6 种植物蛋白粉的冲泡特性与感官特性比较

侯姣靓[1,2]，宋佳慧[2,3,4]，章 旋[2]，李 波[2]，巫启明[2]，夏熠珣[1,3,4]，钟 芳[*1,3,4]

(1. 江南大学 食品学院，江苏 无锡 214122；2. 安利(上海)科技发展有限公司，上海 201203；3. 江南大学 未来食品科学中心，江苏 无锡 214122；4. 江南大学 江苏省食品安全与质量控制协同创新中心，江苏 无锡 214122)

摘要：传统植物蛋白粉固体饮料以大豆蛋白为主，但市售产品同质化严重，需要开发新型植物蛋白产品以满足市场需求。作者比较了 5 种新型植物蛋白与大豆蛋白在粉体特性、溶解速度、溶液稳定性等冲泡特性方面的差异，并通过定量描述性分析评估样品在外观、口感、滋味、香气上的感官特性。结果表明，大豆蛋白粉溶解速度快、溶液稳定性好，但粉体流动性差；其感官特性表现为较强的黏稠度、残留感及明显的粉感和生大豆味，整体滋味较弱。奇亚籽蛋白溶液稳定性强于大豆蛋白溶液，但溶解速度慢，具有独特的核桃味、面粉味和清新感的香气特征，口感和滋味与大豆蛋白最接近。鹰嘴豆蛋白粉的香气特征与大豆蛋白粉相似，但口感和滋味差异大，口感顺滑、稀薄，滋味均衡，溶解速度慢。荞麦蛋白粉溶解速度仅次于大豆蛋白粉，但溶液稳定性差，甜味和甜香较强，有独特的烘焙味和油脂味。小麦蛋白粉与大豆蛋白粉口感相反，酸味和发酵味较强。豌豆蛋白粉有突出的苦味、咸味和鲜味，小麦蛋白粉和豌豆蛋白粉的粉体流动性较好，但不适合直接饮用。综上，5 种新型植物蛋白粉在冲泡特性和感官特性方面均有明显缺陷，实际产品开发中应以复合蛋白粉为主，以提供更好的冲调及饮用体验。该研究为新型植物蛋白粉的产品研发提供了依据。

关键词：植物蛋白粉；冲泡特性；感官特性；大豆蛋白

中图分类号：TS278　**文章编号**：1673-1689(2024)05-0064-08　**DOI**：10.12441/spyswjs.20220514002

Comparison of Brewing and Sensory Characteristics of Six Plant Protein Powders

HOU Jiaoliang[1,2]，*SONG Jiahui*[2,3,4]，*ZHANG Xuan*[2]，*LI Bo*[2]，*WU Qiming*[2]，*XIA Yixun*[1,3,4]，*ZHONG Fang*[*1,3,4]

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Amway (Shanghai) Technology Development Co., Ltd., Shanghai 201203, China; 3. Science Center for Future Foods, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 4. Collaborative Innovation Center of Food Safety and Quality Control in Jiangsu Province, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Traditional plant protein powder beverages primarily feature soy protein as the main ingredient. However, current commercial products suffer from high homogeneity, prompting the exploration of novel plant-derived protein products to meet escalating market demands. This study compared five new plant proteins with soy protein across powder characteristics, dissolution rate, and

收稿日期：2022-05-14　**修回日期**：2023-12-20

基金项目：国家自然科学青年基金项目（32001628）；江苏省自然科学青年基金项目（BK20200596）；未来食品中心基本科研项目（JUSRP52029A）。

* **通信作者**：钟 芳(1972—)，女，博士，教授，博士研究生导师，主要从事食品胶体与感官评价研究。E-mail：fzhong@jiangnan.edu.cn

