

酸茶的研究现状与进展

杨庆益¹, 何彩梅², 龚福明^{1,*}, 唐小艳¹, 董明杰¹, 柳陈坚³

(1.德宏职业学院临床学院, 云南 芒市 678400; 2.贺州学院食品与生物工程学院, 广西 贺州 542899;

3.昆明理工大学生命科学与技术学院, 云南 昆明 650500)

摘 要: 酸茶是一种味道清新、略带酸味的民族特色发酵茶, 不仅药食兼用、营养丰富, 而且还具有独特的民族文化属性, 因而成为近年来的研究热点。目前, 国内外对酸茶的研究主要集中在风味物质、微生物群落结构及抗氧化活性等方面, 对酸茶发酵工艺及发酵机理等研究较少。本文从分布状况、发酵工艺、菌群结构及生理功能特性等方面对传统发酵酸茶进行综述并展望其未来研究方向, 以期对酸茶的传承保护提供理论参考。

关键词: 酸茶; 分布状况; 发酵工艺; 菌群结构; 生理活性物质; 生理功能

Research on Pickled Tea: Present and Future

YANG Qingyi¹, HE Caimei², GONG Fuming^{1,*}, TANG Xiaoyan¹, DONG Mingjie¹, LIU Chenjian³

(1. School of Clinical, Dehong Vocational College, Mangshi 678400, China;

2. School of Food and Bioengineering, Hezhou University, Hezhou 542899, China;

3. Faculty of Life Science and Technology, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China)

Abstract: Pickled tea is an ethnic fermented tea with a refreshing flavor and slight sour taste. In recent years, pickled tea has been a popular research subject because of the medicinal and culinary purposes as a rich source of nutrient and its unique ethnic cultural attributes. Most studies to date have focused on the flavor compounds, microbial community structure and antioxidant activity of pickled tea, but the literature lacks systematic studies on the fermentation process of pickled tea and the underlying mechanism. In this paper, the geographical distribution, fermentation process, microbial community structure and physiological characteristics of pickled tea are reviewed. Moreover, future research directions are also proposed, in order to provide valuable data for the inheritance and protection of pickled tea.

Keywords: pickled tea; distribution; fermentation process; microbial community structure; physiologically active substances; physiological functions

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20181118-200

中图分类号: TS201.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2020) 01-0312-06

引文格式:

杨庆益, 何彩梅, 龚福明, 等. 酸茶的研究现状与进展[J]. 食品科学, 2020, 41(1): 312-317. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20181118-200. <http://www.spkx.net.cn>

YANG Qingyi, HE Caimei, GONG Fuming, et al. Research on pickled tea: present and future[J]. Food Science, 2020, 41(1): 312-317. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-20181118-200. <http://www.spkx.net.cn>

酸茶又称腌茶, 是一种以一芽三四叶的普洱茶茶叶 (*Camellia sinensis*) 为原料, 经前处理、多菌种附着发酵及后处理3个阶段而制成的发酵茶制品, 发酵后的茶叶除具有清香味外, 还具有特殊微酸味, 故而得名

收稿日期: 2018-11-18

基金项目: 云南省教育厅科学研究基金资助项目 (2017ZZX109); 国家自然科学基金面上项目 (31471716);

贺州学院食品科学与工程广西一流学科培育项目 (GXYLXKP1820);

贺州市科学研究与技术开发计划项目 (贺科攻1707023); 广西果蔬保鲜和深加工研究人才小高地资助项目

第一作者简介: 杨庆益 (1989—) (ORCID: 0000-0002-8471-2405), 女, 讲师, 硕士, 研究方向为有机药物合成。

E-mail: 853019731@qq.com

*通信作者简介: 龚福明 (1982—) (ORCID: 0000-0002-4213-8388), 男, 副教授, 硕士, 研究方向为食品微生物与食品安全。

E-mail: gongfuming017@hotmail.com

酸茶^[1-2]。酸茶中富含的氨基酸、茶多酚、茶多糖及咖啡碱等活性物质除具有生津解渴、解暑清热、消食等生理功能外, 还具有降压安神、改善睡眠、抗氧化、抗焦虑、抗肿瘤、延缓衰老及调节免疫等生理功能^[2-3]。加

之酸茶在民风民俗、宗教祭祀等社会活动中的特殊用途^[4],使酸茶成为药食兼用、营养丰富且独具民族文化属性的特色发酵茶,因而逐渐成为近几年来国内外的研究热点。本文将对酸茶国内外分布状况、发酵工艺、微生物群落结构及生理功能特性等内容进行综述,以全面了解酸茶的特性与现状,为酸茶这一特色茶文化与茶产品的传承保护及开发提供理论参考。

