

DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.030742

引用格式:王茜,伍小丫,田文欣,等.红茶菌饮料原料开发及其营养功能研究进展[J].食品与发酵工业,2022,48(20):321-328.
WANG Qian, WU Xiaoya, TIAN Wenxin, et al. Research progress of kombucha beverages prepared from different raw materials and their nutritional function[J]. Food and Fermentation Industries, 2022, 48(20): 321-328.

红茶菌饮料原料开发及其营养功能研究进展

王茜¹, 伍小丫¹, 田文欣¹, 侯晨梓¹, 张宝善^{1,2}, 赵育^{1,2*}

1(陕西师范大学 食品工程与营养科学学院, 陕西 西安, 710119) 2(陕西省果蔬深加工工程技术研究中心, 陕西 西安, 710119)

摘要 传统红茶菌饮料是以糖茶水为主要原料,经红茶菌发酵后形成的一种功能性饮品。随着消费者的多元化需求日渐增长,不同口味、具有保健功效的新型红茶菌饮料层出不穷。该文总结了国内外发酵红茶菌饮料所用的不同原料,包括茶叶、果蔬汁、中草药、乳制品和副产物等,阐述了其相应的发酵工艺、营养成分和功效,为开发和优选红茶菌饮料的新型原料及配方、研发具有特殊风味和特定营养功能的红茶菌饮料提供参考,推动红茶菌饮料产业链的发展。

关键词 红茶菌;微生物组成;发酵原料;营养成分;功能

红茶菌饮料又称康普茶、海宝或胃宝,起源于我国秦朝,随后传入日本、俄罗斯以及欧洲、北美等地^[1]。红茶菌属于多种微生物组成的共生菌群,主要含有酵母菌和醋酸菌,少数还含有乳酸菌。传统的红茶菌饮料是由红茶菌发酵红茶糖水制成的无酒精或低酒精茶饮料,酸甜爽口且具有独特的发酵味感。同时,有机酸、茶多酚、葡萄糖醛酸等多种营养物质及有益微生物的存在,使之具有抑菌、抗氧化、抗癌、降血糖和保护肝脏等保健功效^[2]。

红茶菌饮料的制作方法简单,但由于菌种的多样性、发酵的复杂性以及产品的稳定性和安全性等问题,其很长一段时间以粗放的家庭小作坊生产为主。近年来,随着生物技术及生产体系的不断完善,红茶菌饮料的生产由作坊式向工业化转变,星巴克、可口可乐、百事等众多饮料行业巨头也相继进军红茶菌饮料领域,预计到2025年,国际红茶菌饮料的市场规模将达到54亿美元,市场前景可观^[3]。

传统红茶菌饮料的发酵原料为茶叶,主要包括红茶和绿茶。基于红茶菌饮料的保健优势、市场潜力与消费者日渐增长的多元化需求,近年来世界各地的研究人员都在积极开发和创新红茶菌饮料的原料和工艺,如通过红茶菌发酵果汁、蔬菜汁、中草药的浸提液以及牛奶等。由于其中一些原料本身含有碳水化合物,红茶菌可将其作为碳源,因此红茶菌对这些底物具有较强的适应性^[4-6]。此外,由于原料的特异性,发酵得到的新型红茶菌饮料与由红茶/绿茶发酵而成的传统茶饮料风格迥

异,具有特殊的风味和特定的保健功能。

在此背景下,本文梳理和总结了制作红茶菌饮料的不同原料,并阐述了各种原料的特点、相应的发酵工艺和生成的新型红茶菌饮料的特征,并提出了红茶菌饮料开发中主要存在的问题,为开发和优选红茶菌饮料的新型原料及配方、研发具有特殊风味和特定营养功能的新型红茶菌饮料提供理论依据和技术支持,以期推动红茶菌饮料产业的进一步发展。

1 红茶菌饮料中的微生物和化学组成

1.1 红茶菌饮料中的微生物组成及关系

参与红茶菌饮料发酵的微生物主要是酵母菌和醋酸菌,少数还含有乳酸菌。不同地区的红茶菌和不同培养基质都会影响其微生物的组成。表1为红茶菌饮料中的主要微生物组成。

在红茶菌饮料的制备过程中,红茶菌共生菌群之间存在着复杂的相互关系(图1)。酵母菌先通过转化酶将发酵原料中的蔗糖水解成葡萄糖和果糖,再通过糖酵解将得到的单糖转化为乙醇,当发酵液中同时存在葡萄糖和乙醇时,醋酸菌开始大量繁殖,将葡萄糖和乙醇分别转化为葡萄糖酸和乙酸,生成的乙酸又会促进酵母产生更多的乙醇,因此发酵中期酵母菌和醋酸菌处于互利共生的状态。同时,醋酸菌可以将D-葡萄糖和β-D-葡萄糖醛基转化为葡萄糖醛酸和D-葡萄糖酸-δ-内酯,后者又被酶解为葡萄糖酸。此外,一些红茶菌共生菌群中还存在乳酸菌,乳酸菌可利用

第一作者:硕士研究生(赵育副教授为通信作者,E-mail:yuzhao@snnu.edu.cn)

基金项目:陕西省科技厅重点研发计划一般项目(2019NY-131);西安市科技局项目(20193049YF037NS037);安康富硒研究院项目(Se-2020B01)

