

连翘叶固体饮料的研制及活性成分测定

刘星¹, 杨钰昆², 秦楠¹, 郭丽丽¹, 王小敏^{1*}

(1. 山西中医药大学中药与食品工程学院, 晋中 030619; 2. 山西大学生命科学学院, 太原 030006)

摘要: **目的** 以连翘叶、木糖醇、柠檬酸、麦芽糊精为主要原料, 开发一种连翘叶固体饮料。**方法** 通过单因素、正交实验对产品的色泽、气味、滋味、状态 4 个方面进行感官评判, 通过模糊数学法处理数据, 得到连翘叶固体饮料最佳配方。根据固体饮料的颗粒状态和溶解速度, 选取固体饮料产品颗粒粒径; 直接干燥法测定固体饮料的水分含量; 以高效液相色谱法测定固体饮料中连翘苷和连翘酯苷 A 的含量。**结果** 连翘叶固体饮料最佳配方为连翘叶提取物 30.3%、木糖醇 37.9%、柠檬酸 1.5%、麦芽糊精 30.3%; 固体饮料产品颗粒过 40 目筛; 水分含量为 6.1%, 符合国标要求; 固体饮料中连翘苷和连翘酯苷 A 的含量分别为 0.34% 和 0.27%。**结论** 该连翘叶固体饮料颗粒饱满, 溶解迅速, 冲调后呈透明的黄色, 气味淡雅, 酸甜适口, 本研究可为连翘叶固体饮料的开发提供支持。

关键词: 连翘叶; 固体饮料; 模糊数学法; 连翘苷; 连翘酯苷 A

Study on processing technology of *Forsythia suspensa* leaves solid beverage and determination of its active ingredients

LIU Xing¹, YANG Yu-Kun², QIN Nan¹, GUO Li-Li¹, WANG Xiao-Min^{1*}

(1. College of Pharmaceutical and Food Engineering, Shanxi University of Chinese Medicine, Jinzhong 030619, China;
2. School of Life Science, Shanxi University, Taiyuan 030006, China)

ABSTRACT: Objective To prepare a solid beverage from *Forsythia suspensa* leaves, xylitol, citric acid, maltodextrin. **Methods** The processing formula of *Forsythia suspensa* leaves solid beverage was optimized by single factor and orthogonal tests, combining with sensory evaluation method of fuzzy mathematics. The specific sensory evaluation indicators included color, fragrance, taste and character. The particle size of the solid beverage product was selected based on the particle state and dissolution rate of the solid beverage. The moisture content of the solid beverage was determined by direct drying method. The content of forsythin and forsythiaside-A in *Forsythia suspensa* leaves solid beverage were determined by high performance liquid chromatography. **Results** The optimum conditions were: *Forsythia suspensa* leaves concentrate 30.3%, xylitol 37.9%, citric acid 1.5%, and maltodextrin 30.3%. The solid beverage particle size was selected as 40 mesh. Solid beverage moisture content was 6.1%, in line with national standards. The content of forsythin and forsythiaside-A in *Forsythia suspensa* leaves solid

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(31701686)、山西省重点研发计划项目(201903D221032)、山西中医药大学科技创新能力培育计划“成果转化引导专项”项目(2020PY-ZH-04)

Fund: Supported by the National Natural Science Foundation of China (31701686), Key R&D Projects in Shanxi Province (201903D221032), and Shanxi University of Chinese Medicine Innovation Capability Cultivation Program "Achievement Transformation Guidance Special Project" (2020PY-ZH-04)

*通信作者: 王小敏, 博士, 副教授, 主要研究方向为食品化学与食品营养学。E-mail: wangxiaomin061@126.com

*Corresponding author: WANG Xiao-Min, Ph.D, Associate Professor, College of Pharmaceutical and Food Engineering, Shanxi University of Chinese Medicine, Jinzhong 030619, China. E-mail: wangxiaomin061@126.com

beverage were 0.34% and 0.27%, respectively. **Conclusion** The obtained *Forsythia suspensa* leaves solid beverage particles are full and dissolve quickly, and the color is clear and uniform after the preparation, the fragrance is light, the taste is refreshing, and the sweet and sour taste is palatable. This study can support the development of *Forsythia Suspensa* leaves solid beverage.

