

DOI: 10.13652/j.spjx.1003.5788.2022.90092

不同品种菊花涩味成分及其与唾液的相互作用

Study on the interaction between the astringent constituents of
different varieties of *Chrysanthemum* and saliva

田 星^{1,2} 叶慧洁¹ 刘石峰² 欧阳瑶力²

TIAN Xing^{1,2} YE Hui-jie¹ LIU Shi-feng² OUYANG Yao-li²

(1. 湖南中医药大学药学院, 湖南 长沙 410208; 2. 湖南省康德佳林业科技有限责任公司, 湖南 永州 425600)

(1. School of Pharmacy, Hunan University of Chinese Medicine, Changsha, Hunan 410208, China;

2. Hunan Kongdejia Forestry Science and Technology Co., Ltd., Yongzhou, Hunan 425600, China)

摘要:目的:了解不同品种的菊花茶品尝过程中涩味感知差异及形成机理。方法:选取5种不同品种的菊花作为研究对象,利用紫外—可见分光光度法对菊花中的主要呈涩味化学成分进行测定;利用电子舌智能味觉分析与传统感官评定相结合的方法,测定并评定5种不同品种菊花涩味感知强度;利用BCA法、SDS-PAGE法、考马斯亮蓝法等研究菊花中主要呈涩味化学成分与唾液的相互作用。结果:在5种菊花中多酚、黄酮含量最多的两种菊花为皇菊和毫菊,其相应的涩味特征值也最强,而多酚和黄酮类化合物的含量与茶汤的涩味强度呈较强的正相关。结论:作为主要呈涩物质,不同品种菊花茶中的多酚和黄酮类化合物的含量差异显著影响其涩味强弱,而菊花茶汤中的呈涩物质与唾液中的蛋白质结合并沉淀是产生涩味的主要原因之一。

关键词:菊花;涩味;唾液;成分;相互作用

Abstract: Objective: This study aimed to understand the astringency perception difference and formation mechanism of different varieties of *Chrysanthemum* tea during drinking, and provide new research ideas and theoretical basis for the astringency perception and sensory research of edible flowers. Methods: 5 different varieties of *Chrysanthemum* were selected to determine the main astringent chemical constituents by UV-Vis spectrophotometry. The perceiving intensity of the astringency of five different varieties of *Chrysanthemum* was measured and evaluated by using the intelligent taste analysis system of electronic tongue and the tra-

ditional sensory evaluation method. The interaction between the main astringent chemical constituents in *Chrysanthemum* and saliva BCA method was analyzed by SDS-PAGE method, Coomassie bright blue method and fluorescence spectrophotometer method. Results: Among the five kinds of *Chrysanthemum*, emperor *Chrysanthemum* and Bozhou *Chrysanthemum* had the highest content of polyphenols and flavonoids, and the corresponding characteristic value of astringency was also the strongest. The content of polyphenols and flavonoids was positively correlated with the astringency intensity of the *Chrysanthemum* tea. Conclusion: As the main astringent substance, the difference of polyphenols and flavonoids in different varieties of *Chrysanthemum* tea significantly affects the astringent taste, and the astringent substance in *Chrysanthemum* tea combines with proteins in saliva and precipitates, which is one of the main reasons for astringent.

Keywords: *Chrysanthemum*; astringency; saliva; chemical composition; interaction

菊花为菊科菊属宿根性草本植物,除观赏外,还有药用及食用价值^[1]。菊花含有丰富的多酚类、黄酮类、三萜类、挥发油类和有机酸类等,具有抗氧化、抑菌、抗肿瘤以及抗炎等药理作用^[2]。而作为独特的花茶保健饮品,大部分菊花都是以茶饮的形式被消费,但是菊花茶有涩味,而无法满足消费者的口腔愉悦感,导致单纯的菊花茶产品市场认可度偏低。一些生产商为了减弱、掩盖其涩味,在菊花茶饮中加入白砂糖等甜味剂矫味,这也一定程度上影响了消费者的感官体验感。

多酚类物质是食品中主要的呈涩物质^[3],此外,金属盐类的多价阳离子、具有高等电点的碱性蛋白以及壳聚糖等物质也能产生涩味^[4]。呈涩物质与唾液蛋白相互作用导致蛋白沉淀,口腔中的润滑感减少而产生涩感。近年来,不少学者对于涩感产生的潜在机制提出了不同的