solution stability. Additionally, a quantitative descriptive analysis evaluated sensory aspects including appearance, mouthfeel, taste, and aroma. Results revealed that soy protein exhibited fast dissolution and good solution stability but poor powder flowability. Sensory attributes included strong viscosity, residual feel, and a distinctive powdery aroma with a raw soybean flavor, resulting in an overall weak taste. Chia seed protein boasted superior solution stability to soy protein but had a slower dissolution rate, featuring a unique aroma of walnut, flour, and fresh scent, akin to soy protein in mouthfeel and taste. Chickpea protein shared a similar aroma profile with soy protein but differed notably in mouthfeel and taste, offering a smoother, thinner texture with balanced taste attributes, albeit with a slow dissolution rate. Buckwheat protein ranked second only to soy protein in dissolution rate but exhibited poor solution stability, featuring strong sweet tastes and aromas alongside unique roasted and oily flavors. Wheat protein showcased a mouthfeel opposite to soy protein, characterized by strong off-flavors like sourness and fermented taste. Pea protein stood out with prominent bitter, salty, and umami tastes. While both wheat and pea proteins had good powder flowability, they were unsuitable for direct consumption. In conclusion, compared to soy protein, the five single-source plant protein powder products exhibited notable deficiencies in brewing characteristics and sensory properties. Therefore, in practical product development, composite protein powder products should be primarily considered to enhance brewing and drinking experiences for consumers. This study serves as a valuable reference for the advancement of novel plant protein powder product development.

Keywords: plant protein powder, brewing characteristics, sensory characteristics, soybean protein

以蛋白粉为主要原料的固体饮料是一种针对特定人群的营养性食品补充剂，主要作用在于改善人体蛋白质营养不良或者满足其他需求。目前，市场上主要的蛋白粉可分为动物蛋白粉和植物蛋白粉。然而，动物蛋白过量摄入可能会增加心血管、癌症等疾病的发病风险[1-2]，并且，动物蛋白的生产对环境不友好[3]。相比之下，植物蛋白中胆固醇、饱和脂肪酸含量少[4]，且多来源于一些农产品加工的副产品（如饼粕），具有原料丰富、价格低廉、环境友好的优点，因此植物蛋白是一种更理想的蛋白质补充剂。

传统的植物蛋白粉通常以大豆分离蛋白为主要原料，原料来源、口感和风味单一，并且大豆因可能成为过敏源而受到了部分消费者的拒绝，从市场长远发展来看，蛋白粉固体饮料的发展迫切需要开发新型植物来源蛋白质。近年来，豌豆蛋白[5]、奇亚籽蛋白、鹰嘴豆蛋白等新型植物来源的蛋白粉被广泛添加到各种食品中，例如烘焙食品[6-7]、馒头[8]、酸奶[9-10]等。目前，关于蛋白粉固体饮料的研究主要集中在分析营养价值方面[11-12]，而对消费者接受度具有重要影响的冲调特性和感官特性并未得到广泛关注。

作者选用了传统植物来源的大豆蛋白粉和 5 种单一植物来源的新型蛋白粉，针对粉体特性、冲泡时物理特性和饮用时感官特征进行了全面比较，为优化新型植物蛋白粉产品的冲泡便利性、饮用适口性等品质提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鹰嘴豆蛋白：美国 Artesa 公司；荞麦蛋白：法国罗盖特公司；大豆分离蛋白、小麦蛋白、豌豆蛋白、奇亚籽蛋白：安利公司；无水柠檬酸、明矾（均为食品级）：河南中泰食化有限公司；白砂糖（食品级）：广州福正东海食品有限公司；食用盐：上海井神盐化股份有限公司；味精：上海太太乐食品有限公司；全脂牛奶：内蒙古伊利实业集团股份有限公司；甜豆浆粉：上海弘奇永和食品发展有限公司；超高温灭菌搅打稀奶油：恒天然商贸（上海）有限公司；燕麦豆浆粉：桂林周氏顺发食品有限公司；可可粉：上海枫未实业有限公司；低糖豆奶：维他奶国际集团有限公司；豌豆：上海长生食品有限公司；薄荷叶：