1 酸茶分布及研究现状

酸茶是一种流行于泰国、缅甸、日本及中国云南省少数民族地区的发酵茶,布朗族酸茶(布朗语称“miamu”)和德昂族酸茶是产于中国云南少数民族聚居地区的民族特色发酵茶。布朗族分布在滇西南澜沧江和怒江中、下游两侧海拔1 500~2 300 m的山麓地带,主要聚居在西双版纳州勐海县、勐腊县和景洪市的山林地区,散居于思茅、临沧和保山等地的山区^[5]。德昂族分布在德宏、保山及临沧等州、市,但主要聚居在德宏芒市、瑞丽市和陇川县^[4,6],芒市三台山德昂族乡属南亚热带低丘陵气候,年平均气温16.9℃,平均海拔1 400多米,是德昂族酸茶的主产区,而三台山德昂族乡出冬瓜村盛产的德昂族酸茶最为有名且更具代表性。目前,国内对酸茶研究多以文化研究为主,普遍存在起步晚、重视程度不够、研究手段落后等问题,且酸茶还存在以家庭作坊式生产、加工工艺复杂、口耳相承及制作传承人越来越少等现状,如若保护不善,将使中国酸茶处于濒临失传的尴尬局面^[7]。

与国内相比,泰国、缅甸及日本等国的部分地区也保留着制作和食用类似于中国酸茶的发酵茶,其中产自泰国北部南邦、清莱、帕尧楠、帕、清迈等海拔600~1 000 m山麓地带的可食用酸茶‘Miang’与中国酸茶最为相似,也是目前研究较多的酸茶产品^[7-8]。用于制备缅甸酸茶‘Laphet’的茶叶(*Camellia sinensis*)主要产自掸邦、莫谷及帕朗等气候适宜、湿度相当、阳光充足、土壤肥沃的山区^[9],随着历史变迁,缅甸酸茶逐渐成为当地人日常生活中必不可少的饮品及菜肴,并深受人们青睐。日本酸茶‘Awaban-cha’和‘Goishi-cha’分别流行于日本四国地区德岛县与高知县,相关报道表明上述日本酸茶均有着极强的降脂、抗氧化与预防糖尿病的生理功能^[10-12]。

2 酸茶发酵工艺

上述酸茶虽存在地理环境及文化差异,但加工过程均可分为原料前处理、多菌种附着发酵及后处理3个阶段。国内酸茶主要有德昂族酸茶及布朗族酸茶,而德昂族酸茶的制作工艺较为复杂,至今仍沿用传统土坑法制作^[13],其发酵工艺简述如下(表1):首先对茶叶(本地黑茶,属普洱茶的一种, *Camellia sinensis* var. *assamica*)进行分拣、晾晒、杀青(蒸煮1~2 h)、揉制等前处理,冷却至40℃左右后将之装入新鲜竹筒压实,用芭蕉叶等密封,接着土坑深埋,厌氧发酵3个月以上。厌氧发酵结

表1 各类酸茶发酵工艺的比较
Table 1 Comparison of fermentation processes of various pickled teas

项目	中国酸茶		泰国酸茶（‘Miang’） ^[17-19]		缅甸酸茶 ^[9] （‘Laphet tea’）	日本酸茶 ^[21-23]		
	德昂族酸茶 ^[13]	布朗族酸茶 ^[15-16]	丝状真菌发酵酸茶	非丝状真菌发酵酸茶		‘Awaban-cha’	‘Goishi-cha’	
前处理	采摘分拣、晾晒、 冲洗、杀青（蒸 1~2 h）、揉茶	采摘、分拣、杀青 （铁锅蒸、煮1~2 h）	采摘、分拣，用竹条将茶叶绑成小捆 （手刚好能抓住的一小撮）， 蒸1~2 h后重新分拣捆扎		采摘、分拣，蒸5~10 min 后去除多余水分，再次分拣 （挑选嫩叶）并手工揉制	采摘、分拣，煮 5~10 min后轻揉	采摘、分拣， 蒸2 h后去除嫩枝	
前发酵 （阶段1）	—	通风干燥处发酵7~10 d （脱水率50%~60%）	将捆好的茶叶置于竹篮内进行 丝状真菌附着的有氧发酵 （7~10 d）	—	将茶叶装入陶罐压紧， 进行前发酵（两周）	—	用水稻秸秆包裹覆盖， 进行真菌附着的有氧发 酵（7 d）	
厌氧发酵 （阶段2）	装入新鲜竹筒压实、密封， 深埋厌氧发酵（土坑深2 m、 直径3 m）	装入新鲜竹筒压实、密封， 深埋厌氧发酵（土坑法）	洗去真菌后置于竹篮内， 用香蕉叶或塑料包裹压实进行 厌氧发酵（5~7 d）	直接进行严格的厌氧发酵 （采用液态深层发酵）	重压脱水后厌氧 发酵（3~4月）	放入木桶中进行厌氧发酵（10 d）		
接种温度	30~40℃	室温	室温	室温	室温	室温	室温	
发酵方式	自然发酵	自然发酵	自然发酵		自然发酵	自然发酵		
主要发酵 菌群	酵母、芽孢杆菌属、乳酸菌等 （随发酵阶段不同而变化） ^[14]	酵母、乳酸菌等 ^[7]	酵母、真菌、乳酸菌、肠球菌属细菌等 ^[18]		与‘Miang’类似， 但以乳酸菌为主	乳酸菌	真菌及乳酸菌	
发酵时长	2~3个月	30~300 d	10~17 d	1~4周	3~12月	3~4月	12 d	17~20 d
后处理	压制成茶饼后太阳晒干， 剪成小片即可	直接食用或泡水饮用	制成酸味的‘Miang-Som’	短期发酵制成湿味的 ‘Miang-Faat’	长期发酵制成酸味的 ‘Miang-Som’	加入蒜沫、辣椒、盐、 鲜柠檬汁、调味粉及 花生油等制成食品	太阳下 晒干（2 d）	捣碎后太阳下 晒干（3 d）
消费方式	可泡水饮用，可食用 （作为零食和凉拌酸茶）， 也可直接嚼食	可泡水饮用，可食用， 也可直接嚼食	可泡水饮用，可直接嚼食， 也可加入盐、烤椰子、大蒜 和姜丝、调味粉等做成零食 或传统宗教仪式等活动中的 特殊食物食用 ^[19-20]		可泡水饮用，也可制成茶叶 沙拉‘Laphet-thoke’和茶歇 食品‘ahlu-laphet’食用	泡水饮用		