基金项目:湖南省大学生创新创业训练项目(编号:S202110541005X);湖南中医药大学药学院一流学科开放基金重点项目(编号:2021YX05);湖南省企业科技特派员计划项目(编号:2021GK5087)

作者简介:田星,女,湖南中医药大学副教授,博士。

通信作者:欧阳瑶力(1982—),女,湖南省康德佳林业科技有限责任公司中级农艺师。E-mail:xtulsf@126.com

收稿日期:2021-10-21

假设,如唾液膜破裂、唾液润滑减少、受体(机械和化学受体)感受到的机械感知和组织的收缩^[5]。Chen 等^[6]认为口腔被一层唾液膜覆盖、润滑,口腔加工某些食物和饮料会使其受损。唾液膜分为两层,一层是动态的、容易移除的;另一层是与上皮细胞共价连接的。唾液膜的破坏会使细胞表面和受体暴露,导致表面疏水性增高,摩擦增加,产生涩味^[7-8]。Gibbins 等^[9]研究认为呈涩化合物与唾液作用会引起口腔表面性质、流变性和润滑性的改变。目前,涩味感知的研究方法主要包括感官评价等直接检验、SDS-PAGE 凝胶电泳试验等唾液复合物的间接检验、生物摩擦学评估以及分子动力学模拟等^[10]。而评价菊花茶涩味特征评价主要采用感官评定的方法,这种方法更适合对菊花茶整体滋味特征评价,但不能量化评价每一种滋味的呈味强度。

研究拟以不同品种的菊花(皇菊、金丝皇菊、杭白菊、亳菊、贡菊)为研究对象,分析其水提取物中总多酚、总黄酮、绿原酸含量,通过电子舌智能味觉分析系统及传统感官评定确定其主要涩味成分,并利用 SDS-PAGE 凝胶电泳法等探究呈涩物质与唾液的相互作用,以期对菊花茶的脱涩,提高消费者的感官体验提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

金丝皇菊、皇菊:湖南省康德佳林业科技有限责任公司;

杭白菊:杭州巨佳茶叶有限公司;

亳菊、贡菊:安徽常富国药有限公司;

SDS-PAGE 凝胶快速配制试剂盒:碧云天生物技术有限公司;

总蛋白测定试剂盒:南京建成生物工程研究所;

Bradford 蛋白浓度测定试剂盒:福州飞净(Phygene)生物科技有限公司;

没食子酸标准品:上海麦克林生化科技有限公司;

芦丁标准品、绿原酸标准品:江西佰草源生物科技有限公司;

α -淀粉酶:5 万 U/g,上海瑞永生物科技有限公司。

1.2 仪器与设备

电泳仪:JY300C 型,北京君意东方电泳设备有限公司;
高效液相色谱仪:1260 Infinity II 型,安捷伦科技有限公司;

紫外可见分光光度计:UV-1780 型,岛津仪器(苏州)有限公司;

荧光分光光度计:F16Pro 型,上海棱光技术有限公司;

旋转蒸发器:RE-52C 型,巩义市市中天仪器科技有限公司;

酶标仪:FC 型,美国赛默飞世尔科技公司;

pH 计:STARTER3100 型,奥豪斯仪器(上海)有限

公司;

电导率仪:STARTER 3100C/F 型,奥豪斯仪器(上海)有限公司;

凝胶成像分析系统:Universal Hood II 型,美国 Bio-Rad 公司。

1.3 方法

1.3.1 不同品种菊花水提取物的制备 取适量皇菊、金丝皇菊、杭白菊、亳菊、贡菊,用粉碎机研磨成粉末,准确称取菊花各(3.00 ± 0.01) g 于 250 mL 圆底烧瓶中,按 $m_{\text{菊花粉}}:V_{\text{水}}=1:40$ (g/mL)加入蒸馏水,于 90 °C 的恒温水浴锅中提取 40 min,所得浸提液在 5 000 r/min 条件下离心 5 min,并在 65 °C 条件下减压浓缩 1 h,溶液冷冻干燥,所得提取物粉末于 -20 °C 保存备用。