KEY WORDS: *Forsythia suspensa* leaves; solid beverage; fuzzy mathematics; forsythin; forsythiaside A

0 引言

连翘叶在我国中西部的山西、陕西、河北等地产量丰富,其主要活性成分有连翘苷和连翘酯苷 A 等,具有清热解毒^[1]、抗菌、保肝、利尿、止呕之功效^[2]。研究发现连翘叶子中有效成分如木质素、咖啡碱、糖苷等的含量较果实中高^[3-5]。大量研究表明连翘及连翘叶均具有抗氧化^[6-7]、抗疲劳、保肝护肝、降血糖的功能^[8-10]。在我国山西、河北等地连翘叶被人民群众认为具有良好的抗氧化作用,常作为保健茶食用,食用历史悠久,社会认可度高^[11-13],相关的记载可追溯到清朝《梦花堂从序》《茶经》等。连翘叶作为连翘药材副产物,量多易得,虽然连翘叶的功能和活性成分与连翘果实有较大相似性,但由于连翘叶没有进入药典所以一直以来没有被充分利用;2017年7月20日,国家卫计委正式将连翘叶列入新食品原料,这为以连翘叶为原料开发食品提供了支持。固体饮料具有体积小、质量轻、携带方便、易冲饮、保藏性良好的优点,随着现代化社会生活和工作节奏加快,易于冲泡保存的固体饮料市场需求量和产品生产量都迅速提高。本研究以连翘叶、木糖醇、柠檬酸、麦芽糊精为主要原料,开发了一种连翘叶固体饮料,采用模糊数学法进行感官评价,通过单因素、正交实验优化连翘叶固体饮料配方,以优、中、差为3个质量等级对产品的色泽、气味、滋味、状态4个方面进行感官评价。本研究有助于减少连翘叶的资源浪费,为连翘叶固体饮料的开发提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

连翘叶于7月份采摘自山西省安泽县野生连翘基地。

木糖醇、柠檬酸、麦芽糊精(食品级,河南圣斯德实业有限公司)。

1.2 仪器与设备

HH-2 数显恒温水浴锅(金坛市杰瑞尔电器有限公司); GZX-9140MBE 电热鼓风干燥箱(上海博讯实业有限公司医疗设备厂); AX224ZH1E 分析天平(奥克斯仪器常州有限公司); RRHP-100 万能高速粉碎机(欧凯莱芙香港实业公司); LPG-3400SD 液相泵、DAD-3000RS 紫外二极管阵列检测器、TCC-3100 柱温箱[赛默飞世尔科技(中国)有限公司]。

1.3 实验方法

1.3.1 连翘叶提取物的制备

取连翘叶用清水冲洗除尘,烘干,粉碎,采用蒸馏水以料液比 1:10(g/mL)在 60 °C 煎煮 1 h,过滤,滤液减压浓缩至原体积的十分之一(糖浆状,挂壁均匀,不拉丝)为连翘叶提取物,备用。

1.3.2 连翘叶固体饮料制备工艺流程

根据预实验连翘叶提取物直接进行热风干燥时,样品失水到一定程度后质地变得黏稠,需要的干燥时间较长,且干燥后硬度较大粉碎困难,得到的固体饮料溶解性较差。所以固体饮料制作时,在连翘叶提取物中加入木糖醇、柠檬酸调味后再加入麦芽糊精作为助干剂可以减少干燥时间,得到的固体饮料溶解性提高,同时麦芽糊精可以包埋连翘叶的一部分不良风味;原辅料搅拌均匀放入鼓风干燥箱中 60 °C 烘干,将干燥后的产品粉碎过筛,选择合适的粒径得到连翘叶固体饮料。连翘叶固体饮料制备工艺流程如下。