注:—,无此项内容或无相关文献报道。

束后用石碓捣碎,制成茶饼晾晒干后剪切成片状直接食用(泡茶饮用或直接嚼食),或用陶罐密封储存进行后发酵,最终制成风味独特的德昂族酸茶。

此外,在泰国、缅甸及日本等国家仍保留着制作和食用类似于中国酸茶的发酵茶,各类酸茶的发酵工艺详见表1。泰国酸茶‘Miang’、缅甸酸茶‘Lahpet’及日本酸茶‘Awaban-cha’与‘Goishi-cha’制备过程均采用传统家庭作坊式自然发酵,主要发酵菌群为酵母、丝状真菌及乳酸菌,发酵时间则因各地文化习俗与饮食习惯的差异而各有长短且差异显著。德昂族酸茶、日本酸茶‘Awaban-cha’及酸味泰国酸茶‘Miang-Som’均采用非丝状真菌发酵法,其余酸茶则采用两步发酵法,即要经历前发酵及厌氧发酵等两个阶段的发酵处理。后处理过程中,德昂族酸茶、日本酸茶‘Awaban-cha’和‘Goishi-cha’酸茶需干燥处理,其余酸茶则无需干燥处理。在消费方式方面,除日本酸茶仅作饮品外,其余酸茶既可泡水饮用,也可加入一定香辛料后作为零食或传统宗教仪式活动中的特殊食品,因而酸茶深受青睐。然而酸茶发酵工艺复杂,家庭作坊式生产导致的发酵参数及发酵菌群不确定等因素却制约其规模化与产业化发展,并给酸茶生产带来安全隐患^[8,23-24]。因此亟需通过改进工艺,提升酸茶品质与安全性,增加酸茶社会与经济附加值等方式推进酸茶产业化发展。

3 酸茶发酵微生物多样性分析

酸茶是一款具有民族特色的发酵茶,中国酸茶及盛行于国外的酸茶均为自然发酵,发酵工艺的差异及地域文化的不同,使各类酸茶在风味与菌群结构方面存在显著差异(表1)。大量难以培养分离菌群及未知菌群的存在,更加大了酸茶菌群结构分析的难度,因而基于分离培养及生理生化特征分析的传统鉴定及基于基因分析免培养的分子鉴定被应用于酸茶发酵微生物多样性分析中,以有效推进酸茶产业的发展。

酸茶发酵微生物多样性分析也同样历经了传统鉴定与分子鉴定的发展阶段,随着研究深入,酸茶发酵微生物多样性研究不再简单依赖于纯培养的生化鉴定或免培养的分子生物学分析,而是广泛采用生化鉴定与分子鉴定相结合的体系进行发酵菌群结构分析。最初,Okada等^[21]根据单宁酸能特异性筛选出细胞壁肽聚糖中含二氨基庚二酸植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum*)的特性及相关糖发酵实验的生化鉴定结果证实,酸茶‘Miang’中分布着大量*L. plantarum*和干酪乳杆菌假植物亚种(*L. casei* subsp. *pseudoplantarum*)等乳酸菌,其中又以*L. plantarum*为主要发酵微生物。Tanasupawa等^[18]通过生

化鉴定与分子鉴定相结合的体系发现,酸茶‘Miang’除了大量霉菌及耐单宁酸的酵母外,还分布着*Enterococcus camelliae* sp. nov.、*L. thailandensis* sp. nov.、*L. camelliae* sp. nov.、*Pediococcus siamensis* sp. nov.、*L. pentosus*及*L. vaccinostercus*等乳酸菌。深入研究发现,广谱抗菌化合物单宁酸及茶多酚的存在,让*L. plantarum*等乳酸菌及酵母菌成为酸茶的主要发酵菌群,即使酸茶的整个发酵生产过程并不是严格的无菌操作,但酸茶中依然未检出具有安全隐患的*Escherichia coli*及*Salmonella* sp.等肠道致病菌^[25]。此外,Okada等^[22]研究证实,日本酸茶‘Goishi-cha’的前发酵阶段以烟曲霉(*Aspergillus fumigatus*)、黑曲霉(*Aspergillus niger*)、青霉菌属(*Penicillium* sp.)及短尾帚霉(*Scopulariopsis brevicaulis*)等丝状真菌为主,而厌氧发酵阶段仅能分离到*L. plantarum*。万晶琼^[14]从酸茶中分离出23株菌,生化鉴定与分子鉴定结果表明,共分离到真菌4株,包括微小根毛霉(*Rhizomucor pusillus*)1株,*Lachancea fermentati* strain yHRM72 1株,未鉴定酵母属(Unclassified *Saccharomycetales*)真菌两株;细菌19株,含特基拉芽孢杆菌(*Bacillus tequilensis*)5株,枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)6株,芽孢杆菌属细菌(*Bacillus* sp.)6株,不动杆菌属(*Acinetobacter* sp.)细菌与解淀粉芽孢杆菌(*Bacillus amyloliquefaciens*)各1株^[14]。而基于高通量测序的群落结构动态分析结果也进一步证实,德昂族酸茶中分布着大量的真菌、枯草杆菌属细菌及乳酸菌等微生物,随着发酵进行,德昂族酸茶微生物的多样性先增后减,不同发酵阶段的优势菌也随之发生变化,3个发酵阶段的主要优势真菌依次为未鉴定酵母(Unclassified *Saccharomycetales*)、曲霉属(*Aspergillus*)真菌及假丝酵母(*Candida*);第1阶段的发酵优势菌以*Pantoea cyripedii*和*L. paracollinoides*为主,第2阶段以*Pantoea cyripedii*、*L. paracollinoides*和*L. plantarum*为优势菌,第3阶段则主要为*Lactococcus piscium*^[14]。