收稿日期:2022-01-18,改回日期:2022-03-02

酵母菌和醋酸菌的部分代谢产物进行繁殖,并将部分糖转化成乳酸等,但随着发酵液中乙醇含量的增加,乳酸菌的生长和代谢逐渐受到抑制^[12]。

表 1 红茶菌饮料中的微生物组成

Table 1 Microbial composition in kombucha

界	属	种	参考文献
细菌 (Bacteria)	醋酸杆菌属 (<i>Acetobacter</i>)	木醋杆菌 (<i>A. xylinum</i>)	[2]
		拟木醋杆菌 (<i>A. xylinoides</i>)	[7]
		产酮醋杆菌 (<i>A. ketogenum</i>)	[7]
		醋化醋杆菌 (<i>A. aceti</i>)	[2]
	葡萄糖杆菌属 (<i>Gluconacetobacter</i>)	巴氏醋杆菌 (<i>A. Pasteurian us</i>)	[7]
		汉逊德葡萄糖杆菌 (<i>G. hansenii</i>)	[8]
		中间葡萄糖杆菌 (<i>G. intermedius</i>)	[2]
		木葡萄糖杆菌 (<i>G. xylinus</i>)	[7]
	葡萄糖杆菌属 (<i>Gluconobacter</i>)	汉逊氏葡萄糖杆菌 (<i>G. hansenii</i>)	[8]
		浅井式葡萄糖杆菌 (<i>G. asaii</i>)	[8]
	乳杆菌属 (<i>Lactobacillus</i>)	内氏乳杆菌 (<i>L. nagelii</i>)	[7]
		植物乳杆菌 (<i>L. plantarum</i>)	[2]
酵母菌 (Yeast)	酒香酵母属 (<i>Brettanomyces</i>)	保加利亚乳杆菌 (<i>L. bulgaricum</i>)	[7]
		异酒香酵母 (<i>B. anomala</i>)	[9]
	类酵母属 (<i>Saccharomyces</i>)	拉比克酒香酵母 (<i>B. lambicus</i>)	[9]
		酿酒酵母 (<i>S. cerevisiae</i>)	[10]
裂殖酵母属 (<i>Schizosaccharomyces</i>)	巴氏酵母菌 (<i>S. pasteurianus</i>)	[10]	
	裂殖酵母属 (<i>Schizosaccharomyces</i>)	粟酒裂殖酵母 (<i>S. pombe</i>)	[11]
	假丝酵母属 (<i>Candida</i>)	布鲁克丝酵母菌 (<i>C. crusei</i>)	[2]
	德巴利酵母属 (<i>Debaryomyces</i>)	热带假丝酵母菌 (<i>C. tropicalis</i>)	[11]
		汉逊德巴利酵母 (<i>D. hansenii</i>)	[10]

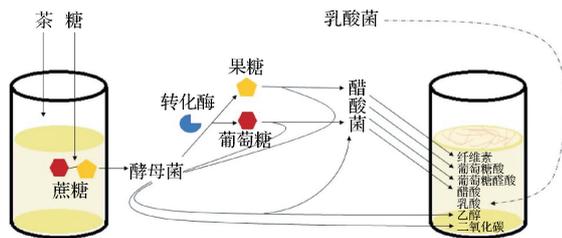


图 1 红茶菌饮料发酵过程中酵母菌、醋酸菌、乳酸菌的主要代谢活动

Fig. 1 Main metabolic activities of yeasts, acetic acid bacteria and lactic acid bacteria during a kombucha fermentation

注:红茶菌饮料是通过在茶糖水中加入红茶菌发酵剂来酿造的。红茶菌中的微生物通过分解糖分以及进行一系列的代谢反应,最终制得酸性、起泡和略带酒精的红茶菌饮料。在发酵过程中,微生物之间会发生协同和竞争的相互作用。实线表示所有红茶菌饮料中都有的酵母菌和醋酸菌的代谢反应,虚线表示部分红茶菌饮料中含有的乳酸菌代谢反应

1.2 红茶菌饮料中的化学成分及其功能

红茶菌饮料在发酵过程中产生了许多生物活性物质,如有机酸、多酚、黄酮、茶多酚、D-葡萄糖二酸-1,4-内酯和维生素等。这些物质给予红茶菌饮料特有的风味和特殊的功能。

红茶菌饮料的保健功能主要归功于乙酸、葡萄糖

酸、葡萄糖醛酸、苹果酸、柠檬酸、L-乳酸等有机酸^[13]。乙酸是红茶菌发酵过程中含量最高的有机酸。人体中,适量的乙酸消耗会减慢胃排空时间,阻断二糖酶(将二糖水解为单糖),增加肝脏和肌肉对葡萄糖的吸收,从而降低血液中的葡萄糖水平^[14]。同时,乙酸还可抑制肝脏中脂肪和胆固醇的生成,起到降低血清中的总胆固醇和甘油三酸酯的作用^[15]。红茶菌饮料中的葡萄糖醛酸含量较高(0.07~9.63 g/L),其可与肝脏中的毒素共轭而增加毒素的溶解度,有利于毒素从体内排出,因而葡萄糖醛酸具有保护肝脏的功能^[16]。

红茶菌饮料的保健作用也被归因于酚类等抗氧化物质的存在。这些物质通过清除与疾病有关的有害自由基,在体内发挥抗氧化剂的作用。红茶菌饮料中的多酚已被证明具有抗炎、抗氧化、抗癌和抗菌活性的功能^[17]。此外,黄酮类化合物也具有清除自由基的能力。YU 等^[18]的研究结果也进一步支持了红茶菌饮料中存在的类黄酮化合物在预防心血管疾病、骨质疏松症、癌症等方面起着至关重要的作用。总酚和总黄酮的含量随发酵时间的延长而增加,且红茶菌饮料的 pH 较低,可以使茶多酚稳定性增强,因此红茶菌饮料的抗氧化能力也增强^[19]。

此外,葡萄糖醋酸杆菌在发酵过程中产生的 D-葡萄糖二酸-1,4-内酯在对乙酰氨基酚诱导的毒性中也起到保护肝脏的主要作用^[20]。红茶菌饮料中还含有多种水溶性维生素(维生素 B₁、维生素 B₆、维生素 B₁₂ 和维生素 C)且含量较高,具有预防和改善糖尿病、抗氧化和抗衰老的作用^[21]。

综上,红茶菌饮料被认为具有消炎、抗菌、抗衰老、保护肝脏、治疗痔疮、调节肠道菌群、改善免疫系统、预防和治疗糖尿病、改善神经紊乱和失眠、降低血脂和胆固醇等诸多功效^[2,22]。随着消费者健康意识的提升,功能性红茶菌饮料倍受欢迎。传统的红茶菌饮料口味较为单一,已经无法满足消费者多元化的需求,因此新型的具有特殊风味和特定保健功能的红茶菌系列产品亟待开发。