连翘叶→拣选清洗→干燥粉碎→煎煮过滤→浓缩配料→干燥粉碎→筛选→包装

↑
辅料

1.3.3 连翘叶固体饮料单因素实验设计

①连翘叶提取物添加量的确定:分别取连翘叶提取物 3、4、5、6、7 g,加入 3 g 木糖醇,0.3 g 柠檬酸,3 g 麦芽糊精,干燥后粉碎过 20 目筛。

②甜味剂添加量的确定:为保证饮料低糖、低热量,选择木糖醇为甜味剂,分别取木糖醇 2、3、4、5、6 g,连翘叶提取物 4 g,柠檬酸 0.3 g,麦芽糊精 3 g,干燥后粉碎过 20 目筛。

③柠檬酸添加量的确定:分别取 0.2、0.25、0.3、0.35、0.4 g 柠檬酸,4 g 连翘叶提取物,3 g 木糖醇,3 g 麦芽糊精,干燥后粉碎过 20 目筛。

④麦芽糊精添加量的确定:麦芽糊精作为固体饮料的助干剂和稳定剂有助于保持固体饮料的特色和香味,可以提高产品干燥性、促进产品溶解、改良其分散性,使产品口感醇厚细腻,并能抑制结晶析出^[14-15]。分别取麦芽糊精 1、2、3、4、5 g,连翘叶提取物 4 g,木糖醇 3 g,柠檬酸 0.3 g,干燥后粉碎过 20 目筛。

1.3.4 正交实验优化

根据单因素实验结果,对 4 种因素进行 $L_9(3^4)$ 正交实验优化连翘叶固体饮料配方,以模糊数学综合评分为实验指标。

1.3.5 产品质量标准

将制得的固体饮料在无色透明容器中用温开水

(60±1) °C按照 1:50(g/mL)的比例冲调, 进行感官评价。用评分法对单因素和正交实验产品进行感官检验, 感官评定标准如表 1 所示, 总共 10 人参与感官评定, 将产品的等级分为优、中、差 3 个等级。设定对产品色泽、气味、滋味、状态 4 个因素进行感官评价^[16]。

1.3.6 建立模糊矩阵

被评价产品的指标集合记为 $U, U=(U_1, U_2, U_3,$

$U_4)=($ 色泽, 气味, 滋味, 状态); 评价等级集 V 为对每个因素的评价, $V=(V_1, V_2, V_3)=($ 优, 中, 差), 3 个质量等级分值分别为 $V_1=10$ 分(优), $V_2=5$ 分(中), $V_3=2.5$ 分(差); 模糊矩阵 R 可用 $U \times V$ 表示。本研究依将被评价产品色泽, 气味, 滋味, 状态指标权重的集合记为 $X, X=(0.2, 0.1, 0.4, 0.3)$ 。需要进行评价的产品的集合即综合评判集 $Y, Y = X \times R$ 。

表 1 连翘叶固体饮料感官评价标准
Table 1 Sensory evaluation standard of *Forsythia suspensa* leaves solid beverage

感官指标	权重	V ₁ 优	V ₂ 中	V ₃ 差
色泽	0.2	颗粒呈棕黄色, 冲调后呈黄色且液体清亮有光泽	颗粒呈棕黄色, 冲调后色泽较深或较浅, 或液体稍有浑浊	颗粒呈棕黄色, 冲调后色泽太深或太浅, 或液体混浊无光泽
气味	0.1	冲调后有连翘叶特有的香味且有一定茶香	香味较浓或较淡, 没有茶香	香味不足或过浓令人不悦
滋味	0.4	口感清爽, 酸甜协调, 回味有淡淡的苦味	口感较清爽, 酸甜较协调, 回味稍苦或稍甜	口感甜腻或过酸, 令人不悦, 或苦涩味较重, 或口感太清淡
状态	0.3	颗粒均一, 不结块, 不飞粉, 冲调时能迅速溶解	颗粒均一, 不结块, 不飞粉, 溶解速度较慢, 搅拌后可溶解	颗粒较大、粘连, 或过细飞粉, 或不易溶解, 搅拌后仍有沉淀