1.3.2 总多酚含量测定

(1) 标准曲线绘制:准确称取 0.005 g 没食子酸标准品,加少量蒸馏水溶解,定容至 100 mL,分别吸取 0,1,2,3,4,5 mL 于试管中,加入蒸馏水至总体积为 5 mL,混匀,加入福林酚试剂 1 mL,静置 1 min,加入 10% Na_2CO_3 溶液 8 mL,用蒸馏水补足至 25 mL,暗反应 2 h,准确吸取 5 mL,用蒸馏水稀释成 10 mL,以试剂空白为对照,在 760 nm 处测定吸光度。以浓度为横坐标,吸光度为纵坐标,绘制总多酚含量标准曲线,得回归方程^[11-12]。

(2) 样本测定:准确称取 0.01 g 的菊花样本水提取物粉末,加蒸馏水溶解并定容至 10 mL,分别取 1 mL 于试管中,按照标准曲线的方法测定吸光度。

1.3.3 总黄酮含量测定

(1) 标准曲线的绘制:精密称取芦丁对照品 5 mg 于 25 mL 容量瓶中,加少许 70% 乙醇,超声溶解,静置冷却至室温,用 70% 乙醇定容,精密量取对照品溶液 1,2,3,4,5,6 mL,分别置于 25 mL 容量瓶中,加 70% 乙醇至总体积为 6 mL,加入 1 mL 5% 亚硝酸钠溶液,摇匀,静置 6 min,加入 1 mL 10% 硝酸铝溶液,摇匀,静置 6 min,加入 10 mL 10% 氢氧化钠溶液,再加 70% 乙醇至刻度,摇匀,静置 15 min,以试剂空白为对照,于 510 nm 下进行检测。以对照品浓度 C 为纵坐标,吸光度 A 为横坐标,绘制总黄酮含量标准曲线,得回归方程^[13]。

(2) 样本测定:准确称取 0.01 g 的样本提取物,加少量 70% 乙醇,超声处理使其溶解并用 70% 的乙醇定容至 10 mL,按照标准曲线的方法测定吸光度。

1.3.4 菊花涩味特征分析

(1) 味觉特征值:准确称取样本 2.00 g,加入 150 mL 沸水冲泡 30 min,冲泡好的茶汤经双层纱布过滤,待其冷却至室温即得待测样品,用电子舌测定其涩味和涩味后感。

(2) 涩味感官评价:参照 GB/T 16291.1—2012《感官分析 选拔、培训与管理评价员一般导则 第 1 部分:优先评价员》中所述方法,通过差别检验(两点法筛选),筛选

出 10 名感官评价员(3 名男生,7 名女生)组成感官评定小组。称取不同品种菊花各(2.00±0.01) g,加入 150 mL 沸水冲泡 30 min,冲泡好的茶汤经双层纱布过滤,即得待测样品。感官评价员对每个样品的涩味指标采用五分制评分标准进行感官评分。参与感官前,评价员不得吃任何除水以外的食物,每名感官评价员单独进行评分,评定过程中相互之间不接触交流,各样品之间用清水漱口。

1.3.5 唾液与茶汤相互作用

(1) 唾液收集:称取不同品种菊花各(3.00±0.01) g,加入 150 mL 沸水,冲泡 30 min,经感官评定筛选出的 10 名受试者分别饮用 5 个样品菊花茶(50 mL),并在咽下后收集受试者的唾液。品尝完一个样品需用清水漱口,休息约 2 min 后开始品尝下一个样品(饮用了皇菊后收集的唾液样品标记为 S₁,饮用了金丝皇菊后收集的唾液标记为 S₂,饮用了杭白菊后收集的唾液标记为 S₃,饮用了亳菊后收集的唾液标记为 S₄,饮用了贡菊后收集的唾液标记为 S₅)。饮用菊花茶样品前先用清水漱口,并收集各受试者未饮用菊花茶前的唾液作为空白对照(标记为 S₀)。将收集的各受试者的唾液样本混合均匀,10 000 r/min 离心 10 min,取上清液备用。

(2) pH 值测定:参照 GB/T 5009.237—2016《食品安全国家标准 食品 pH 值的测定》中的玻璃电极法。

(3) 电导率测定:将唾液样本在 4 000 r/min 条件下离心 20 min,收集上清液后用电导率仪测定。

(4) 总蛋白测定:采用总蛋白测定试剂盒(BCA 法)测定。

(5) SDS-PAGE 凝胶电泳分析:上层胶配方为 2.92 mL ddH₂O、1.37 mL 4×上层胶缓冲液、0.74 mL 30% Acr-Bis、50 μL 10% 过硫酸铵、5 μL TEMED;下层胶配方为 3.4 mL ddH₂O、2.5 mL 4×下层胶缓冲液、4.0 mL 30% Acr-Bis、100 μL 10% 过硫酸铵、4 μL TEMED。取 10 μL 唾液样本和 10 μL 的 2×上层缓冲液混合均匀,取 10 μL 混合液上样,进行电泳分析。电压为 150 V。