4 酸茶的生理功能

酸茶药食兼用、营养丰富的特性使酸茶能通过改善体内物质代谢、调节相关酶活性、防止体内过氧化环境形成、促进癌细胞凋亡、调节机体免疫、抑制病原微生物生长等机制,发挥抗氧化、保护肝脏、增强免疫、降压安神、改善睡眠、抗焦虑、抗肿瘤、抗糖尿病、抗肥胖及抗病毒与抗菌等生理功能^[2,19,26]。加之独特的民族文化属性,让酸茶成为当地文化活动与经济活动中必不可少的特色食物,并逐渐成为近年来的研究热点^[18]。

4.1 酸茶的抗氧化作用与护肝作用

酸茶‘Miang’中的茶多酚、单宁酸及茶多糖等活

性物质有抗氧化活性, Chartchai^[19]与Oh^[27]等的研究证实, 茶多酚能通过促进电子转移及氢原子传递、提高氧化还原电势、清除自由基及与酶金属离子活性中心发生螯合等机制发挥抗氧化作用。多酚类的黄酮能通过促进还原性氢原子与自由基结合, 进而阻止自由基链式反应发生, 抑制体内自由基生成的机制发挥抗氧化作用; 酸茶水溶性提取物能与亚铁离子螯合, 进而通过降低红细胞氧气运输效率、抑制氧化酶活性、降低细胞呼吸作用的方式发挥抗氧化作用^[18,27]。Chen Guijie等^[2]证实, 茶多糖是可直接口服的低毒或无毒化合物, 小鼠饲喂实验证实茶多糖能通过抑制消化酶活性及氢原子核转移, 增加超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)与肝谷胱甘肽含量, 降低机体自由基水平, 防止脂质过氧化; 降低丙二醛(malonaldehyde, MDA)水平, 增加天冬氨酸氨基转移酶(aspartate aminotransferase, AST)及乳酸脱氢酶活性等机制, 有效减轻脂肪肝及肝氧化应激反应造成的肝损伤, 进而起到保肝护肝作用。除上述抗氧化机制外, 茶多糖还能通过降低MDA、8-异前列腺素F2 α 、血清丙氨酸转氨酶、AST、血清总胆固醇及血清甘油三酯水平等机制保肝护肝^[28]。另外, Klayraung等^[29]发现源自酸茶‘Miang’的*L. fermentum* FTL10BR和FTL2311具有极强的抗氧化能力, 两菌株的培养上清液经2,2'-联氮-双-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸法检测的总抗氧化能力当量值分别为 $(24.09 \pm 0.12) \mu\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{mg})$ 和 $(22.54 \pm 0.12) \mu\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{mg})$, 而铁离子还原法检测的总抗氧化能力当量值则分别为 $(21.26 \pm 0.17) \mu\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{mg})$ 和 $(20.63 \pm 0.17) \mu\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{mg})$, 进一步说明两菌株均能通过降低自由基含量、增强还原能力的机制发挥抗氧化作用。

4.2 酸茶的免疫增强效应

茶多糖是酸茶中具有免疫增强效应的主要化合物, 能通过形成大分子免疫佐剂丹宁-多聚糖, 增加吞噬细胞Toll样受体-7表达及提高其活性, 增加血清抗体免疫球蛋白G含量与胸腺指数, 提升淋巴细胞转化率等机制增强机体免疫效应^[2]。Yuan Chengfu等^[30]在富硒绿茶多糖联合火棘多糖饲喂小鼠的实验中证实, 茶多糖类化合物确实能增强小鼠的机体免疫效应。另外, 茶叶类黑精素则能通过非特异性激活体内B淋巴细胞的机制增强机体免疫效应^[31]。

4.3 酸茶的抗肿瘤机制

酸茶中的茶多酚是抗肿瘤的主要活性物质, 尤其是茶多酚中的(-)-表没食子儿茶素没食子酸酯(epigallocatechin gallate, EGCG)更是能通过多种机制抗肿瘤^[31]。相关报道表明, 茶多酚具有比VC或VE更强的抗氧化能力, 能通过减少活性氧(reactive oxygen species, ROS)含量、提高细胞质抗氧化能力、降低基因组DNA突变频率、防止红细胞脂质过氧化、降低一氧