1.3.7 固体饮料粒度的选择

将制备的固体饮料分别过 20、40、60、80、100 目筛, 将过筛后的固体饮料分别在无色透明容器中用温开水 (60±1) °C按照 1:50(g/mL)的比例冲调, 用玻璃棒搅拌均匀后, 根据颗粒状态, 溶解速度, 冲调后液体状态选择固体饮料的粒度范围。

1.3.8 固体饮料水分含量的检测

根据 GB/T 29602—2013《固体饮料》^[17]中的要求, 本研究研制的饮料属于植物固体饮料中的草本固体饮料, 其理化指标应包括水分含量, 固体饮料水分含量检测方法采用直接干燥法^[18]。

1.3.9 固体饮料连翘苷含量的测定

称取固体饮料样品 5 g 加 50 mL 60 °C热水搅拌溶解, 量取溶解后的固体饮料 3 mL 置具塞锥形瓶中, 加入 50% 甲醇 25 mL, 精密称定, 超声处理 30 min 用 50% 甲醇补足重量, 过 0.45 μm 有机滤膜后, 采用高效液相色谱法测定固体饮料中连翘苷的含量^[1]。

1.3.10 固体饮料连翘酯苷 A 含量的测定

采用高效液相色谱法测定固体饮料中连翘酯苷 A 的含量^[1], 样品处理方法与 1.3.9 中相同。

2 结果与分析

2.1 单因素实验结果分析

2.1.1 连翘叶提取物添加量结果分析

连翘叶提取物添加量对连翘叶固体饮料品质的影响, 经评定人员评定后各组得分情况如表 2 所示。

表 2 连翘叶提取物添加量对固体饮料风味影响评分结果
Table 2 Effect of extract from *Forsythia suspensa* leaves on the flavor of solid beverage

添加量/g	品评因素(U)	评价等级(V)		
		V ₁ (优)	V ₂ (中)	V ₃ (差)
3	U ₁	2	6	2
	U ₂	0	3	7
	U ₃	0	6	4
	U ₄	8	2	0
4	U ₁	4	5	1
	U ₂	3	7	0
	U ₃	4	5	1
	U ₄	7	3	0
5	U ₁	5	5	0
	U ₂	6	3	1
	U ₃	8	2	0
	U ₄	2	5	3
6	U ₁	3	3	4
	U ₂	8	2	0
	U ₃	2	7	1
	U ₄	2	5	3
7	U ₁	0	4	6
	U ₂	7	3	0
	U ₃	0	5	5
	U ₄	0	4	6

注: U₁ 表示色泽; U₂ 表示气味; U₃ 表示滋味; U₄ 表示状态。

上述表格中的数字表示每种因素的得分,得分除以评价人员总数10人,得到5组数据,根据数据建立模糊矩阵 R_1, \dots, R_5 如下:

$$R_1 = (r_{ij})_{4 \times 3} = \begin{Bmatrix} 0.2 & 0.6 & 0.2 \\ 0 & 0.3 & 0.7 \\ 0 & 0.6 & 0.4 \\ 0.8 & 0.2 & 0 \end{Bmatrix} \quad R_2 = (r_{ij})_{4 \times 3} = \begin{Bmatrix} 0.4 & 0.5 & 0.1 \\ 0.3 & 0.7 & 0 \\ 0.4 & 0.5 & 0.1 \\ 0.7 & 0.3 & 0 \end{Bmatrix}$$