亳州市万花丛生物科技有限公司;低筋面粉:益海嘉里(昆山)食品工业有限公司;黑麦面包:北京嘉盛行商贸有限公司;荞麦茶:杭州忆江南茶叶有限公司;新鲜荷兰黄瓜、核桃:欧尚超市。

1.2 方法

1.2.1 粉体流动性测定 根据 GB/T 31057.3—2018《颗粒材料 物理性能测试》中休止角的测量方法对蛋白粉的粉体流动性进行测定。将漏斗垂直固定在铁架台上,漏斗尾端距桌面 5 cm,将 5 g 样品倒入漏斗,使其垂直下落至桌面成圆锥形,测量圆锥体高度 h 和半径 r,则休止角 $\alpha=\arctan(h/r)$。

1.2.2 溶解速度测定 将 100 mL 水(25 ℃)加入 250 mL 烧杯,使用磁力搅拌器在恒定转速下搅拌,将 5 g 蛋白粉(奇亚籽蛋白粉为 2 g)在 5 s 内从烧杯上方撒入涡旋体的肩部并开始计时,至观察到烧杯表面和底部均无沉淀和结块时,判断蛋白粉已完全溶解,记录相应的时间[13]。

1.2.3 溶液稳定性测定 采用常温静置观察法[14]比较蛋白粉溶液的稳定性。将蛋白粉饮料置于 20 mL 样品瓶中,常温下静置,每隔 5~10 min 观察样品的分层情况,当样品出现明显分层时记录相应的时间。

1.2.4 感官评价 选择 12 名具有描述性分析经验的评价员参与实验。参考文献[15-16]中对植物蛋白的描述词,并让评价员品尝所有样品生成对样品的描述词汇,汇总后删除偏爱类、低频类和重复的词语,建立植物蛋白粉及植物蛋白饮料的感官描述词库。植物蛋白粉的描述词、定义和参照样见表 1,共生成 26 个描述词,包括 2 个外观属性,7 个口感属性,5 个滋味属性和 12 个香气属性。随后对评价员进行了 8 次培训,每次培训时长 2 h,通过培训让评价员明确所有描述词的定义。通过 15 点线性标尺法确定所有参照样的分数,最终所有评价员能够对描述词的定义、参照样的分数和标尺的使用达成一致。

评价样品时,将 20 g 蛋白粉加到 400 mL 水中(由于奇亚籽蛋白粉溶解性较差,因此取 8 g 加到等量水中),搅拌至完全溶解得到蛋白粉饮料。将30 mL 样品倒入 50 mL 一次性透明无味品尝杯中,品尝时评价员不断用一次性无味塑料勺搅拌样品,以保证

表 1 植物蛋白粉的感官描述词、定义及参照样

Table 1 Sensory descriptors, definition and reference of plant protein

属性	描述词	定义	参照样	分值
外观	表面光亮度	产品表面反射光程度,把容器对着光前后倾斜,评估产品表面的光亮程度	甜豆浆	4 分
			淡奶油	6 分
			全脂纯牛奶	8 分
	表面颗粒	把容器对着光倾斜,评估产品表面的颗粒量	燕麦豆浆	10 分
口感	搅拌黏度	勺子在样品中移动需要的力量,将勺子垂直插至底部但不接触容器底壁,顺时针搅拌 10 圈给黏度打分	全脂纯牛奶	4 分
			淡奶油	10 分
	吮吸黏度	舀一勺产品轻轻吸入口中,测试吸入过程所用的力度	全脂纯牛奶	4 分
			淡奶油	12 分
	口中稠度	在口中感受到的样品稠度,舀一勺产品,感受样品在口中流经舌头时的阻力	全脂纯牛奶	6 分
			淡奶油	12 分
	顺滑	产品流过舌头的容易程度,舀一勺产品,置于舌头上,产品离开上腭,让产品在舌面上来回流动,越顺滑,分数越高	燕麦豆浆	2 分
			甜豆浆	6 分
	总口中残留	舀一勺产品,吞咽后口腔表面残留的产品量	甜豆浆	5 分
			燕麦豆浆	8 分
	残留粉感	舀一勺产品,吞咽后口腔表面残留细颗粒的量	甜豆浆	4 分
			燕麦豆浆	10 分
	涩味	舌头和口腔表面的收敛感或麻的感觉	明矾水溶液 0.075 g/L	2 分
			明矾水溶液 0.150 g/L	5 分
			明矾水溶液 0.300 g/L	10 分

