

茶叶粉的基本成分及益生特性研究

邹妍, 胡家强, 王津, 刘爽, 王硕*

(南开大学医学院 天津市食品科学与健康重点实验室, 天津 300350)

摘要: 茶叶粉中含有多种生物活性成分, 包括茶多酚、茶氨酸、茶膳食纤维以及茶多糖等。人们常倾向于以嫩茶为名优品种, 但很少有人关注不同采收时期的茶粉间益生作用的区别。为探究不同采收时期茶叶粉的益生特性, 该文对嫩茶、中等嫩茶和老茶3种不同采收时期的绿茶粉进行了基本成分分析, 并在此基础上对3种茶叶粉进行24 h体外厌氧发酵, 测定肠道菌群数量变化及短链脂肪酸(short-chain fatty acids, SCFAs)含量差异。结果表明: 茶多酚、游离氨基酸及主要的儿茶素含量随着茶叶嫩度的降低而减少, 茶氨酸、膳食纤维和茶多糖则相反。3种不同嫩度的茶叶粉均能调节肠道菌群的组成结构以及丰度。对于乳酸菌、双歧杆菌、拟杆菌等有益菌, 茶叶粉促进其增殖, 促进效果老茶显著高于嫩茶和中等嫩茶; 对于大肠杆菌、产气荚膜梭菌、肠球菌等细菌, 茶叶粉可以抑制生长繁殖。茶叶粉还能提高肠道菌群发酵产生的SCFAs含量, 老茶的效果最显著。

关键词: 茶叶粉; 基本成分; 肠道菌群; 体外发酵; 益生特性

Studies of the Basic Components and Probiotic Properties of Tea Powder

ZOU Yan, HU Jia-qiang, WANG Jin, LIU Shuang, WANG Shuo*

(Tianjin Key Laboratory of Food Science and Health, School of Medicine, Nankai University, Tianjin 300350, China)

Abstract: Tea powder contains a variety of biologically active ingredients, including polyphenols, theanine, dietary fiber, and polysaccharides. People tend to view teas made from tender shoots as highest quality, however, they seldom concern themselves with probiotic differences between tea powders resulting from differences in harvest time. To explore the probiotic characteristics of tea powders harvested at different times, this paper analyzes the basic components of green tea powder from three different harvesting periods (tender shoot, medium tender, and coarse). Variations in microbial populations and short-chain fatty acids (SCFAs) produced in 24 h *in vitro* fermentations were measured to identify effects on the gut microbiota. The polyphenol, total free amino acid, and main catechin contents decreased, while theanine, dietary fiber, and polysaccharide content increased with decrease in tea powder tenderness. All three types of tea powder can influence the composition and abundance of intestinal flora. Tea powder can promote proliferation of beneficial bacteria including *Lactobacillus*, *Bifidobacteria*, and *Bacteroides*, with coarse tea having the most potent effect. Tea powder inhibited the growth and reproduction of *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens* and *Enterococci*. Tea powder also increased levels of SCFAs produced by the gut microbiota, with coarse tea being the most effective.

Key words: tea powder; basic components; intestinal flora; fermentation *in vitro*; probiotic properties

引文格式:

邹妍, 胡家强, 王津, 等. 茶叶粉的基本成分及益生特性研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(15): 20-26.

ZOU Yan, HU Jiaqiang, WANG Jin, et al. Studies of the Basic Components and Probiotic Properties of Tea Powder[J]. Food Research and Development, 2021, 42(15): 20-26.

基金项目: 南开大学中央高校基本科研业务费专项资金(63201218, 63201219)

作者简介: 邹妍(1995—), 女(汉), 硕士, 研究方向: 食品营养与健康。

* 通信作者: 王硕(1969—), 男(汉), 教授, 博士, 研究方向: 食品安全与营养。

茶叶的种植起源于中国,最早的人工种植茶叶距今已6 000多年。随着历史的演进,茶叶的种植与饮用逐渐得到发展与传播,并渐渐形成独特的茶文化,闻名于海内外各国。发展至今,茶叶的品种越来越多,目前已有数百种。人们越来越关注自己的健康,茶饮品也趁势风靡各地。短短几年,各类的茶饮品先后出现,使得人们对茶的研究又产生了新的兴趣。茶叶有着丰富的营养物质,如茶多糖、茶多酚、叶酸、茶氨酸、咖啡碱等,可以促进人体的健康,增强机体免疫力,具有广阔的发展前景。在烘焙产品、饮料中添加一定量的茶叶粉,既可以赋予食品独特的清新风味,又增加营养价值,具有社会经济及营养健康的多方面意义。