$$R_3 = (r_{ij})_{4 \times 3} = \begin{Bmatrix} 0.5 & 0.5 & 0 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 \\ 0.8 & 0.2 & 0 \\ 0.2 & 0.3 & 0.5 \end{Bmatrix} \quad R_4 = (r_{ij})_{4 \times 3} = \begin{Bmatrix} 0.3 & 0.3 & 0.4 \\ 0.8 & 0.2 & 0 \\ 0.2 & 0.7 & 0.1 \\ 0.2 & 0.5 & 0.3 \end{Bmatrix}$$

$$R_5 = (r_{ij})_{4 \times 3} = \begin{Bmatrix} 0 & 0.4 & 0.6 \\ 0.7 & 0.3 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0.5 \\ 0 & 0.4 & 0.6 \end{Bmatrix}$$

其中 r_{ij} 为连翘叶固体饮料中第 i 个因素对应第 j 类评价(质量等级)的隶属度。根据模糊综合评判数学模型原理,用矩阵乘法计算样品对各类因素的综合隶属度 $Y=X \times R$, 对1号样品,其感官质量综合评判结果向量为:

$$Y_1 = (y_1, y_2, y_3) = (0.2, 0.1, 0.4, 0.3) \times \begin{Bmatrix} 0.2 & 0.6 & 0.2 \\ 0 & 0.3 & 0.7 \\ 0 & 0.6 & 0.7 \\ 0.8 & 0.2 & 0 \end{Bmatrix} = (0.28,$$

0.45, 0.27), 同理 2~5 号样品感官质量评判 $Y_2=(0.48, 0.46, 0.06)$, $Y_3=(0.54, 0.30, 0.16)$, $Y_4=(0.28, 0.51, 0.21)$, $Y_5=(0.07, 0.43, 0.50)$; 根据综合评分公式: $H_i = \sum_{j=1}^m j y_j$

计算出综合评分 H 值,得分越高产品感官品质越好,各组实验综合得分为:

$$\begin{aligned} H_1 &= 0.28 \times 10 + 0.45 \times 5 + 0.27 \times 2.5 = 5.73; \\ H_2 &= 0.48 \times 10 + 0.46 \times 5 + 0.06 \times 2.5 = 7.25; \\ H_3 &= 0.54 \times 10 + 0.30 \times 5 + 0.16 \times 2.5 = 7.30; \\ H_4 &= 0.28 \times 10 + 0.51 \times 5 + 0.21 \times 2.5 = 5.87; \\ H_5 &= 0.07 \times 10 + 0.43 \times 5 + 0.50 \times 2.5 = 4.10. \end{aligned}$$

根据综合得分 H 值,当连翘叶提取添加量为 4 g 时固体饮料综合得分达到较大值 7.25,与连翘叶提取物为 5 g 时综合得分差别较小,因此选取连翘叶提取物添加量 3、4、5 g 为后续正交实验水平。

2.1.2 甜味剂添加量的结果分析

本研究选用木糖醇为甜味剂既可以降低饮料含糖量,同时降低苦涩味,也不遮蔽连翘叶特有的风味。经评定人员评定后处理方法同“2.1.1”,同理得 Y 值: $Y_1=(0.24, 0.37, 0.39)$, $Y_2=(0.31, 0.57, 0.12)$, $Y_3=(0.43, 0.52, 0.05)$, $Y_4=(0.52, 0.43, 0.05)$, $Y_5=(0.50, 0.44, 0.06)$; 根据综合公式计算出综合评分 H 值: $H_1=5.23$, $H_2=6.25$, $H_3=7.02$, $H_4=7.48$, $H_5=7.35$, 根据 H 值木糖醇添加量为 5 g 时固体饮料的综合得分最高,因此选取木糖醇添加量 4、5、6 g 为后续正交实验水平。