(6) 唾液淀粉酶沉淀指数测定:参照文献[14]。

1.3.6 数据分析 每个样本进行 3 次重复试验,并采用 SPSS 25.0 软件(美国 IBM 公司)进行方差分析, $P<0.05$ 表示存在显著性差异,反之则表示差异不显著;采用 Excel 2016(美国微软公司)进行绘图。

2 结果与分析

2.1 菊花主要呈涩味化学成分含量

由表 1 可知,5 种不同品种的菊花中总黄酮含量由低到高依次为:皇菊、亳菊、金丝皇菊、杭白菊、贡菊。除贡菊和杭白菊之外,不同菊花之间总黄酮含量有着显著性的差异($P<0.05$)。总体上来说,皇菊和亳菊的总黄酮含量明显高于其他 3 种菊花,且皇菊明显高于亳菊。5 种菊花中总多酚含量由高到低为亳菊>皇菊>金丝皇菊>贡

表 1 5 种菊花主要呈涩味化学成分含量[†]

Table 1 The main astringent constituents of the five *Chrysanthemum* mg/g

品种	总黄酮	总多酚	绿原酸
皇菊	201.07±0.59 ^a	58.91±0.07 ^a	10.12±0.38 ^b
金丝皇菊	116.95±0.26 ^c	53.88±0.08 ^b	5.22±0.28 ^d
杭白菊	106.76±0.42 ^d	38.39±0.08 ^d	4.84±0.16 ^d
亳菊	169.56±0.30 ^b	59.66±0.06 ^a	15.66±1.03 ^a
贡菊	106.49±0.16 ^d	44.37±0.03 ^c	7.36±0.25 ^c

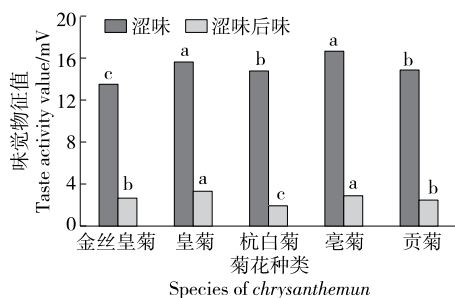
[†] 同列小写字母不同表示存在显著性差异($P<0.05$)。

菊>杭白菊。不同菊花之间总多酚含量存在显著性差异($P<0.05$),但皇菊、亳菊和金丝皇菊的含量明显高于其他两种菊花,且亳菊与皇菊的总多酚含量无显著差异。5 种菊花中绿原酸含量由高到低依次为:亳菊、皇菊、贡菊、金丝皇菊和杭白菊。除杭白菊和金丝皇菊外,不同菊花之间绿原酸含量有显著性差异($P<0.05$),且亳菊和皇菊的含量明显高于其他 3 种菊花。综上,5 种菊花中,皇菊和亳菊中呈涩味的主要化学成分含量明显高于其他 3 种菊花,而杭白菊中呈涩味的主要化学成分的含量最低。

2.2 菊花涩味特征分析

2.2.1 味觉特征值 由图 1 可知,涩味由强到弱为亳菊>皇菊>贡菊>杭白菊>金丝皇菊。涩味后味由强到弱为皇菊>亳菊>金丝皇菊>贡菊>杭白菊。涩味与涩味后味的强度略有不同,但总体上皇菊和亳菊较涩,且两者之间无显著性差异($P>0.05$)。该结果与成分测定结果基本一致,说明多酚类化合物是造成菊花茶具有涩味的主要物质之一。