2 不同发酵原料对红茶菌饮料理化品质和功能的影响

传统的红茶菌饮料是于沸水中加入一定量的红茶或者绿茶进行浸泡,再加入蔗糖,过滤后制成茶糖水。待其冷却后,将已发酵好的红茶菌的部分菌膜及少量菌液接种到其中,再在室温条件下静态培养 7~14 d,过滤后得到红茶菌饮料成品。近年来,随着越来越多

的国内外公司进军红茶菌饮料市场,以及消费者对饮料多元化的需求,新型红茶菌饮料如雨后春笋般涌现出来,其原料不仅仅局限于红茶或者绿茶,也有以果汁、香料和中药等为原料直接或间接进行发酵。国内外红茶菌饮料产品及所用底物/原料如表2所示。

同时,世界各地的研究团队以不同品种的茶叶、果汁、蔬菜汁、中草药浸提液以及食品加工副产物等作为原料,对红茶菌饮料的生产工艺、关键技术参数、感官品质及功能进行了研究。表3总结了以不同底物/原料发酵制得红茶菌饮料的特点及功能。

表2 红茶菌饮料产品制造商及其产品类型

Table 2 Manufacturers of kombucha beverage products and their product type

公司网址	主打产品	产品主要原料
http://tenwowfood.com/	海宝茶(发酵茶饮料)	红茶、速溶红茶粉、浓缩红葡萄汁、浓缩苹果汁
御膳堂品牌(微信公众号)	御膳堂风味活菌饮料	滇西红茶、安溪化黑茶、安徽天柱山绿茶、芜湖蜂蜜、枸杞
finefeatherskombucha.com	调和型康普茶	乌龙茶、绿茶、茉莉花、生姜、柠檬草、甘菊、薰衣草花
https://hummkombucha.com	原味/风味康普茶	红茶、白葡萄酒、甘蔗、罗汉果
http://www.ithacakombucha-company.com	康普茶酱、配料、调味品、康普茶饮料	芒果、树莓、葡萄、樱桃、百香果、覆盆子
marinkombucha.com	橡木味康普茶	原始橡木、生姜、柠檬香草、鼠尾草、苹果
https://sounkombucha.com	混合型康普茶饮品	啤酒花、葡萄柚、玫瑰花、柠檬皮、姜黄、干香草、香料
http://brewdrkombucha.com/	果汁/草药康普茶	冲泡茶、薰衣草、甘菊、玫瑰、菠萝汁

表3 红茶菌饮料的不同发酵原料及特点

Table 3 Different fermentation raw materials of kombucha fungus beverage

底物	分类	特点	参考文献
茶叶	红茶	口感佳,色泽、滋味、菌液状态较好	[23]
	绿茶	色泽、滋味、菌液状态最佳,最适合红茶菌生长	[23]
	乌龙茶	不适宜红茶菌菌种的生长,菌膜及菌液中菌群的生长状态均较差,且不能使红茶菌饮料呈现特有的品质特征	[23]
	普洱茶	色泽诱人呈橙红色,口味酸甜可口,产膜效率高	[24]
果汁	葡萄汁+红茶	酚类含量和抗氧化活性较发酵前有显著提高;具有抗菌活性	[25]
	苹果汁+红茶	与传统红茶菌饮料相比,产生更多的多酚类物质	[26]
	苹果汁/香橙汁/猕猴桃汁+红茶	对DPPH自由基的清除能力和对超氧阴离子自由基清除能力均可达90%以上	[27]
	椰子汁	总酚含量和抗氧化活性比传统红茶菌饮料显著提高,具有控制血糖的功效	[28]
蔬菜	蛇果汁	具有降血糖、抗氧化、降血脂的功效	[15]
	菊芋+红茶	与传统红茶菌饮料相比,产生更多的低聚果糖和果糖,可作为膳食补充剂	[29]
	老山芹+红茶	兼具茶香和老山芹的特殊香气	[30]
	菠菜	总酚含量较高,抗氧化性能较好	[31]
中草药及其浸提液	百里香/柠檬马鞭草/迷迭香/茴香/胡椒薄荷+红茶	对病原菌有较高的抑制活性,可作为天然的抑菌剂	[32]
	蜜蜂花+茶叶	具有显著的抗病原菌活性、更高的抗氧化活性,可降低染色体畸变频率	[33]
	肉桂+绿茶	有机酸含量、抗氧化性和抑菌活性与肉桂汁的浓度成正比;比传统红茶菌饮料的感官评分和营养成分的含量更高	[34]
	玫瑰红枣仁+红茶	6-阿魏酰斯皮诺素和辣甙的含量明显提高,可有效提高玫瑰和酸枣仁的镇静催眠药效	[35]
乳制品	生姜	富含生姜的生物活性成分,具有抗炎、抗肿瘤活性和抑制肿瘤增长、抗癌等功效	[36]
	西洋蓍草	具有良好的抗菌和抗氧化活性的作用,可能会对预防宫颈癌和人横纹肌肉瘤细胞起到一定的效果	[37]
	牛奶+红茶/绿茶	对肝脏、降血糖、降血脂、降血压有益;产品化学成分与酸奶的成分有明显差异,比酸奶更具有贮藏优势	[5,36,38]
	蜂蜜+红茶	L-乳酸含量明显提高,可作为红茶菌发酵的低成本碳源	[6,39]
副产品和废弃物	大豆黄浆水+红茶	带有果香和花香,感官品质提高;比未发酵的黄浆水抗氧化活性高;具有一定的抑菌能力	[40]
	香蕉皮	呈现出不同于传统红茶菌饮料的风味和色泽,酚类物质含量更高,具有较高的抗氧化活性	[41]