2.1.3 柠檬酸添加量的结果分析

按照“2.1.1”处理方法对柠檬酸添加量为 0.2、0.25、0.3、0.35、0.4 g 的固体饮料进行感官评价, $Y_1=(0.39, 0.47, 0.14)$, $Y_2=(0.57, 0.40, 0.03)$, $Y_3=(0.54, 0.41, 0.05)$, $Y_4=(0.49, 0.43, 0.08)$, $Y_5=(0.27, 0.44, 0.29)$; 根据综合公式计算出综合评分 H 值: $H_1=6.60$, $H_2=7.78$, $H_3=7.58$, $H_4=7.25$, $H_5=5.62$ 。根据 H 值选取柠檬酸添加量 0.2、0.25、0.3 g, 为后续正交实验水平。

2.1.4 麦芽糊精添加量的结果分析

按照“2.1.1”处理方法对麦芽糊精添加量为 1、2、3、4、5 g 的固体饮料进行感官评价, $Y_1=(0.13, 0.45, 0.42)$, $Y_2=(0.39, 0.49, 0.12)$, $Y_3=(0.49, 0.49, 0.02)$, $Y_4=(0.48, 0.45, 0.07)$, $Y_5=(0.22, 0.50, 0.28)$; 根据综合公式计算出综合评分 H 值: $H_1=4.60$, $H_2=6.65$, $H_3=7.40$, $H_4=7.22$, $H_5=5.40$ 。本研究发现麦芽糊精作为连翘叶固体饮料的稳定剂和助干剂可以使粘稠的连翘叶提取物变的容易干燥且质地硬化易粉碎,但随着麦芽糊精的增加过多会使成品易粘结且冲调后风味变淡,根据 H 值选取麦芽糊精添加量 2、3、4 g 为后续正交实验水平。

2.2 连翘叶固体饮料配方优化正交实验结果分析

根据单因素实验品评结果,形成 $L_9(3^4)$ 的正交实验组。感官评价后通过模糊数学评价法进行分析,以综合模糊数学评价结果 H 值为综合评分,实验结果见表 3。

根据表 3 的极差 r 值可知各因素对固体饮料综合评分影响的主次顺序为 $C > B > D > A$, 最佳组合为 $C_1 B_2 D_3 A_2$, 该组合不包含于正交实验中,验证实验发现该组合综合得分为 8.76, 高于正交实验中的最优组合,所以取该组合为连翘叶固体饮料的最佳配方,即连翘叶提取物 4 g, 木糖醇 5 g, 柠檬酸 0.2 g, 麦芽糊精 4 g, 通过计算,连翘叶固体饮料最佳配方为连翘叶提取物 30.3%、木糖醇 37.9%、柠檬酸 1.5%、麦芽糊精 30.3%。

由于 A 因素极差 r 值最小可作为方差分析误差来源,经方差分析(见表 4)得柠檬酸的添加量和木糖醇的添加量对固体饮料品质的影响具有显著性($P < 0.05$),麦芽糊精和连翘叶提取物的添加量对固体饮料品质无显著性影响。

2.3 固体饮料粒径选择

通过感官评价筛选连翘叶固体饮料的最优粒度范围,结果发现过 20 目筛的固体饮料溶解较慢,有少量颗粒沉底;过 40 目筛的的固体饮料颗粒溶解快,冲调后颜色均一无沉淀;过 60、80、100 目筛的固体饮料由于颗粒过细,容易飞粉、结块,结块后不易溶解。故实验选择连翘叶固体饮料过 40 目筛。

2.4 固体饮料水分含量的测定

连翘叶固体饮料水分含量为 6.1%,符合国标 GB/T 29602—2013 中不高于 7.0%的要求。

表 3 正交试验结果
Table 3 Results of the orthogonal experiment

序号	A 连翘叶提取物/g	B 木糖醇/g	C 柠檬酸/g	D 麦芽糊精/g	综合评分(H 值)
1	1(3)	1(4)	1(0.2)	1(2)	7.25
2	1	2(5)	2(0.25)	2(3)	6.90
3	1	3(6)	3(0.3)	3(4)	5.40
4	2(4)	1	2	3	7.50
5	2	2	3	1	6.30
6	2	3	1	2	6.50
7	3(5)	1	2	2	5.30
8	3	2	1	3	8.62
9	3	3	3	1	5.40
k_1	6.52	6.68	7.46	6.32	
k_2	6.77	7.28	6.57	6.23	
k_3	6.44	5.77	5.70	7.18	
r	0.32	1.51	1.76	0.94	
优水平	A_2	B_2	C_1	D_3	
影响次序	$C>B>D>A$				