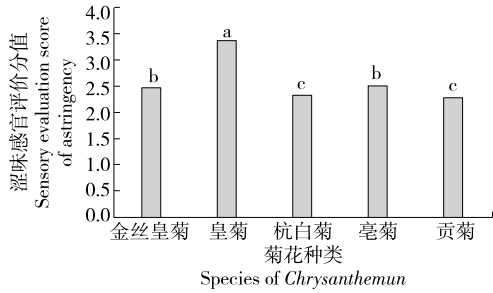
2.2.2 涩味感官评价 由图 2 可知,5 种菊花的涩味由强到弱为皇菊>亳菊>金丝皇菊>杭白菊>贡菊。黄酮类、多酚类物质呈涩味,因此,菊花茶汤中黄酮类、多酚类物质越多,菊花茶的涩味越强。该结果与电子舌的涩味程度测定结果有一定差异,但与涩味后味的测定结果基本一致。研究^[15-16]表明,涩感的完全建立通常需要 15~



小写字母不同表示同一指标组间差异显著($P<0.05$)

图 1 5 种菊花的涩味特征值

Figure 1 Determination of astringency characteristic values of five species of *Chrysanthemum* by electronic tongue technique



小写字母不同表示组间差异显著 ($P<0.05$)

图 2 5 种菊花的涩味感官评分

Figure 2 Traditional sensory evaluation results of five different varieties of *Chrysanthemum*

20 s,而感官评定的时长远大于该时间,因此,该结果综合了菊花茶汤刚入口时的涩味强度与在评定过程中的涩味强度,且偏向涩味感知最强时的强度。

皇菊的涩味明显强于亳菊,可能是因为感官评定时温度等条件的不同,电子舌测定时,所有的茶汤都是在室温条件下测量的,但是传统感官评定时,随着试验的进行,茶汤的温度逐渐降低,而较高的温度下,呈涩物质与唾液蛋白的结合更牢固、更持久^[17],有更强的涩感。也可能是因为电子舌技术是通过检测不同风味物质与人工质膜之间的静电或疏水相互作用引起的膜电位的变化而检测出不同的味觉强度,而人体是一个复杂环境,味觉的产生也受多种因素的影响,且味蕾作为味觉的终端感受器,它们之间存在交叉反应性^[18],菊花茶汤中的其他物质可能会增强或减弱对涩味的感知。

2.3 唾液与菊花茶汤相互作用

2.3.1 茶汤总蛋白含量 由表 2 可知,5 种菊花茶汤之间的总蛋白含量差异较大,且皇菊>亳菊>金丝皇菊>贡菊>杭白菊。菊花中含有丰富氨基酸^[19],所以菊花茶汤中的总蛋白含量较高。而事实上,菊花茶中某些氨基酸呈涩味,5 种菊花中皇菊和亳菊的总蛋白含量较高,这可能也是其涩味较强的原因之一。

2.3.2 混合唾液基本指标 由表 3 可知,与原唾液相比,饮用完皇菊和杭白菊茶汤后的唾液电导率有一定程度的上升,而饮用完其他 3 种菊花茶汤后的唾液电导率有轻微的下降。饮用完皇菊、杭白菊、亳菊后唾液 pH 值较原

唾液高,而饮用完金丝皇菊和贡菊茶汤后唾液 pH 值较原唾液低,但是变化的幅度都很小,说明唾液的电导率和 pH 值对其涩味的影响不大。而饮用完 5 种不同菊花茶汤后的唾液总蛋白含量差异不大,且都高于原唾液中的总蛋白含量,可能是茶汤中有一部分氨基酸残留在了口腔中,也有可能因为茶汤中的呈涩物质与唾液中的蛋白质沉淀后,口腔中的环境被破坏,为了恢复口腔环境,人体会分泌更多的唾液来润滑口腔,使其回到饮茶前的状态,因此饮茶后口腔中的总蛋白含量增加。

2.3.3 SDS-PAGE 凝胶电泳 由于饮用 5 种菊花茶汤后唾液中的蛋白含量无明显差异,而 5 种菊花的涩味有明显差异性,且皇菊和亳菊的涩味突出,为了进一步研究唾液与菊花茶汤的相互作用,对收集到的唾液进行了 SDS-PAGE 凝胶电泳试验。如图 3 所示,饮用皇菊茶后收集的唾液所对应的条带(S_1)颜色最深,饮用杭白菊茶后收集的唾液所对应的条带(S_5)颜色最浅,且与原唾液所对应的条带(S_0)相近,其他的则介于两者之间。条带颜色最深说明样品中蛋白含量最多,因此,结果表明饮用皇菊茶后收集的唾液样本中蛋白含量较多,饮用杭白菊茶后收集的唾液中蛋白含量最少,其他 3 种菊花则介于它们之间。