人们在饮茶时通常倾向于选择嫩茶,认为嫩茶是较高品质的茶,而老茶口感风味较差^[1]。事实上,老茶对健康起到的作用同样不容忽视。研究表明,粗老茶中含有较多的茶多糖、茶多酚等益生成分,对糖尿病等代谢疾病有缓解作用^[2],而丰富的膳食纤维也可以调节肠道菌群的动态平衡。因此了解嫩茶、中等嫩茶和老茶中各益生成分的含量,以及对人体肠道健康的作用,对于茶叶的综合利用,以及人们对茶叶的选择,有较为实际的意义。

茶多酚在人体胃肠道中主要被利用部位是结肠部分,结肠微生物可以将多酚类化合物转化为具有生物活性的物质,从而影响肠道的生态环境,促进乳酸菌、双歧杆菌等益生菌的增长,抑制幽门螺杆菌的有害菌产生毒素,进而改变肠道菌群组成^[3-5]。茶多糖是茶叶中重要的生物活性物质,在不同时期的茶叶中含量不同。Chen等^[6]以茯砖红茶为原料,发现茶多糖可以被大肠菌群分解利用,显著调节肠道菌群的组成和丰度。膳食纤维被称为“第七大营养素”,王津等^[7]通过体外发酵试验发现,茶叶膳食纤维可显著增加乳酸菌、双歧杆菌数量,对肠道中的肠杆菌、肠球菌和产气荚膜梭菌等条件致病菌和有害菌有一定的抑制作用。氨基酸是人体肠道中最先被利用的营养物质之一,它在肠道中可以被代谢产生大量的短链脂肪酸(short chain fatty acids, SCFAs),而SCFAs对肠道菌群有着重要影响,因而茶叶中的氨基酸对人体肠道菌群也有着直接或间接的影响^[8]。

如果要研究茶叶的主要成分对人体肠道菌群的作用,那么则需要采集口腔、胃和小肠中的代谢成分以及肠道中的菌群样品。但是这些操作真正在人类身上是无法实现的,即使用小鼠代替,其成本和操作量也非常大。在这种情况下,针对肠道微生物的体外发酵模型便应运而生,其对推动肠道微生态学、人体和

动物营养学的发展具有非凡意义。Minekus等^[9]基于生理相关条件提出了一种通用的标准化静态消化方法,概述了包括口腔、胃和小肠消化在内的参数框架下的体外发酵,为后来者构建体外发酵模型提供了依据。

本研究测定嫩茶、中等嫩茶及老茶中的各项基本成分含量,利用高效液相色谱法对3种时期的茶叶粉的茶多酚及儿茶素单体的含量进行量化,利用蒽酮-硫酸法测定3种时期的茶叶粉的茶多糖含量,利用茚三酮比色法对茶氨酸含量进行测定,利用碱提醇沉法对3种时期的茶叶粉的膳食纤维含量进行测定,在体外发酵试验中对人的胃肠道系统进行模拟,从而探究茶叶粉对人体肠道菌群的影响。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

乙腈、乙二胺四乙酸二钠、茚三酮溶液、硅藻土、2-(N-吗啉)乙磺酸(2-morpholinoethanesulfonic acid monohydrate, MES)、三羟甲基氨基甲烷(trometamol, TRIS);SIGMA-ALDRICH公司;抗坏血酸、乳酸细菌琼脂培养基、胰酪-亚硫酸盐-环丝氨酸琼脂培养基、双歧杆菌琼脂培养基、伊红美蓝琼脂培养基;上海恒斐生物科技有限公司;福林酚;上海源叶生物科技有限公司;Megazyme总膳食纤维检测试剂盒;上海甄准生物科技有限公司;蒽酮;北京凯瑞基生物科技有限公司;叠氮钠-结晶紫-七叶苷琼脂、LBS琼脂;北京诺博莱德科技有限公司。采用试剂均为生化级试剂。

3种不同采收时期的茶叶粉由杭州产的绿茶烘干碾碎加工而成。采收晚而成熟的茶,茶叶较少,梗较多,为老茶;芽与叶的比例高,一个芽和一到两片叶子结合在一起的,为嫩茶;中等嫩茶介于两者之间。

1.2 仪器与设备

Waters 2489 高效液相色谱仪;广州逸海科技有限公司;Infinite M200 PRO 酶标仪;瑞士帝肯公司;HER-Acell 150i(铜内胆)CO₂培养箱;赛默飞世尔科技有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 茶叶粉益生成分含量检测