续表 1

属性	描述词	定义	参照样	分值
滋味	苦味(t)	基本味属性，像可可粉溶液一样的苦味	可可粉水溶液 1.75 g/L	2 分
			可可粉水溶液 3.50 g/L	4 分
			可可粉水溶液 7.00 g/L	8 分
			可可粉水溶液 14.00 g/L	12 分
	酸味(t)	基本味属性，像柠檬酸溶液一样的酸味	柠檬酸溶液 0.05 g/L	2 分
			柠檬酸溶液 0.10 g/L	5 分
	甜味(t)	基本味属性，像蔗糖溶液一样的甜味	白砂糖溶液 1.5 g/L	2 分
			白砂糖溶液 3.0 g/L	6 分
			白砂糖溶液 4.5 g/L	9 分
	咸味(t)	基本味属性，像氯化钠溶液一样的咸味	氯化钠溶液 0.4 g/L	2 分
			氯化钠溶液 0.8 g/L	5 分
			氯化钠溶液 1.6 g/L	10 分
	鲜味(t)	基本味属性，像谷氨酸钠一样的鲜味	味精溶液 0.3 g/L	3 分
			味精溶液 0.6 g/L	8 分
			味精溶液 0.9 g/L	12 分
香气	大豆味(f/ap)	在鼻腔的前、中部感知到熟豆浆中大豆的味道，以大豆味、醇厚、香甜为特征	低糖豆奶与水质量比 1:7	2 分
			低糖豆奶与水质量比 1:3	6 分
			低糖豆奶	10 分
	生豆味(f/ap)	在鼻腔前部感知到的生豆味道，以生的、轻的、大豆味、青涩、刺激为特征	生豆粉与冷水 1 g:4 mL，浸泡 5 min 后的上清液	6分
	豌豆味(f/ap)	生豌豆味，以生的、青涩、刺激、泥土、腐烂为特征	生豌豆	6 分
	面粉味(f/ap)	面粉溶液的味道	低筋面粉与水1 g:4 mL	4 分
			低筋面粉与水1 g:2 mL	6 分
	粉感(f/ap)	粉末吸入鼻腔的感觉，闷闷的、湿润的、有颗粒感	低筋面粉与水1 g:4 mL	3 分
			低筋面粉与水1 g:2 mL	6 分
	酸味(f/ap)	发酵产生的酸的香气	全麦面包	6 分
	发酵味(f/ap)	令人联想到食物发酵的味道	全麦面包	6 分
	甜香(f/ap)	香甜的香气	低糖豆奶与水质量比 1:7	1 分
			低糖豆奶与水质量比 1:3	3 分
			低糖豆奶	6 分
	清新感(f/ap)	清新的味道，让人联想到黄瓜，但与黄瓜味不同	新鲜荷兰黄瓜切片	6 分
	核桃味(f/ap)	核桃的味道，略苦	核桃壳与沸水 1 g:10 mL，浸泡 1 h 后的滤液	4 分
	烘焙味(f/ap)	令人联想到食物烘焙的香气	荞麦茶与沸水 1 g:40 mL，冲泡 5 min 后的滤液	4 分
	油脂味(f/ap)	油脂的香气	荞麦茶与沸水 1 g:40 mL，冲泡 5 min 后的滤液	8 分

