 坚持场景化导向的产品创新理念,在产品研发上重视对消费者特定消费场景需求的满足,以场景化、便捷化、快消品化进行产品的差异化创新^[18]。

3.3 健全运动营养食品的行业规范

目前,运动营养食品行业的顶层设计尚未健全,针对运动营养食品的研发机制、检测标准和行业规范尚不完善。制度的缺失和碎片化竞争下的市场混乱,使得生产企业和监管机关在一定程度上面临着“无法可依”的困境。因此,建立一套规范、完善的运动营养食品行业规范已迫在眉睫。对此,应认真学习欧美国家运动营养食品的规范体系,尤其是发展得较为成熟的美国,结合中国人的体质特征和实际需求,积极健全相关标准,实现运动营养食品真正意义上的“有法可依”。运动营养品市场规范化、标准化的实现,可以为整个行业的有序发展提供强有力的制度性保障,为企业产品研发提供方向性的引导。

参考文献

- [1] 武阳阳. “运动营养食品”调查报告[J]. 食品安全导刊, 2017(34): 60-61.
- [2] 袁林. 运动营养食品现状与未来发展趋势[J]. 食品安全导刊, 2018(36): 43.
- [3] 韩旭, 孟佳珩. 蛋白质类运动营养食品的研究现状及其对运动员的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(22): 8 516-8 520.
- [4] HUANG Kai-xin, CHEN Shu-xi, CHEN Xiu-li. Development of functional food in China[J]. Farm Products Processing, 2015, 25(1): 47-51.
- [5] 艾华, 常翠青. 运动营养食品中营养成分和功能因子研究进展[J]. 食品科学技术学报, 2017, 35(3): 16-24.

- [6] Grand View Research. Sports nutrition market size & growth report: 2021—2028[EB/OL]. (2021-05-15)[2021-05-22]. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/north-america-sports-nutrition-market>.
- [7] 智研咨询集团. 2017 年中国及全球运动营养产品行业发展现状及市场需求预测[EB/OL]. (2017-06-23)[2021-05-22]. <https://www.chyxx.com/industry/201706/535081.html>.
- [8] Euromonitor International. Top 10 Global Consumer Trends 2019[EB/OL]. (2019-03-10)[2021-05-21]. <https://www.euromonitor.com/top-10-global-consumer-trends-2019/report>.
- [9] NIBA L. Proteins and protein hydrolysates: Functional ingredients for sports nutrition[J]. Agro Food Industry Hi Tech, 2010, 21(3): 2-3.
- [10] 王思. 运动营养食品的研究现状与发展趋势[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(15): 5 007-5 012.
- [11] Euromonitor International. Sports nutrition in China[EB/OL]. (2020-10-10)[2021-05-20]. <https://www.euromonitor.com/sports-nutrition-in-china/report>.
- [12] 杨则宜. 运动营养食品的现状和未来[J]. 中国食品学报, 2006(5): 1-5.
- [13] 王文军. 运动营养食品的现状和未来发展探讨[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(6): 1 411-1 415.
- [14] 黄一迪, 王珊, 胡奥森. 运动营养食品的现状与未来发展策略[J]. 体育世界(学术版), 2019(2): 167.
- [15] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 运动营养食品通则: GB 24154—2015[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015: 3-5.
- [16] 李林. 运动营养食品的现状与未来发展探析[J]. 食品与发酵科技, 2020, 56(5): 101-104.
- [17] 吴杰忠. 体育运动食品的效能及市场趋势研究:《运动营养学》评述[J]. 食品与机械, 2020, 36(12): 224-225.
- [18] 林碧晖. 运动员的合理膳食与营养研究:《运动营养学》评述[J]. 食品与机械, 2021, 37(2): 236.

(上接第 200 页)

- [29] 陈义. 不同加工工艺对信阳红茶品质影响初探[J]. 河南农业, 2016(1): 51-52.
- [30] 周卫龙. GB《茶 水浸出物测定》的测定方法研究[J]. 中国茶叶加工, 1999(2): 3-5.
- [31] 陶琳琳, 张娅楠, 闫振, 等. 红茶加工过程中发酵技术研究进展[J]. 广东茶业, 2020(1): 2-6.
- [32] 龚自明, 刘盼盼, 郑鹏程, 等. 长江中下游产区红茶品质分析[J]. 食品工业科技, 2018, 39(23): 247-254.
- [33] 陈昌辉, 杜晓, 齐桂年, 等. 工夫红茶主要内含成分与品质的相关性分析[J]. 食品科技, 2011, 36(9): 83-87.
- [34] 潘科, 宋振硕. 重庆市售普洱茶理化成分分析[J]. 四川茶业, 2008, 4(12): 66-67.
- [35] 阳景阳, 李子平, 陆金梅, 等. 不同干燥方式的桂热 2 号红茶香气成分分析及判别[J]. 食品工业科技, 2020, 41(16): 67-73, 87.
- [36] 雷雨, 段继华, 黄飞毅, 等. 茶树新品系 21-1 工夫红茶香气成分分析[J]. 茶叶通讯, 2019, 46(1): 10-16.