采用GB/T 8314—2013《茶游离氨基酸总量的测定》的方法测定茶游离氨基酸含量。茶氨酸含量采用高效液相色谱(high performance liquid chromatography, HPLC)法测定,色谱条件参考GB/T 23193—2017《茶叶中茶氨酸的测定 高效液相色谱法》中的方法。茶多酚的测定方法为GB/T 8313—2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》中的福林酚法,各个儿茶素

单体采用 HPLC 法测定, 色谱条件参考马慧等^[10]的方法。茶叶中总膳食纤维、可溶性膳食纤维和不溶性膳食纤维采用试剂盒测定。膳食纤维化学成分中, 纤维素、半纤维素、木质素和果胶的含量测定参照董文成^[11]方法测定。茶多糖测定参考 Dubois 等^[12]的方法。

1.3.2 茶叶粉益生特性分析

参考马慧等^[10]的配方配制基础培养基, 小鼠粪便的收集采用的方法是逼迫法, 全程需避免杂菌感染, 将收集的小鼠粪便放入 4 组无菌离心管, 加入配制好的磷酸盐缓冲液 (phosphate buffer saline, PBS), 按体积比 1:9 稀释。在基础培养基中加入 10 mL 粪便稀释液 (接种量为 1%), 然后向其中加入样品, 待样品与小鼠粪便稀释液充分混匀后, 37 °C 下厌氧培养 24 h。对照组则以等量的生理盐水代替茶叶粉样品, 进行相同的接种和厌氧发酵处理。采用平板计数法, 10 倍梯度稀释。选取合适梯度的稀释液, 移取 100 μ L 稀释后的样品, 分别均匀涂布于各自的选择培养基上。

短链脂肪酸的测定采用气质联用色谱技术。将 2 mL 发酵液与 50 μ L 的 0.5 mol/L H_2SO_4 混合后, 一同置于离心管中, 加入 2 mL 乙醚, 经过 30 s 的萃取过程, 以 10 000 \times g 的离心力离心 5 min。取上清液用 0.45 μ m 的膜过滤。取 1 mL 滤得的上清液加入到含有

0.25 g 无水硫酸钠的离心管中, 再进行取样测量。

色谱试验条件如下: 色谱柱采用的是规格为 30 m \times 0.25 mm \times 0.25 μ m 的 Rtx-Wax 毛细管色谱柱, 载气使用的是纯度 >99.999% 的 He, 以 1 mL/min 的恒定流速通过色谱柱。设定的分流比为 10:1, 样品的进样量为 1 μ L, 进样温度设定为 240 °C 程序升温。程序升温设置为初温 100 °C 以 10 °C/min 的速率升温至 140 °C, 持续 1 min 然后以 60 °C/min 的速率程序升温至 200 °C, 持续 3 min, 离子化温度为 230 °C, 待温度上升到设定温度后, 即可开始进样, 待电脑端输出结果后, 采用外标法, 以乳酸、乙酸、丙酸和丁酸的纯组分作标准曲线, 得出 4 组样品 (对照、嫩茶、中等嫩茶和老茶) 中分别含有的乳酸、乙酸、丙酸和丁酸的产量。

1.4 数据处理

数据处理采用 spss17.0, 作图采用 Origin7.0 软件, 试验重复 3 个平行取平均值, 以 $p < 0.05$ 为有显著性差异。

2 结果与分析

2.1 茶叶粉益生成分含量分析

2.1.1 茶多酚及儿茶素单体含量分析

茶多酚及儿茶素单体含量见表 1。

表 1 茶多酚及儿茶素单体测定结果

Table 1 Contents of tea polyphenols and catechins monomers

组别	茶多酚/%	没食子酸儿茶素/(μ g/mL)	表儿茶素/(μ g/mL)	没食子酸酯/(μ g/mL)	儿茶素没食子酸酯/(μ g/mL)
嫩茶	20.27 \pm 1.02 ^a	7.40 \pm 0.76 ^a	3.66 \pm 0.89 ^a	13.53 \pm 0.78 ^a	3.98 \pm 0.08 ^a
中等嫩茶	18.33 \pm 0.89 ^b	5.60 \pm 0.49 ^b	3.12 \pm 0.75 ^b	11.07 \pm 0.66 ^b	3.01 \pm 0.12 ^b
老茶	17.03 \pm 1.13 ^c	4.29 \pm 1.10 ^c	2.56 \pm 0.50 ^c	9.02 \pm 0.29 ^c	2.67 \pm 0.14 ^c