表 4 方差分析
Table 4 Variance analysis

变异来源	离均差平方和	自由度	F 值	$F_{0.05(2,2)}$	显著性
A(误差)	0.17	2			
B	3.47	2	19.94	19.00	*
C	4.64	2	26.69		*
D	1.63	2	9.38		

注: *为有显著意义, $P<0.05$ 。

2.5 固体饮料连翘苷、连翘酯苷 A 含量的测定

根据高效液相色谱测定结果, 本研究制得的连翘叶固体饮料中连翘苷、连翘酯苷 A 的含量分别为 0.34%和 0.27%。本研究所采用的原料连翘叶中连翘苷、连翘酯苷 A 的含量分别为 2.39%和 3.94%, 计算后发现连翘苷、连翘酯苷 A 在产品中的转移率分别为 33.03%和 16.16%, 这可能是由于 2 种活性成分在水煎过程中提取不完全以及产品制备过程中的加热损失造成的。

3 结论与讨论

通过单因素、正交实验以模糊数学感官评价综合得

分为指标, 优化得到连翘叶固体饮料的最佳配方为连翘叶提取物 30.3%、木糖醇 37.9%、柠檬酸 1.5%、麦芽糊精 30.3%, 固体饮料颗粒过 40 目筛。该配方制备的连翘叶固体饮料颗粒均匀、颜色呈棕黄色、溶解性好不结块, 溶解后色泽呈透明的黄色, 气味淡雅, 酸甜适口, 有连翘叶特有的香味, 回味有淡淡的苦味。连翘叶固体饮料水分含量为 6.1%, 连翘苷、连翘酯苷 A 的含量分别为 0.34%和 0.27%, 揭示该固体饮料可能具有连翘和连翘叶的生理活性, 将来可进一步对该固体饮料进行功能评价, 使其发展为一种具有抗氧化等生理活性的保健食品。本产品与直接冲泡的连翘叶茶相比, 所使用的原料来源广泛, 季节性限制较小, 生产工艺简单, 饮用时减