注：t 表示饮用蛋白粉饮料时的滋味属性；f 表示饮用蛋白粉饮料时的香气属性；ap 表示嗅闻蛋白粉时的香气属性。

蛋白粉在水中均匀分布。评价样品粉末时，将 2 g 蛋白粉置于 20 mL 一次性透明无味带盖品尝杯中嗅闻。所有样品采用三位数随机编码，每个样品被重复评价一次。通过 8 次实验完成所有样品的评价，每次评价时长 2 h。

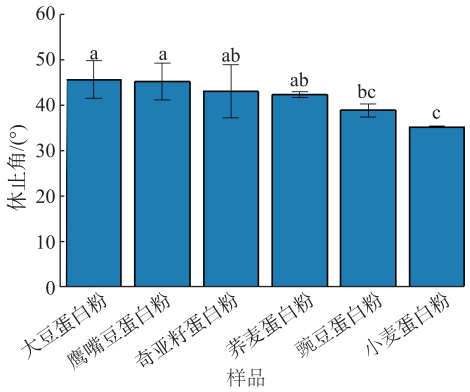
1.3 数据分析

采用 Excel 2016、Origin 9.1 绘制图表。采用 XLSTAT 2019 进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 粉体流动性分析

作为固体粉末冲调饮品,流动性较好的蛋白粉更受消费者青睐。通过粉体的休止角来比较蛋白粉的流动性。在静平衡状态下,粉体堆积斜面与底部水平面所夹锐角叫做休止角,它是通过特定方式使粉体自然下落到特定平台上形成的。休止角反映粉体颗粒间动态摩擦系数的大小。休止角越大,摩擦系数越大,粉体的流动性越差,一般认为休止角小于 40°时粉体的流动性良好[17]。样品的休止角见图 1,5 种新型植物来源蛋白粉的流动性均优于大豆蛋白粉。其中,小麦蛋白粉和豌豆蛋白粉的休止角均小于 40°,表明它们的粉体流动性较好。而大豆蛋白粉与其余 3 种样品的休止角均略大于 40°,表明它们的粉体流动性均较差。



不同字母表示样品间存在显著差异(P<0.05)。

图 1 植物蛋白粉的休止角

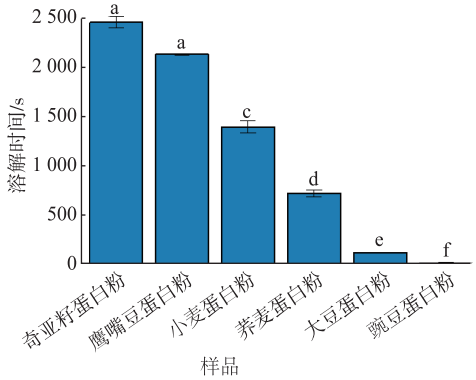
Fig. 1 Repose angle of plant protein powders

2.2 溶解速度分析

蛋白粉固体饮料的溶解速度普遍较慢,这直接影响了消费者的冲调体验。通过在固定转速下比较样品完全溶解的时间(见图 2)发现,豌豆蛋白粉的溶解速度最快,仅需 19 s 即可均匀分散于水中,其次为大豆蛋白粉,需要 127 s,其他蛋白粉的溶解速度均明显慢于大豆蛋白粉,奇亚籽蛋白粉的溶解速度最慢,溶解时间长达 2 456 s。样品溶解速度由快至慢的排序为豌豆蛋白粉>大豆蛋白粉>荞麦蛋白粉>小麦蛋白粉>鹰嘴豆蛋白粉>奇亚籽蛋白粉。