注: 同列不同字母表示差异显著 ($p < 0.05$)。

由表 1 可见, 嫩茶的茶多酚含量达到了 (20.27 \pm 1.02)%, 显著高于中等嫩茶和老茶。在不同的儿茶素单体中, 没食子酸酯含量最高, 达到了 (13.53 \pm 0.78)%, 表儿茶素和儿茶素没食子酸酯的含量相近。3 种时期的茶叶粉中, 茶多酚含量与王海利等^[13]测得的茶多酚含量相近, 处于中等水平。茶多酚及儿茶素单体的含量高低均为: 嫩茶 > 中等嫩茶 > 老茶, 且茶多酚及各个儿茶素单体含量在 3 种时期的茶叶粉中具有显著差异, 这对之后做体外发酵试验有很好的比对性。从数据走势上可以得出结果: 茶多酚及主要的儿茶素含量随着茶叶嫩度的降低而减少。

Mamati 等^[14]的研究表明, 茶多酚在合成中需要多种酶 (苯丙氨酸酶、查耳酮合酶、二氢黄酮醇 4-还原酶) 的参与, 在茶的嫩叶中 PAL 基因和 CHS 基因能够得到高度表达, 但是在茶的老叶中则几乎无法检测到

这两个基因。王伟伟等^[15]通过对不同嫩度的红茶中的各种成分含量进行测定, 发现嫩度越高, 红茶中茶多酚及主要儿茶素的含量越高。张凌云等^[16]研究了不同采摘嫩度的绿茶鲜叶中的主要活性成分, 发现随着茶叶的嫩度增加, 绿茶的茶多酚含量逐渐增加, 呈正相关。这与本文得到的结果一致。

2.1.2 茶游离氨基酸及茶氨酸含量分析

茶游离氨基酸及茶氨酸含量分析见表 2。

表 2 茶游离氨基酸及茶氨酸测定结果

Table 2 Contents of free amino acids in tea and theanine

组别	游离氨基酸含量/%	茶氨酸/%
嫩茶	3.49 \pm 0.22 ^a	2.02 \pm 0.17 ^a
中等嫩茶	2.6 \pm 0.56 ^b	1.54 \pm 0.09 ^b
老茶	2.11 \pm 0.33 ^b	1.09 \pm 0.07 ^c

注: 同列不同字母表示差异显著 ($p < 0.05$)。

本文测定的3种时期的茶叶粉中,嫩茶的游离氨基酸含量最高,为(3.49±0.22)%,显著高于中等嫩茶和老茶,老茶和中等嫩茶游离氨基酸的含量没有显著差异。老茶的茶氨酸含量最低,仅为(1.09±0.07)%。茶氨酸的含量高低为:嫩茶>中等嫩茶>老茶。游离氨基酸和茶氨酸的含量在3种时期的茶叶粉中具有显著差异,具有良好的可比较性。游离氨基酸含量换算后,与文献中数值相比^[17],处于较高水平。付赢萱^[8]认为,茶

叶越老氨基酸含量越低。

王茹芸等^[19]的研究表明,茶叶的级别越高,游离氨基酸含量越高。可以明确的是老茶的茶氨酸含量是最低的,而对于嫩茶和中等嫩茶,单从茶叶的采摘时期无法判明,推测可能有其它因素干扰,如栽培条件,气候影响等^[20]。

2.1.3 茶叶膳食纤维含量分析

茶叶膳食纤维含量分析见表3。

表3 茶叶粉膳食纤维测定结果
Table 3 Contents of dietary fiber in tea powder

组别	总膳食纤维/%	可溶性膳食纤维/%	不溶性膳食纤维/%	果胶/%	木质素/%	纤维素/%	半纤维素/%
嫩茶	24.36±0.54 ^a	1.44±0.06 ^a	22.92±0.54 ^a	0.78±0.03 ^a	7.32±0.21 ^a	9.02±0.14 ^a	4.31±0.18 ^a
中等嫩茶	29.01±0.82 ^b	1.87±0.12 ^a	27.14±0.33 ^b	0.90±0.04 ^a	9.37±0.26 ^b	11.11±0.22 ^b	5.33±0.17 ^a
老茶	37.62±1.27 ^c	2.85±0.07 ^b	34.77±0.27 ^c	1.66±0.11 ^b	11.29±0.24 ^c	13.83±0.28 ^c	7.33±0.20 ^b