2.1 茶叶

传统的红茶菌发酵以茶叶和糖为主要原料,茶糖水为微生物提供了代谢所必需的营养物质。茶叶富含多种营养成分,主要有茶多酚、黄酮类、游离氨基酸和可溶性糖等。研究表明,茶叶中茶多酚的主体成分是儿茶素及其衍生物,是茶叶中具有保健功能的主要化学成分。不同种茶叶中儿茶素类化合物含量有所差异,如表4所示^[42-46]。不同茶叶的滋味、香气和色泽不尽相同,因而生产出来的红茶菌饮料理化性质和感官特性有所差异。

传统的红茶菌饮料通常以红茶或绿茶为底物

进行发酵。以红茶、绿茶为原料制备的红茶菌饮料中均含有较多的有机酸。其中,以绿茶为原料的红茶菌饮料在发酵第15天时乙酸浓度最高,以红茶为原料的红茶菌饮料在发酵第12天时葡萄糖醛酸的浓度最高;但两种发酵液乳酸含量均很低,仅在发酵第3天检测到柠檬酸。两种发酵液中总酚类化合物均随着发酵时间的增加而逐渐增加,抗氧化活性也随时间的增加而逐渐提高^[47]。此外,上述两种红茶菌饮料均对致病性念珠菌(*Candida*)有抑制作用,以绿茶为原料制备的红茶菌饮料抑菌效果较好^[32]。

近年来,也有以乌龙茶、黑茶、普洱茶等为底物发酵红茶菌饮料。研究发现,以乌龙茶和黑茶进行发酵,所得成品色泽、滋味、菌液状态均比绿茶和红茶差,菌膜量也较少,不能使产品呈现其特有的品质特

征,因而认为乌龙茶与黑茶糖水不适宜红茶菌生长^[23]。相反,也有研究认为黑茶适宜红茶菌发酵。王桥美等^[24]用速溶普洱茶进行发酵,得到的红茶菌饮料色泽诱人,口味酸甜可口,且产膜效率高。

表4 不同茶叶中儿茶素类化合物的含量

单位:mg/g

Table 4 The contents of the catechins in several kinds of tea

化学成分	红茶	绿茶	乌龙茶	黑茶	普洱茶
表儿茶素	1.41~2.19	4.90~7.27	1.75~4.85	0.00~6.06	0.33~0.49
表没食子儿茶素	2.84~3.23	21.06~36.53	3.57~30.61	0.00~20.28	0.12~0.60
表没食子儿茶素	6.82~8.92	5.34~9.97	3.07~3.58	0.29~17.08	0.07~0.11
表没食子儿茶素没食子酸酯	5.52~9.18	18.10~35.46	7.36~12.24	0.32~9.44	0.12~0.30
儿茶素	0.00~1.00	0.00~6.51	0.00~4.34	0.00~0.95	0.00~1.94
没食子儿茶素	0.00~0.14	0.00~4.02	0.00~5.02	0.72~4.73	0.00~2.75
咖啡碱	0.00~0.43	0.12~0.99	0.04~1.21	9.53~44.43	0.16~0.47
没食子酸	0.00~0.04	0.00~0.03	0.02~0.03	0.26~19.64	0.06~0.13
没食子儿茶素没食子酸酯	0.00~0.23	0.00~9.44	0.00~2.70	0.62~63.12	0.00~3.87

2.2 果汁

果汁含糖量较高,红茶菌可直接利用其作为碳源进行发酵。因此,大部分的红茶菌对果汁,如苹果汁、石榴汁、葡萄汁等都具有较强的适应性。用果汁制作红茶菌饮料可以分为向茶糖水中加入果汁发酵和直接用果汁发酵两类。

大多数研究是向茶糖水中加入果汁发酵,不但保留了茶叶本身的香气和营养成分,还会增加果香和特定的功能。葡萄汁富含钙、钾、维生素B、维生素C、多酚和人体所需的氨基酸等物质。向茶糖水中添加葡萄汁进行发酵,酚类含量和抗氧化活性均较发酵前有显著提高。在发酵第6天时,添加葡萄汁发酵的红茶菌饮料的颜色、酸度、香气、风味和整体评价得分最高。此外,由于发酵过程中形成了乙酸等有机酸以及其他生物活性物质,发酵液具有抑制幽门螺杆菌、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和根癌农杆菌等致病菌的作用^[25];苹果汁中含有大量的果糖和多酚,向茶糖水中加入15%(体积分数)的苹果汁发酵10d,制成的红茶菌饮料比传统的红茶菌饮料含有更多的多酚类物质^[26];此外,研究人员将不同种类的果汁进行对比,如在茶糖水中添加苹果汁、香橙汁、猕猴桃汁进行发酵,3种红茶菌饮料对DPPH自由基的清除能力和对超氧阴离子自由基清除能力均可达到90%,其中猕猴桃红茶菌饮料的总酚含量最高、对羟自由基清除能力最强,香橙红茶菌饮料次之,苹果红茶菌饮料最低^[27]。

少数研究是用果汁直接进行发酵,制得的新型红茶菌饮料与传统的红茶菌饮料风格迥异,具有水果自

身的特殊风味和特定的保健功能。椰子的营养价值丰富,含有糖类、脂肪、蛋白质、维生素等多种营养物质。用红茶菌直接发酵椰子汁7d,发酵液中总酚含量和抗氧化活性显著提高。此外,发酵液对淀粉水解酶的抑制活性显著提高,而发酵液在抑制 α -淀粉水解酶活性的同时会抑制 α -葡萄糖苷酶的活性,从而抑制葡萄糖的水解,降低人体生理系统中葡萄糖的含量,因此该饮料的升糖指数低,更有利于控制血糖^[28]。蛇果汁也可直接进行红茶菌发酵。研究发现,让糖尿病小鼠口服蛇果直接发酵14d的红茶菌饮料[剂量为5~15 mL/(kg·d)],可以使得小鼠血浆中的葡萄糖降低31%~59%,这主要是由于发酵后的蛇果红茶菌饮料中含有较高的单宁、多酚和有机酸,细胞对葡萄糖的摄取量增加,降低空腹血糖水平,从而起到降血糖的功效。与红茶发酵的饮料相比,蛇果红茶菌饮料中总酚和酸含量较高,治疗由链脲佐菌素诱导的糖尿病也更有效。同时,黄酮含量的升高,使小鼠服用饮料后血清中的超氧化物歧化酶活性上升,丙二醛含量下降,细胞的抗氧化活性增强。另外,服用红茶菌饮料后小鼠胰腺 β 细胞的再生能力增强,表明此饮料在降低血浆中的葡萄糖水平、减少氧化应激等方面与二甲双胍(应用最广泛的治疗糖尿病的药物)的活性相当^[15]。基于此,今后可以考虑用蛇果红茶菌饮料替代药物进行糖尿病的治疗。