化氮引起的组织损伤及炎症反应等抗氧化机制发挥抗肿瘤作用^[31-32]。此外, 茶多酚类的EGCG能通过调控激活蛋白-1、丝裂原活化蛋白激酶等细胞信号转导通路关键因子活性, 阻断细胞信号传递的机制抑制肿瘤的发生与发展^[31,33]。Levitzi等^[34]研究证实血小板衍生生长因子受体、表皮生长因子受体和血管内皮生长因子等酪氨酸激酶受体活性增强与肿瘤的发生与发展联系紧密, EGCG则能通过抑制细胞DNA合成, 发挥上述酪氨酸激酶受体抑制剂的方式抗肿瘤^[31]。而Liu Shumin等^[35]研究证实, 茶多酚类物质能够通过诱导细胞周期阻滞和线粒体凋亡途径等机制抑制人乳腺癌细胞MCF-7的增殖, 其中线粒体凋亡途径更是能通过提高细胞ROS含量、促使核内DNA分解断裂及激活胞内细胞凋亡相关因子半胱氨酸天冬酶(Caspase-3和Caspase-9)的机制诱导MCF-7凋亡。另外, 药物外排泵P-糖蛋白(P-glycoprotein, P-gp)是肿瘤多重耐药性产生的关键, EGCG能通过P-gp活性调节剂及抑制肿瘤细胞生长的机理逆转肿瘤多重耐药性, 进而提高药物对肿瘤细胞的毒性作用^[31]。Shahrzad等^[36]研究证实, 单宁酸具有抗突变、抗癌、抗炎症及细胞毒性等特性, 能用于人体肿瘤等疾病的健康防治; 而色素能通过激活脾脏等淋巴组织中B细胞以及增加体内抗体含量的方式抗肿瘤^[37]。茶多糖则能通过提高肿瘤抑制因子热休克蛋白p53表达量、减少ROS含量进而降低基因突变频率的机制直接抗肿瘤。此外, 茶多糖还能通过增加细胞凋亡基因(*Bax*)与B淋巴细胞瘤-2基因(*Bcl-2*)比值(*Bax/Bcl-2*), 进而激活凋亡起始因子Caspase-9与凋亡执行促进因子Caspase-3所介导的线粒体凋亡途径杀伤肿瘤细胞^[2]。

4.4 酸茶的抗糖尿病与抗肥胖特性

糖尿病(diabetes mellitus, DM)是一类过量摄取葡萄糖从而引发严重高血糖症的慢性代谢病, 是威胁人类健康、造成人类死亡的六大世界性疾病之一, 到2025年预计患者人数将占全世界总人口的5.4%^[38]。相关报道表明, 高血糖诱导的氧化应激(oxidative stress, OS)反应是DM并发症——认知功能障碍的主要诱因, 茶多糖、儿茶素、单宁酸等活性物质具有极强的抗OS功能, 能通过降低自由基含量, 增加还原型谷胱甘肽含量, 增强SOD及谷胱甘肽过氧化物酶活性等抗氧化机理发挥抗糖作用^[39]。此外, 绿原酸、咖啡因、黄酮与儿茶素等活性物质还能通过 α -淀粉酶与 α -葡萄糖苷酶抑制剂的特性发挥抗糖作用; 而儿茶素中的EGCG更能通过改善血管内皮功能障碍、调节细胞因子表达、降低胰岛素抵抗作用、激活cAMP信号通路(又称cAMP-PKA信号通路)与磷脂酰肌醇-3激酶(phosphatidylinositol-3-kinase, PI3K)/蛋白激酶B(protein kinase B, Akt)信号通路, 减轻并发症, 提高机体免疫等机制调节机体血糖^[39]。Hiasa等^[10-11]

的研究证实,日本酸茶‘Awaban-cha’中的生理活性物质确实能通过抗氧化、降低血糖含量等机制调节机体血糖平衡,发挥抗糖尿病作用。肥胖是一类能量摄入远超过消耗,导致能量正平衡引发的代谢紊乱性疾病,能显著增加肥胖患者II型糖尿病、高血压、冠心病及各类癌症的患病率,是严重影响人类健康的世界性疾病^[40]。Xu Yan等^[40]研究证实,茶多糖、茶多酚及咖啡因等活性物质具有抗肥胖作用,其中,茶多糖能通过降低食物利用率、降低血清甘油三酯水平、改善血脂代谢与氧化水平、抑制脂肪酸吸收、下调白细胞介素-6和肿瘤坏死因子- α 表达水平等机制抗肥胖。而Sogawa等^[41]的研究证实,日本酸茶‘Awaban-cha’中的茶多糖、茶多酚及咖啡因等活性物质确实能通过有效降低实验田鼠的体质量与体脂比从而发挥抗肥胖特性,进而实现减肥降脂的目的。