注:同列不同字母表示差异显著($p<0.05$)。

从表3中可以看出,3种时期的茶粉中,总膳食纤维含量分别占到(24.36±0.54)%,(29.01±0.82)%和(37.62±1.27)%,其中主要部分不可溶。膳食纤维的不同组分中,纤维素的含量最高,老茶可达到(13.83±0.28)%。本文所测定的有关膳食纤维的指标在3种时期的茶叶粉中的含量高低均为:老茶>中等嫩茶>嫩茶。茶叶粉膳食纤维的含量随着茶叶的嫩度降低而增加,这与徐雪萍^[21]的研究中,茶叶的老嫩程度显著影响着茶叶膳食纤维含量,随着嫩度的降低,茶叶膳食纤维含量逐渐增加一致。在显著性方面,3种不同采收时期的茶叶粉的总膳食纤维、不溶性膳食纤维、木质素和纤维素具有两两显著差异的特点,而可溶性膳食纤维、果胶和半纤维素在嫩茶与中等嫩茶间无显著差异,与老茶比则有显著差异。

2.1.4 茶多糖含量分析

茶多糖含量分析见表4。

在3种不同采收时期的茶叶粉中,茶多糖的含量高低为:老茶>中等嫩茶>嫩茶,最低的嫩茶多糖含量为(50.02±2.00)mg/g,和老茶的(167.04±1.93)mg/g差异显著。从数据走势上可以得出结果:茶多糖的含量随着茶叶的嫩度降低而增加。在显著性方面,茶多糖

表4 茶多糖测定结果
Table 4 Contents of tea polysaccharides

组别	茶多糖含量/(mg/g)
嫩茶	50.02±2.00 ^a
中等嫩茶	83.43±2.76 ^b
老茶	167.04±1.93 ^c

注:同列不同字母表示差异显著($p<0.05$)。

含量在3种时期的茶叶粉中具有显著差异,Wang等^[11]也认为老茶中的茶多糖含量比嫩茶中高,与本文的测定结果一致。这可能由于在生长发育过程中,茶的叶片通过光合作用形成的糖类不断积累逐渐增加^[22],另外,随着茶叶的成熟至衰老,代谢活动变缓,能量消耗逐渐减少,糖类的消耗也在减少。而且茶树的叶片在生长过程中,叶片的表面积增大,进行光合作用的能力也会相应地增大,一部分用于生长代谢,另一部分则会积累。

2.2 茶叶粉益生特性

2.2.1 茶叶粉体外发酵24h后肠道菌群计数结果

各组茶叶粉体外发酵24h后肠道菌群数量变化见表5。

表5 各组茶叶粉体外发酵24h后肠道菌群数量变化
Table 5 Quantity changes of intestinal microflora after 24 h fermentation with tea powder *in vitro*

组别	乳酸菌/(cfu/mL)	双歧杆菌/(cfu/mL)	大肠杆菌/(cfu/mL)	肠球菌/(cfu/mL)	产气荚膜梭菌/(cfu/mL)	拟杆菌/(cfu/mL)
对照	(8.99±0.34)×10 ⁷	(4.60±0.33)×10 ⁷	(6.89±0.11)×10 ⁷	(8.01±0.68)×10 ⁷	(3.26±0.53)×10 ⁷	(3.12±0.23)×10 ⁶
嫩茶	(2.31±0.14)×10 ⁸	(4.79±0.37)×10 ⁸	(1.09±0.08)×10 ⁶	(1.47±0.19)×10 ⁶	(3.14±0.57)×10 ⁶	(4.67±0.25)×10 ⁶
中等嫩茶	(4.20±0.38)×10 ⁸	(5.33±0.21)×10 ⁸	(2.12±0.11)×10 ⁶	(1.45±0.20)×10 ⁶	(3.08±0.1)×10 ⁶	(4.69±0.27)×10 ⁶
老茶	(9.99±0.51)×10 ⁸	(8.74±0.61)×10 ⁸	(5.79±0.21)×10 ⁶	(4.89±0.32)×10 ⁶	(3.63±0.26)×10 ⁶	(5.01±0.42)×10 ⁶