2.3 蔬菜

与果汁相比,用蔬菜或蔬菜汁进行红茶菌发酵的产品或研究相对较少,其也可分为向茶糖水中添加蔬菜提取物或直接用蔬菜汁进行发酵这两种方式。

菊芋又名洋姜,地下块茎富含淀粉、菊糖等多糖类物质。以菊芋提取物和红茶为主要原料制备的红茶菌饮料与传统红茶菌饮料 pH 的变化相似,且菊芋块茎提取物中含有的多聚果糖在发酵过程中会水解产生低聚果糖和果糖^[29]。低聚果糖是肠内双歧杆菌的活化增殖因子,能促进微量元素铁、钙的吸收与利用,因此菊芋红茶菌饮料可以作为膳食的补充剂。老山芹又称山芹菜,富含膳食纤维、黄酮类和多种微量元素。柴丽娜等^[30]将老山芹汁添加到茶糖水中进行发酵,通过单因素和正交试验,确定了最佳发酵工艺,得到了酸甜可口,兼具茶香和老山芹特殊香气的老山芹红茶菌饮料。

菠菜含有多种酚类化合物,具有抗氧化作用。将红茶菌直接接种至含有 10% (体积分数) 的菠菜汁中直接进行发酵,菠菜红茶菌饮料的总酚含量随发酵时间的增长而增加,14 d 后的总酚含量比发酵前提高了将近一倍,抗氧化性能也有明显提高^[31]。

2.4 中草药及其浸提液

中草药是我国传统的兼具防治疾病与保健功能的天然植物,因此,利用红茶菌发酵中草药浸提液能使中草药和红茶菌饮料的功效双重升级。

百里香、柠檬马鞭草、迷迭香、茴香和胡椒薄荷均具有消炎、抑菌的作用。用红茶菌分别发酵添加上述中草药浸提液的茶糖水,21 d 后发酵液的抑菌活性显著高于未发酵的浸提液。其中,添加柠檬马鞭草浸提液和茴香浸提液的红茶菌饮料均对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、铜绿假单胞菌、鼠伤寒沙门氏菌、单核细胞增生李斯特菌等多种病原菌有较高的抑制活性^[32]。因此,上述中草药红茶菌发酵液或许可以成为一种天然的抑菌剂。蜜蜂花具有安神镇静、助消化、减轻压力的功效,其提取物常用于胃肠道的治疗。研究表明,以蜜蜂花提取物和茶糖水为底物制备的红茶菌饮料具有显著的抗细菌活性,且比传统红茶菌饮料具有更高的抗氧化活性。同时,此饮料可通过降低染色体畸变频率,使仓鼠卵巢细胞 CHO-K1 对毒物具有抵抗作用^[33]。肉桂中含有肉桂醛,具有抗氧化作用和抑菌活性。SHAHBAZI 等^[34]研究发现,在茶糖水中添加 25% ~ 100% 的肉桂汁,发酵后得到的红茶菌饮料中有机酸含量、抗氧化性能和抑菌活性随肉桂汁浓度的提高而提高。而与传统的红茶菌饮料相比,添加肉桂汁的红茶菌饮料味道、气味、愉悦度、酸度和颜色等方面均得分较高,且肉桂酸、丁香酚和香豆素等活性物质含量更高;玫瑰(干花蕾)和酸枣仁作为

我国传统的中草药,富含多酚、黄酮和皂苷类的物质,具有抗氧化、镇静催眠的作用。用红茶菌菌膜分别发酵玫瑰花浸提液、酸枣仁浸提液及二者的混合液,三种发酵液的总酚和总黄酮含量均有显著提高。其中,玫瑰花和酸枣仁混合发酵饮料的口感(酸味和苦味)最佳。同时,混合发酵液中两种典型的镇静催眠物质,6-阿魏酰斯皮诺素和棘甙的含量较发酵前有显著提高,说明经红茶菌发酵可以有效提高玫瑰和酸枣仁的药效^[35]。

此外,也有单独用中草药及其浸提液进行发酵的,蔗糖一般作为红茶菌的碳源。例如,生姜具有散寒、止呕、止咳、解毒的功效,常用于治疗风寒感冒,脾胃寒症等。用红茶菌发酵生姜浸提液 10 d 得到的生姜红茶菌饮料富含 6-姜辣素、6-姜烯酚等,可以使小鼠(6~8 周)肿瘤匀浆中过氧化氢酶、谷胱甘肽和丙二醛的活性降低,具有一定的抗氧化、抗炎症和抗肿瘤功能^[36];西洋蓍草含有 100 多种生物活性物质,如芹菜素、樟脑、薄荷醇、槲皮素、芦丁、琥珀酸和水杨酸等,一般用于治疗烧伤、出血、消化系统紊乱、月经痉挛或肠胃胀气等疾病^[48]。用红茶菌发酵西洋蓍草浸提物可以得到具有良好的抗菌和抗氧化活性的西洋蓍草红茶菌饮料,对预防宫颈癌和人横纹肌肉瘤的细胞起到一定的作用^[37]。