4.5 酸茶的抗病毒与抗菌特性

微生物耐药性突变已成为危害人类健康的世界性难题,急需寻找新的抗菌与抗病毒药。茶多糖、EGCG、橙花叔醇等活性物质,甚至源自酸茶的益生性乳酸菌均表现出抗菌与抗病毒特性,加之其毒副作用小、易提取制备等特性,使酸茶成为制备良好抗菌、抗病毒药的重要资源库。相关研究表明,茶多糖对金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)、痤疮丙酸杆菌(*Propionibacterium acnes*)和幽门螺杆菌(*Helicobacter pylori*)等病原菌的黏附有选择性抑制作用^[2]。琼脂扩散法抗菌实验证实,茶多酚中的EGCG对变形链球菌(*Streptococcus mutans*)与远缘链球菌(*Streptococcus sobrinus*)等口腔致病菌及单增李斯特菌(*Listeria monocytogenes*)、福氏痢疾杆菌(*Shigella flexneri*)、伤寒沙门氏菌(*Salmonella enterica*)等食源性致病菌有较强抑制作用,橙花叔醇则对革兰氏阳性菌*Streptococcus mutans*等有极强的抑菌作用。而Das等^[42]的研究更证实了EGCG还具有极强的抗真菌与抗病毒特性,但上述生理活性物质的抑菌及抗病毒机理还有待于深入研究。另外,Klayraung等^[29]证实源自泰国酸茶‘Miang’的*L. fermentum* FTL2311和FTL10BR能通过破坏靶细胞膜结构,让细胞崩解的方式抑制单增李斯特菌DMST 17303(*Listeria monocytogenes* DMST 17303)、伤寒沙门氏杆菌DMST 5784(*Salmonella typhi* DMST 5784)、宋内志贺菌DMST 561(*Shigella sonnei* DMST 561)及金黄色葡萄球菌金黄亚种DMST 6512(*Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* DMST 6512)等食源性致病菌的生长。

4.6 其他生理活性作用

除上述生理功能外,酸茶中的茶多酚、茶多糖、单宁酸及咖啡碱等生理活性物质还具备储水、促进细胞增殖、防紫外、抗血管生成、抗感染、抗过敏、抗凝血、

防治心脑血管疾病、提神醒脑、缓解压力、缓解痛经等生理活性^[2,42-43],因而酸茶是一款药食兼用、营养丰富、市场潜力巨大的传统发酵茶。

5 结 语

综上所述,酸茶在风味物质分析、微生物群落结构及抗氧化研究等方面取得丰硕成果,但仍存在保护力度不够、研究起步晚、技术手段相对落后、开发应用不足、对影响酸茶品质的发酵工艺及发酵机理的研究深入不够等问题^[13-15,44]。基于酸茶研究现状与发展中存在的问题,今后要加强酸茶发酵工艺及发酵机理的研究:一是通过实地走访调查与整理,加强酸茶尤其是德昂族酸茶的发酵工艺及民族文化属性的研究,做好传承与保护;二是加强酸茶中乳酸菌及酵母等益生菌在酸茶品质形成中作用机理的研究,并通过分子生物学鉴定与代谢组学研究相结合的体系,阐明乳酸菌等益生菌与酸茶品质形成及其代谢产物变化的规律^[45],为酸茶产业化生产提供理论依据;三是结合酸茶发酵品质影响因素及代谢产物变化规律,利用乳酸菌等功能性益生菌改进酸茶发酵工艺,实现酸茶的纯种发酵或混合发酵,在传承与保护的同时提高酸茶的经济附加值。坚信随着社会发展和研究深入,人们将会科学地认识和了解传统发酵酸茶,消除对传统发酵酸茶的偏见,而基于传统发酵酸茶研发的新型功能性乳酸菌发酵酸茶系列产品将越来越受人们青睐,一旦该系列产品研发成功,将会成为一款市场前景广阔且具有良好保健功效的发酵茶,在给各大传统发酵酸茶产区带来良好经济效益与社会效益的同时,也会对当地居民的生活产生深远影响。

参考文献:

- [1] HUANG Youyi, XIAO Xiudan, CONG Liu, et al. A fermented tea with high levels of gallic acid processed by anaerobic solid-state fermentation[J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 71: 260-267. DOI:10.1016/j.lwt.2016.03.047.
- [2] CHEN Guijie, YUAN Qingxia, SAEEDUDDIN M, et al. Recent advances in tea polysaccharides: extraction, purification, physicochemical characterization and bioactivities[J]. Carbohydrate Polymers, 2016, 153(11): 663-678. DOI:10.1016/j.carbpol.2016.08.022.
- [3] KHAN N, MUKHTAR H. Tea and Health: studies in humans[J]. Current Pharmaceutical Design, 2013, 19(34): 6141-6147. DOI:10.2174/1381612811319340008.
- [4] 李昶罕, 秦莹. 德昂族酸茶的科技人类学考察[J]. 云南农业大学学报(社会科学版), 2015, 9(1): 116-122. DOI:10.3969/j.issn.1004-390X(s).2015.01.023.
- [5] 杨化冰. 饮茶习俗的文化生态比较研究[J]. 原生态民族文化学刊, 2017, 9(2): 21-27.
- [6] 王铁志. 人口分布和文化孤岛现象:以德昂族为例[J]. 黑龙江民族丛刊, 2007, 96(1): 15-22. DOI:10.3969/j.issn.1004-4922.2007.01.004.