几种菌群中,拟杆菌含量最低,仅为 10^6 数量级,其它菌群数量级较为接近。其中乳酸菌和双歧杆菌经过茶粉的作用后,由 10^7 增长为 10^8 数量级。而大肠杆菌、产气荚膜梭菌和肠球菌受到生长抑制作用,都由 10^7 降为 10^6 数量级。3种不同时期的茶叶粉对肠道菌群数量均有促进或抑制的影响,并且影响程度及显著性不同。对于乳酸菌、双歧杆菌、拟杆菌等益生菌,茶叶粉有利于其在肠道中的增殖,茶叶嫩度越低,促进增殖作用越好,老茶组最优。乳酸菌及其代谢产物在肠道中起着重要作用:可以降低胆固醇,抑制肠道有害菌的增殖,提高机体免疫力,促进机体对矿物质的吸收和能量的转化,维持肠道菌群的微生态平衡^[23-24],老茶可显著促进乳酸菌的增殖。

肠道中的双歧杆菌是主要的革兰氏阳性严格厌氧型益生菌,能够合成多种消化酶、乳糖酶、多种氨基酸及维生素,具有抗肿瘤、抗衰老,增强机体免疫力等功能,此外还有抑制致病菌的增殖及毒素的侵袭,防止便秘等生理保健作用^[25]。3组茶叶粉均可显著提高双歧杆菌数量。随着茶叶嫩度降低,双歧杆菌的数量增加,其中老茶组的双歧杆菌增殖效果最好。其中,老茶组的膳食纤维和茶多糖含量均是最高,而膳食纤维和茶多糖是丰富的碳源来源,故可能由于老茶中膳食纤维和多糖含量高可作为碳源被肠道菌群利用。

拟杆菌是对人体有益的共生菌,在促进机体吸收、增强免疫系统、调节肠道平衡等方面具有重要作用。对拟杆菌的测定结果进行分析发现,同对照组比较,经过24 h体外发酵后,拟杆菌的数量降低不显著,即茶叶粉对拟杆菌的增殖并没有显著影响。

对于大肠杆菌、产气荚膜菌、肠球菌等可能引起人体患病的细菌,茶叶粉可以抑制它们的生长繁殖。大肠杆菌是常见的条件致病菌,普遍存在于动物或人体的肠道,在大多数情况下,大肠杆菌是无害的,但一旦存在引起其致病的因素或者因为特殊原因离开肠道进入泌尿道和腹腔时,会具有感染性。在经过24 h体外发酵后,3组茶叶粉均可抑制大肠杆菌的增殖,其中嫩茶组抑效果最好,可以显著降低大肠杆菌的数量。

肠球菌的毒性不高,但是有一定的致病能力,属于条件致病菌。对肠球菌的结果进行分析发现,在经过24 h体外发酵后,3组茶叶粉在降低肠球菌数量方面都具有较为显著的效果,嫩茶和中等嫩茶抑制效果较好,但二者无显著性差异。

产气荚膜梭菌是对人体有害的一种细菌,厌氧型,能够导致食物中毒和肠炎^[26]。对产气荚膜梭菌的结果进行分析,经过24 h体外发酵后,3组茶叶粉均可以

显著降低产气荚膜梭菌的数量,但是3种茶叶粉之间则无显著性差异。原因可能主要有两方面,一方面,茶多酚有效的抗菌活性已被学界所普遍公认,尤其是对肠道致病菌具有非常有效的抑制和杀灭作用^[27]。另一方面,益生菌如乳酸菌和双歧杆菌等与肠道中的有害菌之间存在拮抗作用,能够有效抑制有害菌的增殖^[28-29]。

2.2.2 茶叶粉体外发酵24 h后产生的短链脂肪酸结果

茶叶粉体外发酵24 h后短链脂肪酸(short-chain fatty acids, SCFAs)的含量见图1。

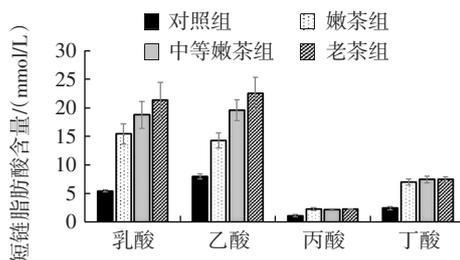


图1 茶叶粉体外发酵24 h后产生的SCFAs含量

Fig.1 SCFAs levels after 24 h *in vitro* fermentation with tea powder

肠道微生物产生的SCFAs是维持肠道平衡的重要代谢产物,参与体内不同器官的多种代谢。乙酸的来源非常广泛,大多数细菌代谢均可产生,它在人体中被运输到各个组织和器官,参与各项生命活动。在经过24 h体外发酵后,老茶组的乙酸、乳酸含量均为最高。丙酸在大肠中经过血液吸收后输送到肝脏,可以影响肝脏和胆固醇的代谢,抑制胆固醇的合成。肠道中很多微生物都能参与丁酸的合成,丁酸是肠上皮细胞能量的主要来源,可以为其提供60%的能量。经过24 h体外发酵后,3种茶叶粉均能显著提高丙酸和丁酸的含量,但是3种茶叶粉之间没有显著性差异。