2.5 乳制品

牛奶中含有丰富的蛋白质、脂肪、维生素、矿物质等营养物质,利用乳酸菌等益生菌发酵牛奶可以实现牛奶的营养升级,其产品因有助于提高免疫力和维护肠道健康而受到消费者的青睐。MALBAŠA 等^[5]在传统红茶菌的发酵基础上添加牛奶进行发酵,得到的产品较酸奶的干物质和蛋白质含量增多,灰分含量和脂肪含量差异不明显。此外,与酸奶感官指标下降趋势随贮藏时间的增加较为明显相比,因红茶菌饮料具有一定的抑菌特性,故以红茶菌发酵牛奶制成的饮料比酸奶更具有贮藏优势。ELKHTA 等^[36]以红茶菌对绿茶糖水进行前发酵,再以得到的红茶菌饮料继续发酵牛奶 3 d。发酵中生成的多肽具有抑制血管紧张素转换酶(angiotensin converting enzyme, ACE)的能力,ACE 会导致血压升高和充血性心力衰竭。因此,牛奶红茶菌饮料中的生物活性肽可能具有降血压的功效,甚至可以替代一些有副作用的降血压药。AL-DULAIMI 等^[38]用红茶菌先对红茶糖水进行前发酵,再加入脱脂牛奶进行主发酵,得到的产品相对于未发酵的牛奶和只用红茶糖水发酵的红茶菌饮料,均可以

显著降低大鼠血液中血糖、总血脂、丙氨酸转氨酶、天冬氨酸转氨酶和碱性磷酸酶的浓度。因此,用红茶菌发酵牛奶红茶糖水可能对肝脏和降血糖、降血脂有益。

2.6 食品加工副产物

食品加工过程中会产生大量的皮、渣等副产物。这些副产物大多被直接丢弃,容易造成环境污染,同时因大部分的物质中富含的营养素和生物活性成分不能被有效利用,还会造成宝贵资源的浪费。因此,也有部分研究探索用红茶菌对副产物进行发酵,实现资源的最大化利用。

制糖工业中会产生大量的副产物——糖蜜。糖蜜价格低廉,富含矿物质、维生素和有机化合物等有利于发酵的营养成分,与蔗糖相比,糖蜜中转化糖、生物素和氨基酸含量较高,这使得以糖蜜为发酵底物时,糖蜜红茶菌饮料中的 *L*-乳酸含量会有明显提高。而 *L*-乳酸不仅可以使红茶菌饮料口感更柔和,还可以提高消化能力,促进血液循环,维持人体酸碱平衡^[39]。因此,糖蜜可替代蔗糖作为红茶菌发酵的低成本碳源;黄浆水是豆腐加工过程中产生的废液,含有大量的低聚糖、大豆异黄酮等营养物质。黄浆水一般会被直接排放,造成资源浪费和环境污染,而用以红茶菌发酵为其再利用提供了新的途径。用红茶菌对黄浆水进行直接发酵,发酵液中酯类和醛类物质提高,使得黄浆水红茶菌饮料带有浓郁的果香和花香。由于糖苷型的异黄酮转化为苷元型的异黄酮,发酵后的黄浆水比未发酵的具有更高的抗氧化活性。此外,发酵后的黄浆水对金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌和大肠杆菌具有一定的抑制能力^[40]。因此,采用红茶菌进行黄浆水的发酵可以实现资源再利用,增加豆制品企业的经济效益;香蕉皮占香蕉果实质量的 30% 左右,主要含有酚类、缩合鞣质、蛋白质等营养物质,具有极高的附加值。PURE 等^[41]将香蕉皮干燥制成粉后,加入 100 g/L 的蔗糖和水,用红茶菌进行发酵。发酵后的溶液中酚类物质含量虽然比用红茶发酵的红茶菌饮料低,但比未发酵前有所提高,DPPH 自由基的清除率也更高。

3 结论与展望

红茶菌饮料酸甜爽口,具有抑菌、抗氧化、降血糖、保护肝脏和防癌抗癌等保健功效。随着人们对健康饮料的需求日益增加,红茶菌饮料也越来越受消费者的喜爱和欢迎,同时,随着消费者日益增长的多元

化需求,不同原料、不同口味以及不同功能的红茶菌饮料层出不穷。本文梳理了红茶菌饮料的不同发酵原料,发现红茶菌对底物的适应性较强,原料较为广泛,包括茶叶、果蔬汁、中草药、乳制品和食品加工中的一些副产物均可以被红茶菌利用。在发酵的过程中,原料中的生物活性成分可以释放到发酵液中,使得红茶菌饮料具有特定的功能。我国具有数千年的饮食养生文化,药食两用植物资源丰富。因此,我们可以尝试发掘更多的药食同源的原料,如黑木耳、山茱萸等,用红茶菌进行发酵,开发具有地域特色的红茶菌饮料。

本文总结了近年来国内外以不同原料酿造的红茶菌饮料的功能和特点,发现国内较多研究仅局限于确定新型红茶菌酿造的关键技术参数,对新产品的生物活性成分和功能探究较少。在今后的研究中,可以考虑探究新型红茶菌饮料的生物活性成分,并对其产生的体内/体外的功效进行深入研究,为特定人群(如高血糖高血压患者)的需求提供明确的证据和理论支持。此外,对于不同原料开发出的新型产品,很少有研究分析不同原料所造成的风味差异,关注其感官特性,因此,后续可系统研究新型红茶菌饮料中的风味物质组成和变化,对调整优化红茶菌饮料的配方起指导作用。

参 考 文 献

- [1] 魏书蓉,张亚楠,吴春,等.红茶菌的研究进展[J].亚太传统医药,2018,14(11):97-99.
WEI S R, ZHANG Y N, WU C, et al. Research progress of kombucha [J]. Asia-Pacific Traditional Medicine, 2018, 14(11):97-99.
- [2] 李如意,尹军峰,邹纯.红茶菌的国内外研究现状[J].浙江农业学报,2020,32(12):2291-2302.
LI R Y, YIN J F, ZOU C. Research status of Kombucha in the world [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2020, 32(12):2291-2302.
- [3] KIM J, ADHIKARI K. Current trends in kombucha: Marketing perspectives and the need for improved sensory research [J]. Beverages, 2020, 6(1):15.
- [4] TEOH A L, HEARD G, COX J. Yeast ecology of kombucha fermentation [J]. International Journal of Food Microbiology, 2004, 95(2):119-126.
- [5] MALBAŠA R V, MILANOVIĆ S D, LONČAR E S, et al. Milk-based beverages obtained by Kombucha application [J]. Food Chemistry, 2009, 112(1):178-184.
- [6] MALBAŠA R, LONČAR E, DJURIĆ M, et al. Effect of sucrose concentration on the products of Kombucha fermentation on molasses [J]. Food Chemistry, 2008, 108(3):926-932.
- [7] 赵平,郭莹莹,杨光,等.红茶菌研究现状[J].现代食品,2020(21):1-4.