2.3 溶液稳定性分析

随着时间的延长,蛋白粉饮料易出现分层现象,由于分层导致的反复搅拌可能会影响消费者的感官体验。如图 3 所示,豌豆蛋白粉饮料的上方在 5 min 时出现分层现象。荞麦蛋白粉饮料的底部在 10 min 时出现分层现象。在 20 min 时可观察到小麦蛋白粉饮料上方出现分层现象,鹰嘴豆蛋白粉饮料底部出现分层现象。60 min 时大豆蛋白粉饮料上方出现分层现象。而奇亚籽蛋白粉在 24 h 内未观察到分层现象。所有样品中,仅奇亚籽蛋白粉的溶液稳定性优于大豆蛋白粉。



不同字母表示样品间存在显著差异(P<0.05)。

图 2 植物蛋白粉的溶解时间

Fig. 2 Dissolution time of plant protein powders

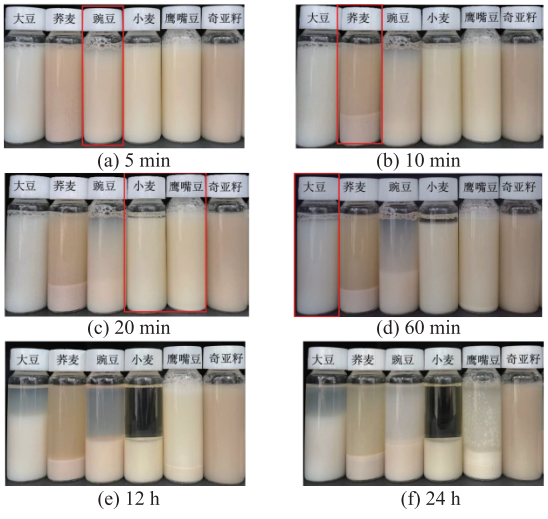


图 3 植物蛋白粉的分层情况

Fig. 3 Solution stability of plant protein powders

2.4 感官评价结果

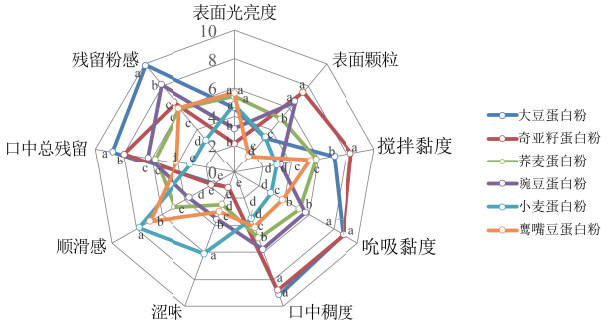
如图 4 所示,样品在外观属性上均存在显著差异。其中,奇亚籽蛋白样品和豌豆蛋白样品的表面光亮度最弱,其他 4 种样品的表面光亮度无明显差异。在表面颗粒方面,鹰嘴豆蛋白样品的表面颗粒最少,小麦蛋白样品与大豆蛋白样品的表面颗粒无

明显差异,而奇亚籽蛋白样品、豌豆蛋白样品和荞麦蛋白样品的表面颗粒明显多于大豆蛋白样品。

植物蛋白粉饮料的口感特征存在显著差异,大豆蛋白样品具有最强的口中稠度、吮吸黏度、口中总残留和残留粉感,同时具有较强的搅拌黏度,而顺滑感和涩味最弱。奇亚籽蛋白样品与大豆蛋白样品的口感特征相似,具有最强的搅拌黏度、吮吸黏度和口中稠度,这可能是因为奇亚籽遇水能够形成黏性凝胶[18],从而增加了溶液的黏度。此外,奇亚籽蛋白样品的顺滑感和涩味也与大豆蛋白样品相似且显著弱于其余 4 种样品,但是奇亚籽蛋白样品的口中总残留和残留粉感显著弱于大豆蛋白样品。小麦蛋白样品的口感特征与大豆蛋白样品相反,具有最强的涩味和顺滑感,搅拌黏度、吮吸黏度、口中稠度、口中总残留和残留粉感均最弱。豌豆蛋白样品的残留粉感较强,搅拌黏度与小麦蛋白样品接近且显著弱于其余 4 种样品。鹰嘴豆蛋白样品的顺滑感较强,口中稠度与小麦蛋白样品相似且明显弱于其余 4 种样品。荞麦蛋白样品的口感属性均不突出。