少了繁琐的泡茶程序,方便快捷,符合现代人的消费习惯,而且能保留连翘叶清爽的口感和特有的香味,同时降低了苦涩味,增加了淡淡的酸甜味,使连翘叶固体饮料的风味更加丰富。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015.
National Pharmacopoeia Committee. The pharmacopoeia of the People's Republic of China [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2015.
- [2] ZHANG S, SHAO SY, SONG XY, *et al.* Protective effects of *Forsythia suspense* extract with antioxidant and anti-inflammatory properties in a model of rotenone induced neurotoxicity [J]. *Neurotoxicology*, 2016, 52: 72–83.
- [3] QU H, ZHANG Y, CHAI X, *et al.* Isoforsythiaside, an antioxidant and antibacterial phenylethanoid glycoside isolated from *Forsythia suspense* [J]. *Bioorganic Chem*, 2012, 40: 87–91.
- [4] JIAO J, GAI Q Y, LUO M, *et al.* Comparison of main bioactive compounds in tea infusions with different seasonal *Forsythia suspense* leaves by liquid chromatography–tandem mass spectrometry and evaluation of antioxidant activity [J]. *Food Res Int*, 2013, 53(2): 857–863.
- [5] YUAN JF, LIU XQ, YANG JX, *et al.* *Forsythia suspense* leaves, a plant: Extraction, purification and antioxidant activity of main active compounds [J]. *European Food Res Technol*, 2014, 238: 527–533.
- [6] ZHANG Q, LU Z, LI X, *et al.* Triterpenoids and steroids from the leaves of *Forsythia suspense* [J]. *Chem Nat Comp*, 2015, 51(1): 178–180.
- [7] KANG W, WANG J. *In vitro* antioxidant properties and *in vivo* lowering blood lipid of *Forsythia suspense* leaves [J]. *Med Chem Res*, 2010, 19(7): 617–628.
- [8] BARBARA M, AGNIESZKA F, PIOTR C, *et al.* Lignans from *Forsythia x intermedia* leaves and flowers attenuate the pro-inflammatory function of leukocytes and their interaction with endothelial cells [J]. *Front Pharmacol*, 2018, 401(9): 1–17.
- [9] XU X, SAADELDEEN FSA, XU L, *et al.* The mechanism of phillyrin from the leaves of *Forsythia suspense* for improving insulin resistance [J]. *Bio Med Res Int*, 2019, 2019: 1–7.
- [10] KUO PC, CHEN GF, YANG ML, *et al.* Chemical constituents from the fruits of *Forsythia suspense* and their antimicrobial activity [J]. *Biomed Res Int*, 2014, 2014(6): 304830.
- [11] YING W, MEI C, JING Z, *et al.* Flavone C-glycosides from the leaves of *lophatherum gracile* and their *in vitro* antiviral activity [J]. *Planta Med*, 2011, 78(1): 46–51.
- [12] 王小敏, 陈乔, 郭丽丽, 等. 连翘果、连翘叶乙醇提取物的抑菌活性及成分分析[J]. *食品工业科技*, 2019, 40(6): 89–94.
WANG XM, CHEN Q, GUO LL, *et al.* Antimicrobial activities and component analysis of ethanol extracts from *Forsythia suspense* fruit and *Forsythia suspense* leaves [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2019, 40(6): 89–94.
- [13] 王小敏, 张文慧, 张林婷, 等. 连翘叶凝胶软糖的制备工艺研究[J]. *食品研究与开发*, 2018, 39(24): 105–110.
WANG XM, ZHANG WH, ZHANG LT, *et al.* Study on processing technology of *Forsythia suspense* leaves soft sweets [J]. *Food Res Dev*, 2018, 39(24): 105–110.
- [14] 樊友宏, 王晓莉, 武佳斌, 等. 丝瓜叶固体饮料的工艺研究[J]. *饮料工业*, 2013, 16(8): 12–17.
FAN YH, WANG XL, WU JB, *et al.* Study on technology for a powdered beverage of luffa leaf [J]. *Bever Ind*, 2013, 16(8): 12–17.
- [15] 石超, 吕长鑫, 冯叙桥, 等. 果蔬汁饮料现状及发展前景分析[J]. *食品安全质量检测学报*, 2014, 5(3): 970–976.
SHI C, LV CX, FENG XQ, *et al.* Analysis on prospects and current situation of fruit and vegetable juice beverages [J]. *J Food Saf Qual*, 2014, 5(3): 970–976.
- [16] 李玉珍, 肖怀秋. 模糊数学评价法在食品感官评价中的应用[J]. *中国酿造*, 2016, 35(5): 16–19.
LI YZ, XIAO HQ. Application of fuzzy mathematics evaluation method in food sensory evaluation [J]. *China Brew*, 2016, 35(5): 16–19.
- [17] GB/T 29602—2013 固体饮料[S].
GB/T 29602—2013 Solid beverage [S].
- [18] GB 5009.3—2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S].
GB 5009.3—2016 National food safety standard-Determination of moisture in food [S].

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介



刘星, 博士, 副教授, 主要研究方向为药食同源产品研究。

E-mail: sxzyydxlx@163.com



王小敏, 博士, 副教授, 主要研究方向为食品化学与食品营养学。

E-mail: wangxiaomin061@126.com