- ZHAO P, GUO Y Y, YANG G, et al. Research status of kombucha [J]. *Modern Food*, 2020(21):1-4.
- [8] 冯劲, 施庆珊, 冯静, 等. 一株产细菌纤维素菌株的筛选鉴定及其产物分析[J]. *生物技术通报*, 2012(7):140-145.
- FENG J, SHI Q S, FENG J, et al. Isolation, screening and identification of a cellulose producing bacteria and analysis of its products [J]. *Biotechnology Bulletin*, 2012(7):140-145.
- [9] MARSH A J, O'SULLIVAN O, HILL C, et al. Sequence-based analysis of the bacterial and fungal compositions of multiple kombucha (tea fungus) samples[J]. *Food Microbiology*, 2014, 38:171-178.
- [10] 吴薇, 盖宝川, 籍保平. 红茶菌混合菌种的分离与鉴定[J]. *食品科学*, 2004, 25(4):55-58.
- WU W, GAI B C, JI B P. Study on the isolation and identification of microbes of kombucha [J]. *Food Science*, 2004, 25(4):55-58.
- [11] 蒋立文. 红茶菌优势微生物的分离、鉴定及抗菌机理的研究[D]. 长沙:湖南农业大学, 2007.
- JIANG L W. Studies on isolation and identification of predominant microbes from kombucha and their anti-microbes mechanism[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2007.
- [12] JAYABALAN R. Effect of kombucha tea on aflatoxin B1 induced acute hepatotoxicity in albino rats-prophylactic and curative studies [J]. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 2010, 53(4):407-416.
- [13] VILLARREAL-SOTO S A, BEAUFORT S, BOUJILIA J, et al. Understanding kombucha tea fermentation: A review[J]. *Journal of Food Science*, 2018, 83(3):580-588.
- [14] ZUBAIDAH E, AFGANI C A, KALSUM U, et al. Comparison of *in vivo* antidiabetes activity of snake fruit Kombucha, black tea Kombucha and metformin [J]. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 2019, 17:465-469.
- [15] ZUBAIDAH E, IFADAH R A, KALSUM U, et al. Anti-diabetes activity of Kombucha prepared from different snake fruit cultivars [J]. *Nutrition & Food Science*, 2019, 49(2):333-343.
- [16] YAVARI N, ASSADI M M, MOHADAM M B, et al. Optimizing glucuronic acid production using tea fungus on grape juice by response surface methodology [J]. *Journal of Applied Sciences Research*, 2011, 5(11):1788-1794.
- [17] BHATTACHARYA D, BHATTACHARYA S, PATRA M M, et al. Antibacterial activity of polyphenolic fraction of kombucha against enteric bacterial pathogens [J]. *Current Microbiology*, 2016, 73(6):885-896.
- [18] YU J, BI X J, YU B, et al. Isoflavones: Anti-inflammatory benefit and possible caveats [J]. *Nutrients*, 2016, 8(6):361.
- [19] BANERJEE D, HASSARAJANI S A, MAITY B, et al. Comparative healing property of kombucha tea and black tea against indomethacin-induced gastric ulceration in mice: Possible mechanism of action [J]. *Food & Function*, 2010, 1(3):284-293.
- [20] JAYABALAN R, MALBAŠA R V, SATHISHKUMAR M. Kombucha [M]//Reference Module in Food Science. Amsterdam: Elsevier, 2016.
- [21] JAYABALAN R, MALBAŠA R V, LONČAR E S, et al. A review on kombucha tea-microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus [J]. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2014, 13(4):538-550.
- [22] DUFRESNE C, FARNWORTH E. Tea, kombucha, and health: A review [J]. *Food Research International*, 2000, 33(6):409-421.
- [23] 过慈妹, 方世辉. 不同茶类茶汤对红茶菌生长及品质的影响 [J]. *茶业通报*, 2007, 29(3):129-131.
- [24] 王桥美, 杨瑞娟, 严亮, 等. 速溶普洱茶对红茶菌饮料发酵的影响 [J]. *食品与生物技术学报*, 2016, 35(2):197-204.
- WANG Q M, YANG R J, YAN L, et al. Effect of instant Pu'er tea content on kombucha fermentation [J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2016, 35(2):197-204.
- [25] AYED L, BEN ABID S, HAMDI M. Development of a beverage from red grape juice fermented with the Kombucha consortium [J]. *Annals of Microbiology*, 2017, 67(1):111-121.
- [26] LIAMKAEW R, CHATTRAANIT J, DANVIRUTAI P. Kombucha production by combinations of black tea and apple juice [J]. *Science and Technology*, 2016, 6(2):139-146.
- [27] 高妍妍, 朱显峰. 水果红茶菌饮料抗氧化活性分析 [J]. *食品科技*, 2018, 43(2):151-155.
- GAO Y Y, ZHU X F. Analysis on antioxidant activity of fruit Kombucha beverage [J]. *Food Science and Technology*, 2018, 43(2):151-155.
- [28] WATAWANA M I, JAYAWARDENA N, GUNAWARDHANA C B, et al. Enhancement of the antioxidant and starch hydrolase inhibitory activities of king coconut water (*Cocos nuciferavar. aurantiaca*) by fermentation with kombucha 'tea fungus' [J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2016, 51(2):490-498.
- [29] LONCAR E, MALBASA R V, KOLAROV L. Kombucha fermentation on raw extracts of different cultivars of Jerusalem artichoke [J]. *Acta Periodica Technologica*, 2007(38):37-44.
- [30] 柴丽娜, 徐伟, 吕欢, 等. 老山芹红茶菌发酵饮料的工艺 [J]. *食品工业*, 2019, 40(6):69-73.
- CHAI L N, XU W, LYU H, et al. The technology of fermented heraclum dissectum beverage of kombucha [J]. *The Food Industry*, 2019, 40(6):69-73.
- [31] ASPIYANTO, SUSILOWATI A, ISKANDAR J M, et al. Characteristic of fermented spinach (*Amaranthus* spp.) polyphenol by kombucha culture for antioxidant compound [C]//AIP Conference Proceedings. Author(s), 2017.
- [32] BATTIKH H, BAKHROUF A, AMMAR E. Antimicrobial effect of kombucha analogues [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2012, 47(1):71-77.
- [33] VELIĆANSKI A S, CVETKOVIĆ D D, MARKOV S L, et al. Antioxidant and antibacterial activity of the beverage obtained by fermentation of sweetened lemon balm (*Melissa officinalis* L.) tea with symbiotic consortium of bacteria and yeasts [J]. *Food Technology and Biotechnology*, 2014, 52(4):420-429.
- [34] SHAHBAZI H, HASHEMI GAHRUE H, GOLMAKANI M T, et al. Effect of medicinal plant type and concentration on physicochemical, antioxidant, antimicrobial, and sensorial properties of kombucha [J]. *Food Science & Nutrition*, 2018, 6(8):2568-2577.
- [35] ZHANG S, CHENG M Q, LI Z D, et al. Composition and biological activity of rose and jujube kernel after fermentation with kombucha SCOBY [J]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2020, 44(10):e14758.
- [36] ELKHTA B E, EL-ALFY M, SHENANA M, et al. New potentially antihypertensive peptides liberated in milk during fermentation with selected lactic acid bacteria and kombucha cultures [J]. *Journal of*