综合来看,3组试验组中老茶组提高SCFAs含量的作用最优,改善肠道环境的效果最好,可能由于老茶对益生菌的促进效果最好,而SCFAs是益生菌的主要代谢产物。

3 结论

通过对嫩茶、中等嫩茶和老茶3种不同时期的绿茶叶粉的主要活性成分进行含量分析,发现随着茶叶粉嫩度的降低,茶多酚及主要的儿茶素含量逐渐减少,茶氨酸含量逐渐降低,茶叶粉膳食纤维的含量逐渐增加,茶多糖的含量逐渐增加。中等嫩茶和老茶的游离氨基酸含量相近。而体外发酵试验则证明,不同时期的茶叶粉均能调节肠道菌群的组成结构以及丰度,有利于乳酸菌、双歧杆菌等有益菌在肠道中的增

殖,其中老茶组的促进效果均为最优;同时可以抑制大肠杆菌、产气荚膜菌、肠球菌等可能引起人体患病的细菌在肠道中的生长繁殖,其中嫩茶组对大肠杆菌的抑制效果最佳。3种不同时期的茶叶粉对提高肠道菌群发酵产生 SCFAs 均有促进作用,茶叶粉在促进益生菌在肠道中增殖和提高乳酸、乙酸等短链脂肪酸的产量方面,老茶效果均为最优。

参考文献:

- [1] WANG Dongfeng, WANG Chenghong, LI Jun, et al. Components and activity of polysaccharides from coarse tea[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49(1): 507-510.
- [2] ZHU J X, CHEN Z Y, ZHOU H, et al. Effects of extraction methods on physicochemical properties and hypoglycemic activities of polysaccharides from coarse green tea[J]. Glycoconjugate Journal, 2020, 37(2): 241-250.
- [3] KUMAR SINGH A, CABRAL C, KUMAR R, et al. Beneficial effects of dietary polyphenols on gut microbiota and strategies to improve delivery efficiency[J]. Nutrients, 2019, 11(9): 2216.
- [4] WAN M L Y, CO V A, EL-NEZAMI H. Dietary polyphenol impact on gut health and microbiota[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2021, 61(4): 690-711.
- [5] WICIŃSKI M, GĘBALSKI J, MAZUREK E, et al. The influence of polyphenol compounds on human gastrointestinal tract microbiota [J]. Nutrients, 2020, 12(2): 350.
- [6] CHEN G J, XIE M H, WAN P, et al. Digestion under saliva, simulated gastric and small intestinal conditions and fermentation *in vitro* by human intestinal microbiota of polysaccharides from Fuzhuan brick tea[J]. Food Chemistry, 2018, 244: 331-339.
- [7] 王津, 茹鑫, 邹妍, 等. 茶叶膳食纤维作为益生元对肠道菌群的影响[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(11): 76-82.
WANG Jin, RU Xin, ZOU Yan, et al. Effect of tea dietary fiber as prebiotics on intestinal flora[J]. Food Research and Development, 2019, 40(11): 76-82.
- [8] 葛艳. 夏秋绿茶中茶氨酸的提取分离纯化及对肠道微生态的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2013.
GE Yan. Xtraction, isolation and purification of theanine from summer-autumn green tea and its influence on intestinal microecology [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2013.
- [9] MINEKUS M, ALMINGER M, ALVITO P, et al. A standardised static *in vitro* digestion method suitable for food—an international consensus[J]. Food & Function, 2014, 5(6): 1113-1124.
- [10] 马慧, 茹鑫, 王津, 等. 4种茶叶水提物及茶多酚的体外抗氧化性能研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(8): 65-70.
MA Hui, RU Xin, WANG Jin, et al. Study on the antioxidant capacity of four tea water extracts and tea polyphenols *in vitro*[J]. Food Research and Development, 2019, 40(8): 65-70.
- [11] 董文成. 柑橘果实膳食纤维物化特性及其性能表征研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2015.
- [12] DUBOIS M, GILLES K A, HAMILTON J K, et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances[J]. Analytical Chemistry, 1956, 28(3): 350-356.
- [13] 王海利, 杨秀芳, 孔俊豪, 等. 不同品种名优绿茶理化品质及挥发性成分分析[J]. 食品工业科技, 2019, 40(18): 217-223.
WANG Haili, YANG Xiufang, KONG Junhao, et al. Analysis of physical and chemical indicators and aroma components of different green tea[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(18): 217-223.
- [14] MAMATI G E, LIANG Y R, LU J L. Expression of basic genes involved in tea polyphenol synthesis in relation to accumulation of catechins and total tea polyphenols[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2006, 86(3): 459-464.
- [15] 王伟伟, 施莉婷, 苏威, 等. 不同嫩度鲜叶加工工夫红茶对品质和内含成分的影响[J]. 食品科技, 2018, 43(9): 128-133.
WANG Weiwei, SHI Liting, SU Wei, et al. Effect of different fresh tea leaves on quality and component contents of black tea processing[J]. Food Science and Technology, 2018, 43(9): 128-133.
- [16] 张凌云, 丁兆堂. 采摘嫩度对绿茶鲜汁饮料品质的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2009, 28(1): 23-27.
ZHANG Lingyun, DING Zhaotang. Effects of plucking standard on qualities of different green fresh tea beverage[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2009, 28(1): 23-27.
- [17] 王雪萍, 滕靖, 郑琳, 等. 不同鲜叶嫩度名优绿茶氨基酸组分差异分析[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(14): 166-170.
WANG Xueping, TENG Jing, ZHENG Lin, et al. Variance analysis of amino acid composition of famous green tea with different tenderness of fresh leaves[J]. Food Research and Development, 2019, 40(14): 166-170.
- [18] 付赢萱. 不同类别普洱茶的特性及其渥堆发酵研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2016.
FU Yingxuan. Study on characteristics and pile-fermentation of Pu-erh teas from different categories[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2016.
- [19] 王茹芸, 李亚莉, 周红杰. 普洱茶中氨基酸与贮期、级别及品质关系的研究[J]. 西南农业学报, 2012, 25(4): 1222-1226.
WANG Ruyun, LI Yali, ZHOU Hongjie. Study on relationship between amino acid and storage period, grade, quality of Pu-erh tea[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2012, 25(4): 1222-1226.
- [20] 李荣林. 茶叶中茶氨酸的研究[J]. 茶叶通讯, 1992, 19(3): 31-34.
LI Ronglin. Research on theanine in tea[J]. Journal of Tea Communication, 1992, 19(3): 31-34.
- [21] 徐雪萍. 茶叶膳食纤维的组成与抗氧化活性研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.