如图 5 所示,植物蛋白粉饮料的滋味特征具有较大差异。大豆蛋白样品具有甜味、苦味和鲜味,但整体滋味较弱,仅鲜味(3.0 分)略强。奇亚籽蛋白样品与大豆蛋白样品滋味特征相似,也只具有甜味、苦味和鲜味,整体滋味较弱,各滋味属性强度均小于 2 分。小麦蛋白样品具有突出的酸味,同时具有较弱的甜味和苦味。荞麦蛋白粉的甜味突出,同时具有微弱的酸味。豌豆蛋白样品具有突出的苦味,这一结果与先前研究结果一致[19-20],同时咸味和鲜味也最强。鹰嘴豆蛋白样品同时具有 5 种滋味,各滋味强度均衡,仅苦味稍强。从消费者喜好考虑,甜味蛋白粉饮料在市场上较为常见且易被消费者接受,而酸味、苦味、咸味、鲜味的蛋白粉饮料在市场上并不常见。因此,甜度较强的荞麦蛋白粉饮料更适合直接饮用,而小麦蛋白粉及豌豆蛋白粉则会对饮料的感官品质产生负面影响。

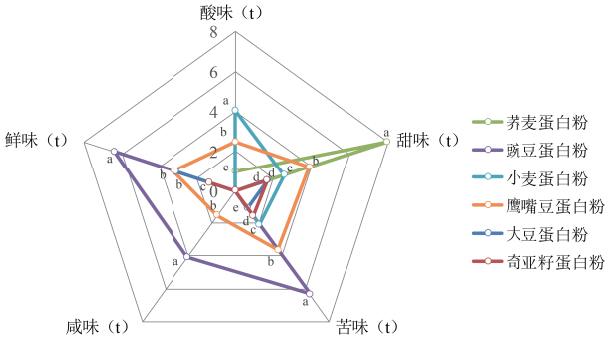
如图 6 所示,不同植物蛋白粉饮料的香气具有明显差异。大部分蛋白粉都具有独特的香气特征,主要与它们来源的植物有关。所有样品的共有香气属性为甜香,其中荞麦蛋白样品的甜香最突出且显著高于其他样品,其次为大豆蛋白样品、鹰嘴豆蛋白样品和奇亚籽蛋白样品,小麦蛋白样品的甜香较弱,豌豆蛋白样品的甜香最弱。在其他香气属性上,大豆蛋白样品具有突出的大豆味、粉感及独特的生豆味。鹰嘴豆蛋白样品也具有大豆味,但强度显著弱于大豆蛋白样品,鹰嘴豆蛋白样品还具有轻微的发酵味。豌豆蛋白样品也具有粉感,但强度显著弱



同一属性中不同字母表示样品间存在显著差异(P<0.05)。

图 4　植物蛋白粉饮料的外观和口感差异

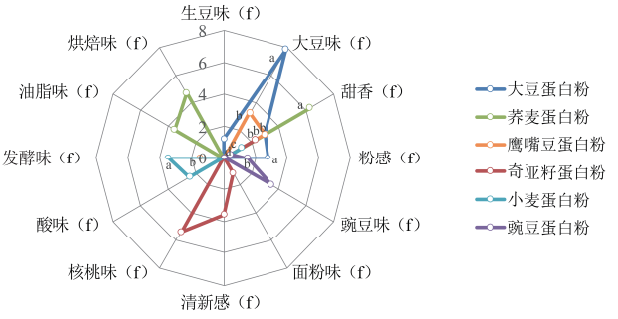
Fig. 4　Appearance and mouthfeel differences of plant protein beverage