- [7] 肖平. 酸茶微生物菌系分离与鉴定及茶酒发酵技术研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2012: 6-10.
- [8] TAMANG J. Plant-based fermented foods and beverages of Asia[M]. Boca Raton, Florida: the Chemical Rubber Company Press, 2012: 49-92.
- [9] HAN T, AYE K N. The legend of Laphet: a Myanmar fermented tea leaf[J]. Journal of Ethnic Foods, 2015, 2(4): 173-178. DOI:10.1016/j.jef.2015.11.003.
- [10] HIASA M, KUOKAWA M, OHTA K, et al. Identification and purification of resorcinol, an antioxidant specific to Awa-ban (pickled and anaerobically fermented) tea[J]. Food Research International, 2013, 54(1): 72-80. DOI:10.1016/j.foodres.2013.05.036.
- [11] HIASA M, KUOKAWA M, AKITA H, et al. Suppression of increased blood glucose levels in mice by Awa-ban tea following oral administration of mono- and disaccharides[J]. Journal of Functional Foods, 2014, 8(1): 188-192. DOI:10.1016/j.jff.2014.03.012.
- [12] HORIE M, NAR K, SUGINO S, et al. Comparison of antioxidant activities among four kinds of Japanese traditional fermented tea[J]. Food Science & Nutrition, 2017, 5(3): 639-645. DOI:10.1002/fsn3.442.
- [13] 李昶罕. 德昂族酸茶制作工艺及文化研究[D]. 昆明: 云南农业大学, 2014: 21-35.
- [14] 万晶琼. 酸茶发酵样品微生物与化学成分研究[D]. 昆明: 云南农业大学, 2016: 25-45.
- [15] 能利娟. 老曼峨布朗族的茶与社会文化研究[D]. 昆明: 云南民族大学, 2016: 25-28.
- [16] 陈红伟. 布朗族与茶[J]. 中国茶叶加工, 2000(3): 46-47.
- [17] SUKONTASING S, TANASUPAWAT S, MOONMANGMEE S, et al. *Enterococcus camelliae* sp. nov., isolated from fermented tea leaves in Thailand[J]. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 2007, 57(9): 2151-2154. DOI:10.1099/ijs.0.65109-0.
- [18] TANASUPAWAT S, PAKDEETO A, THAWAI C, et al. Identification of lactic acid bacteria from fermented tea leaves (miang) in Thailand and proposals of *Lactobacillus thailandensis* sp. nov., *Lactobacillus camelliae* sp. nov., and *Pediococcus siamensis* sp. nov.[J]. The Journal of General and Applied Microbiology, 2007, 53(1): 7-15. DOI:10.2323/jgam.53.7.
- [19] CHARTCHAI K, KRIDSADA U, APINUN K, CHALERMPONG S, et al. Recent research advances and ethno-botanical history of miang, a traditional fermented tea (*Camellia sinensis* var. *assamica*) of Northern Thailand[J]. Journal of Ethnic Foods, 2017, 8(12): 1-10. DOI:10.1016/j.jef.2017.08.006.
- [20] GYPMANTASIRI P, SRIBOONCHITTA S, WIBOONPONGSE A, et al. Policies for agricultural sustainability in northern Thailand[R]. London: IDE, 2001.
- [21] OKADA S, DAENGSUBHA W, UCHIMURA T, et al. Flora of lactic acid bacteria in Miang produced in Northern Thailand[J]. Journal of General & Applied Microbiology, 1986, 32(1): 57-65. DOI:10.2323/jgam.32.57.
- [22] OKADA S, TAKAHASHI N, N OHARA, et al. Microorganisms in fermentation of Goishi-cha, Japanese fermented tea leaves[J]. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi, 1996, 43(1): 12-20. DOI:10.3136/nskkk.43.1019.
- [23] KANPIENGJAI A, CHUI-CHAI N, CHAIKAEW S, et al. Distribution of tannin-tolerant yeasts isolated from Miang, a traditional fermented tea leaf (*Camellia sinensis* var. *assamica*) in northern Thailand[J]. International Journal of Food Microbiology, 2016, 238(12): 121-131. DOI:10.1016/j.ijfoodmicro.2016.08.044.
- [24] ZHAO Danyue, SHAH N P. Lactic acid bacterial fermentation modified phenolic composition in tea extracts and enhanced their antioxidant activity and cellular uptake of phenolic compounds following *in vitro* digestion[J]. Journal of Functional Foods, 2016, 20: 182-194. DOI:10.1016/j.jff.2015.10.033.
- [25] PHROMRUKACHAT S, TIENBURANATUM N, MEECHUI J. Assessment of active ingredients in pickled tea[J]. Asian Journal of Food and Agro-Industry, 2010, 3(3): 312-318.
- [26] TAN J F, ENGELHARDT U H, LIN Z, et al. Flavonoids, phenolic acids, alkaloids and theanine in different types of authentic Chinese white tea samples[J]. Journal of Food Composition & Analysis, 2017, 57: 8-15. DOI:10.1016/j.jfca.2016.12.011.
- [27] OH J, JO H, CHO A R, et al. Antioxidant and antimicrobial activities of various leafy herbal teas[J]. Food Control, 2013, 31(2): 403-409. DOI:10.1016/j.foodcont.2012.10.021.