- XU Xueping. Study on composition and antioxidant activity of tea dietary fiber[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2013.
- [22] 邓桂春, 孙静怡, 张逸馨. 银杏叶不同生长期多糖分布研究[J]. 辽宁大学学报(自然科学版), 2010, 37(4): 303-305.
- DENG Guichun, SUN Jingyi, ZHANG Yixin. Study on polysaccharide distributing in different time *Ginkgo* leaf[J]. Journal of Liaoning University (Natural Sciences Edition), 2010, 37(4): 303-305.
- [23] SHINOHARA K, OHASHI Y, KAWASUMI K, et al. Effect of apple intake on fecal microbiota and metabolites in humans[J]. Anaerobe, 2010, 16(5): 510-515.
- [24] PESSIONE E. Lactic acid bacteria contribution to gut microbiota complexity: lights and shadows[J]. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology, 2012, 2: 86.
- [25] CUMMINGS J H, MACFARLANE G T. Gastrointestinal effects of prebiotics[J]. British Journal of Nutrition, 2002, 87(S2): S145-S151.
- [26] BRYNESTAD S, GRANUM P E. *Clostridium perfringens* and food-borne infections[J]. International Journal of Food Microbiology, 2002, 74(3): 195-202.
- [27] SAKANAKA S, JUNEJA L R, TANIGUCHI M. Antimicrobial effects of green tea polyphenols on thermophilic spore-forming bacteria[J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2000, 90(1): 81-85.
- [28] COLLADO M C, GUEIMONDE M, SANZ Y, et al. Adhesion properties and competitive pathogen exclusion ability of bifidobacteria with acquired acid resistance[J]. Journal of Food Protection, 2006, 69(7): 1675-1679.
- [29] TURRONI F, VENTURA M, BUTTÓ L F, et al. Molecular dialogue between the human gut microbiota and the host: a *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* perspective[J]. Cellular and Molecular Life Sciences, 2014, 71(2): 183-203.

加工编辑:姚骏

收稿日期:2020-09-02