表 3 饮用 5 种菊花茶后受试者混合唾液基本指标分析[†]

Table 3 Analysis of basic indices of mixed saliva of subjects after drinking five different varieties of *Chrysanthemum* tea

样品	总蛋白含量/ ($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)	电导(25 $^{\circ}\text{C}$)/ ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	pH 值
S_0	0.713 ± 0.034^c	36.73 ± 0.12^d	7.49 ± 0.02^c
S_1	0.967 ± 0.048^b	158.27 ± 0.25^b	7.55 ± 0.04^{ab}
S_2	0.878 ± 0.097^b	123.87 ± 0.06^c	7.48 ± 0.01^c
S_3	0.902 ± 0.062^b	162.10 ± 0.36^a	7.59 ± 0.02^a
S_4	1.126 ± 0.014^a	128.87 ± 0.06^c	7.52 ± 0.02^{bc}
S_5	1.237 ± 0.059^a	124.27 ± 0.47^c	7.39 ± 0.02^d

[†] 同列小写字母不同表示存在显著性差异 ($P<0.05$)。

表 2 5 种菊花茶汤总蛋白含量[†]

Table 2 Total protein content of five varieties of *Chrysanthemum* tea

品种	总蛋白含量/ ($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)	品种	总蛋白含量/ ($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)
皇菊	5.222 ± 0.070^a	亳菊	4.253 ± 0.064^b
金丝皇菊	3.970 ± 0.008^b	贡菊	3.531 ± 0.467^c
杭白菊	2.875 ± 0.064^d		

[†] 小写字母不同表示存在显著性差异 ($P<0.05$)。

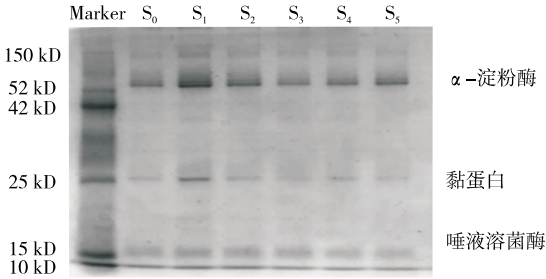
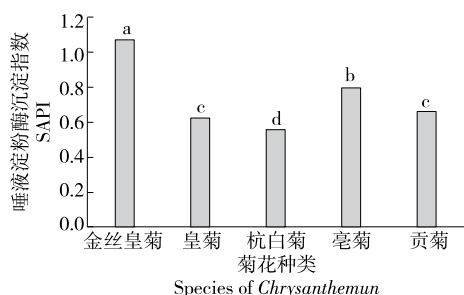


图 3 饮用 5 种菊花茶后受试者混合唾液的 SDS-PAGE 电泳图

Figure 3 SDS-PAGE images of interaction between five different varieties of *Chrysanthemum* and saliva

2.3.4 唾液淀粉酶沉淀指数 由图 4 可知,5 种菊花涩味程度由强到弱为皇菊>毫菊>贡菊>金丝皇菊>杭白菊。该结果与电子舌和感官评定并不完全一致,可能是因为 SAPI 值的大小与涩味强弱有一定的相关性,但是并不完全正相关,也可能是因为菊花茶的涩味不仅仅完全是呈涩物质与唾液蛋白沉淀产生,还存在其他呈涩机制以及受其他因素的影响。



小写字母不同表示组间差异显著 ($P < 0.05$)

图 4 5 种不同菊花的 SAPI 值

Figure 4 SAPI values of five different varieties of *Chrysanthemum*

3 结论

多酚和黄酮类化合物的含量与菊花茶汤的涩味强度呈较强的正相关。5 种菊花中多酚和黄酮类化合物含量最多的为皇菊和毫菊,相应地涩味最强的两种菊花也是皇菊和毫菊。菊花茶茶汤中呈涩物质与唾液中的蛋白反应对唾液的成分及其含量有明显影响,是引起收敛性、产生涩感的主要原因之一,同时口腔环境平衡被破坏。由于饮用茶汤后受试者的口腔环境重新迫切需要回到平衡状态,故导致在饮用茶汤后受试者的唾液分泌量和流速均明显增加。但由于引起涩味感知的物质众多且菊花本身成分复杂,呈涩物质与唾液蛋白沉淀不是产生涩味的唯一机制,还需进行更深入的研究。