- Dairy Science, 2017, 100(12):9 508 – 9 520.
- [37] VITAS J S, CVETANOVIĆ A D, MAŠKOVIĆ P Z, et al. Chemical composition and biological activity of novel types of kombucha beverages with yarrow[J]. Journal of Functional Foods, 2018, 44:95 – 102.
- [38] AL-DULAIMI F K Y, ABD-ALWAHAB W I A, HASAN A S. Bio-activity study of kombucha black tea and kombucha with skim milk on some of physiological and biochemical parameters in male albino rats[J]. International Journal of Pharmaceutical Research, 2018, 10(1):301 – 306.
- [39] MALBAŠA R, LONČAR E, DJURIĆ M. Comparison of the products of kombucha fermentation on sucrose and molasses[J]. Food Chemistry, 2008, 106(3):1 039 – 1 045.
- [40] 唐思颖, 涂传海, 胡文秀, 等. 红茶菌发酵黄浆水的体外抗氧化活性[J]. 食品科学, 2019, 40(17):1 – 6.
TANG S J, TU C H, HU W X, et al. Antioxidant activity of fermented soy whey with kombucha consortium[J]. Food Science, 2019, 40(17):1 – 6.
- [41] PURE A E, PURE M E. Antioxidant and antibacterial activity of kombucha beverages prepared using banana peel, common nettles and black tea infusions[J]. Applied Food Biotechnology, 2016, 3(2):125 – 130.
- [42] WANG K, LIU F, LIU Z, et al. Comparison of catechins and volatile compounds among different types of tea using high performance liquid chromatograph and gas chromatograph mass spectrometer[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2011, 46(7):1 406 – 1 412.
- [43] 朱柏雨, 夏陈, 罗棵灏, 等. 四川黑茶活性成分、抗氧化能力及品质评价[J]. 食品与机械, 2021, 37(8):24 – 32.
ZHU B Y, XIA C, LUO K B, et al. Active components, antioxidant capacity and quality evaluation of Sichuan dark tea[J]. Food & Machinery, 2021, 37(8):24 – 32.
- [44] YI T, ZHU L, PENG W L, et al. Comparison of ten major constituents in seven types of processed tea using HPLC-DAD-MS followed by principal component and hierarchical cluster analysis[J]. LWT - Food Science and Technology, 2015, 62(1):194 – 201.
- [45] LEE B L, ONG C N. Comparative analysis of tea catechins and theaflavins by high-performance liquid chromatography and capillary electrophoresis[J]. Journal of Chromatography A, 2000, 881(1–2):439 – 447.
- [46] ZUO Y G, CHEN H, DENG Y W. Simultaneous determination of catechins, caffeine and Gallic acids in green, Oolong, black and pu-erh teas using HPLC with a photodiode array detector[J]. Talanta, 2002, 57(2):307 – 316.
- [47] JAYABALAN R, SUBATHRADEVI P, MARIMUTHU S, et al. Changes in free-radical scavenging ability of kombucha tea during fermentation[J]. Food Chemistry, 2008, 109(1):227 – 234.
- [48] TADIĆ V, ARSIĆ I, ZVEZDANOVIĆ J, et al. The estimation of the traditionally used yarrow (*Achillea millefolium* L. Asteraceae) oil extracts with anti-inflammatory potential in topical application[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2017, 199:138 – 148.

Research progress of kombucha beverages prepared from different raw materials and their nutritional function

WANG Qian¹, WU Xiaoya¹, TIAN Wenxin¹, HOU Chenzi¹, ZHANG Baoshan^{1,2}, ZHAO Yu^{1,2*}

¹(College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China)

²(Research Center of Fruit and Vegetable Deep-Processing Technology, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China)

ABSTRACT Traditional kombucha is a functional beverage fermented by tea fungus and sweetened tea. With the growing diversified needs of consumers, a variety of new kombucha beverages with different flavors and health benefits have emerged. This paper summarizes different raw materials used in kombucha beverages, including tea, fruits and vegetable juices, herbs, dairy products as well as its by-products, and also the corresponding fermentation process, nutritional compositions and functions. This review will provide useful references for developing and selecting new raw materials and formulas for kombucha beverage. It will also provide a theoretical basis for developing kombucha beverages with special flavors and specific nutritional functions, in order to promote the development of kombucha beverage industry chain.

Key words kombucha; microbial composition; raw material; nutrition; function