- [28] SUN Yanfei, YANG Xingbin, LU Xinshan, et al. Protective effects of Keemun black tea polysaccharides on acute carbon tetrachloride-caused oxidative hepatotoxicity in mice[J]. Food and Chemical Toxicology, 2013, 58: 184-192. DOI:10.1016/j.fct.2013.04.034.
- [29] KLAYRAUNG S, OKONOGI S. Antibacterial and antioxidant activities of acid and bile resistant strains of *Lactobacillus fermentum* isolated from Miang[J]. Brazilian Journal of Microbiology, 2009, 40(4): 757-766. DOI:10.1590/S1517-83822009000400005.
- [30] YUAN Chegfu, LI Zhihong, PENG Fan, et al. Combination of selenium-enriched green tea polysaccharides and Huo-ji polysaccharides synergistically enhances antioxidant and immune activity in mice[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2015, 95(15): 3211-3217. DOI:10.1002/jsfa.7287.
- [31] DEMEULE M, MICHAUDLEVESQUE J, ANNABI B, et al. Green tea catechins as novel antitumor and antiangiogenic compounds[J]. Current Medicinal Chemistry-Anti-Cancer Agents, 2002, 2(4): 441-463. DOI:10.2174/156801102353930.
- [32] MITSCHER L A, JUNG M, SHANKEL D, et al. Chemoprotection: a review of the potential therapeutic antioxidant properties of green tea (*Camellia sinensis*) and certain of its constituents[J]. Medicinal Research Reviews, 1997, 17(4): 327-365. DOI:10.1002/chin.19974133.1.
- [33] CONNEY A H, LU Y P, LOU Y R, et al. Inhibitory effect of green and black tea on tumor growth[J]. Proceedings of The Society for Experimental Biology and Medicine, 2010, 220(4): 229-233. DOI:10.1046/j.1525-1373.1999.d01-39.x.
- [34] LEVITZKI A, GAZIT A. Tyrosine kinase inhibition: an approach to drug development[J]. Human & Experimental Toxicology, 1995, 14(7): 618-619. DOI:10.1126/science.7892601.
- [35] LIU Shumin, OU Shiyi, HUANG Huihua. Green tea polyphenols induce cell death in breast cancer MCF-7 cells through induction of cell cycle arrest and mitochondrial-mediated apoptosis[J]. Journal of Zhejiang University-Science B, 2017, 18(2): 89-98. DOI:10.1631/jzus.B1600022.
- [36] SHAHRZAD S, AOYAGI K, WINTER A, et al. Pharmacokinetics of gallic acid and its relative bioavailability from tea in healthy humans[J]. Journal of Nutrition, 2001, 131(4): 1207-1210. DOI:10.1093/jn/131.4.1207.
- [37] SAVA V M, GALKIN B N, HONG M Y, et al. A novel melanin-like pigment derived from black tea leaves with immuno-stimulating activity[J]. Food Research International, 2001, 34(4): 337-343. DOI:10.1016/S0963-9969(00)00173-3.
- [38] JIN Mingliang, ZHAO Ke, HUANG Qingsheng, et al. Isolation, structure and bioactivities of the polysaccharides from *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels: a review[J]. Carbohydrate Polymers, 2012, 89(3): 713-722.
- [39] FU Qiuyue, LI Qingsheng, LIN Xiaoming, et al. Antidiabetic effects of tea[J]. Molecules, 2017, 22(5): 849-868. DOI:10.3390/molecules22050849.
- [40] XU Yan, ZHANG Min, WU Tao, et al. The anti-obesity effect of green tea polysaccharides, polyphenols and caffeine in rats fed with a high-fat diet[J]. Food & Function, 2015, 6(1): 297-305. DOI:10.1039/c4fo00970c.
- [41] SOGAWA M, SEURA T, KOHNO S, et al. Awa (Tokushima) lactate-fermented tea as well as green tea enhance the effect of diet restriction on obesity in rats[J]. Journal of Medical Investigation, 2009, 56(1/2): 42-48. DOI:10.2152/jmi.56.42.
- [42] DAS S, TANWAR J, HAMEED S, et al. Antimicrobial potential of epigallocatechin-3-gallate (EGCG): a green tea polyphenol[J]. Journal of Biochemical and Pharmacological Research, 2014, 2(3): 167-174.
- [43] OKUBO T, UEDA T, OZEKI M, et al. L-theanine a unique amino acid of green tea and its relaxation effect in humans[J]. Trends in Food Science & Technology, 1999, 10(6/7): 199-204. DOI:10.1016/S0924-2244(99)00044-8.
- [44] RUNGRUANG Y, CHANTHACHUM S. Antioxidant activity of chlorophyll ethanol extracts from Phak Miang (*Gnetum gnemon* Linn.)[J]. Molecular Microbiology, 2009, 13(2): 183-196. DOI:10.1111/j.1365-2958.1994.tb00414.x.
- [45] 叶陵, 李勇, 王蓉蓉, 等. 我国传统发酵蔬菜中乳酸菌多样性的研究进展[J]. 食品科学, 2018, 39(15): 296-301. DOI:10.7506/spkx.1002-6630-201313064.