参考文献

[1] 王凯能. 食用菊品种的筛选评价[D]. 南京: 南京农业大学, 2015: 13-15.
WANG Kai-neng. The screening and evaluation of varieties of edible hrysanthemum[D]. Nanjin: Nanjing Agricultural University, 2015: 13-15

[2] 谢占芳, 张倩倩, 朱凌佳, 等. 菊花化学成分及药理活性研究进展[J]. 河南大学学报(医学版), 2015, 34(4): 290-300.
XIE Zhan-fang, ZHANG Qian-qian, ZHU Ling-jia, et al. Research progress on chemical constituents and pharmacological activities of *Chrysanthemum morifolium*[J]. Journal of University (Medical Science), 2015, 34(4): 290-300.

[3] RINALDI A, GAMBUTI A, MOIO L. Application of the SPI (Saliva Precipitation Index) to the evaluation of red wine astringency[J]. Food Chemistry, 2012, 135(4): 2 498-2 504.

[4] RINALDI A, ITURMENDI N, GAMBUTI A, et al. Chip electrophoresis as a novel approach to measure the polyphenols reactivity toward human saliva[J]. Electrophoresis, 2014, 35(11): 1 735-1 741.

[5] PIRES M A, PASTRANA L M, FUCIOS P, et al. Sensorial perception of astringency: Oral mechanisms and current analysis methods[J]. Foods, 2020, 9(8): 1 124-1 146.

[6] CHEN J, STOKES J R. Rheology and tribology: Two distinctive regimes of food texture sensation[J]. Trends in Food Science & Technology, 2012, 25(1): 4-12.

[7] RANC H, ELKHYAT A, SERVAIS C, et al. Friction coefficient and wettability of oral mucosal tissue: Changes induced by a salivary layer[J]. Colloids & Surfaces A Physicochemical & Engineering Aspects, 2006, 276(1/2/3): 155-161.

[8] PRADAL C, STOKES J R. Oraltribology: Bridging the gap between physical measurements and sensory experience[J]. Current Opinion in Food Science, 2016, 9(1): 34-41.

[9] GIBBINS H L, CARPENTER G H. Alternative mechanisms of astringency: What is the role of saliva? [J]. Journal of Texture Studies, 2013, 44(5): 364-375.

[10] PIRES M A, PASTRANA L M, FUCIOS P, et al. Sensorial perception of astringency: Oral mechanisms and current analysis methods[J]. Foods, 2020, 9(8): 1 124-1 146.

[11] 赵晓娟, 李敏仪, 黄桂颖, 等. Folin-Ciocalteu 法测定苹果醋饮料的总多酚含量[J]. 食品科学, 2013, 34(8): 31-35.
ZHAO Xiao-juan, LI Min-yi, HUANG Gui-ying, et al. Determination of total polyphenols in apple vinegar drink by folin-ciocalteu method[J]. Food Science, 2013, 34(8): 31-35.

[12] 李巨秀, 王柏玉. 福林-酚比色法测定桑葚总多酚[J]. 食品科学, 2009, 30(18): 292-295.
LI Ju-xiu, WANG Bai-yu. Folin-ciocalteu colorimetric determination of total polyphenols in mulberry fruits[J]. Food Science, 2009, 30(18): 292-295.

[13] 肖作为, 谢梦洲, 甘龙, 等. 山银花、金银花中绿原酸和总黄酮含量及抗氧化活性测定[J]. 中草药, 2019, 50(1): 210-216.
XIAO Zuo-wei, XIE Meng-zhou, GAN Long, et al. Determination of chlorogenic acid, total flavones, and anti-oxidant activity of *Flos Lonicerae Japonica* and *Flos Lonicerae* [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2019, 50(1): 210-216.

[14] 宋亚赛, 宁井铭, 张正竹, 等. 考马斯亮蓝法定量评估绿茶涩味强度[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(6): 141-146.
SONG Ya-sai, NING Jing-ming, ZHANG Zheng-zhu, et al. Study on the quantitative evaluation of green tea astringency intensity using Bradford method [J]. Food and Fermentation Industries, 2016, 42(6): 141-146.

[15] 王玥. 柿果胶与单宁互作及其对柿果涩味的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2019: 34-36.
WANG Yue. The interaction between persimmon pectin and persimmon tannin and its effect on the astringency of persimmon[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2019: 34-36.

(下转第 53 页)