同一属性中不同字母表示样品间存在显著差异(P<0.05)。

图 5　植物蛋白粉饮料的滋味差异

Fig. 5　Taste differences of plant protein beverage



同一属性中的不同字母表示样品间存在显著差异(P<0.05)。

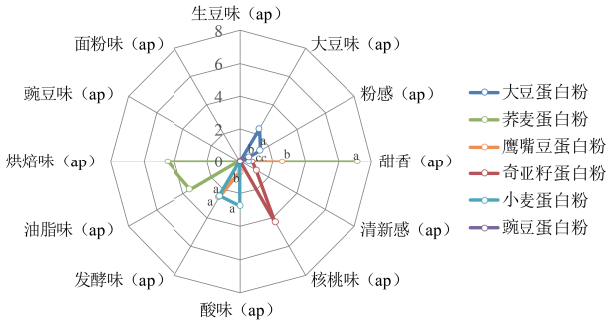
图 6　植物蛋白粉饮料的香气差异

Fig. 6　Flavor differences of plant protein beverage

于大豆蛋白样品,其还具有独特的豌豆味。奇亚籽蛋白样品具有独特的核桃味、面粉味和清新感。荞麦蛋白样品具有独特的烘焙味和油脂味。小麦蛋白样品具有较强的发酵味,且强度显著高于鹰嘴豆蛋白样品,此外还具有独特的酸味。

评价员普遍认为清新感和核桃味是令人愉悦的香气,酸味和发酵味是异味,不易被接受。因此奇亚籽蛋白粉可以成为开发新风味蛋白粉的选择,而小麦蛋白粉则不适合添加到产品中。荞麦蛋白样品尽管甜香突出,但一些评价员无法接受其油脂味和烘焙味,这可能会限制荞麦蛋白粉的广泛应用。

蛋白粉本身的香气也可能成为影响消费者喜好的因素,并且由于香气成分亲水性的差异[21],粉末香气与溶液香气往往存在一定差异。因此,对蛋白粉的粉末香气也进行了评价。如图 7 所示,与饮料相比,生豆味、面粉味和豌豆味均未在粉末中被感知到。仅 4 个蛋白粉的粉末样品表现出甜香属性,其中荞麦蛋白粉的甜香属性最强,鹰嘴豆蛋白粉次之,奇亚籽蛋白粉和小麦蛋白粉有微弱的甜香。



同一属性中不同字母表示样品间存在显著差异(P<0.05)。

图 7　植物蛋白粉的香气差异

Fig. 7　Flavor differences of plant protein powders

在其他香气属性上,大豆蛋白粉的香气主要由大豆味和粉感组成。鹰嘴豆蛋白粉具有发酵味和微弱的酸味。奇亚籽蛋白粉的香气包括核桃味和清新感。豌豆蛋白粉表现出微弱的粉感。小麦蛋白粉的香气特征与饮料相同,具有发酵味和酸味,但香气强度明显减弱。荞麦蛋白粉的香气特征也与饮料相同,由甜香、烘焙味和油脂味组成,且香气强度未发生明显变化。就粉末香气而言,奇亚籽蛋白粉仍然具有令人愉悦的核桃味和清新感,可能会增强消费者对植物蛋白粉的接受度。

3 结　语

作者比较了不同植物来源蛋白粉的冲调特性,5 种新型植物来源蛋白粉的流动性均优于或等于大豆蛋白粉,其中小麦蛋白粉与豌豆蛋白粉的粉体流动性较好,其余蛋白粉的流动性均较差。相较于传统植物来源的大豆蛋白,5 种新型植物来源蛋白粉均在溶解速度或溶液稳定性方面存在短板。其中仅豌豆蛋白粉的溶解速度快于大豆蛋白粉,但其溶液稳定性表现最差。而奇亚籽蛋白粉是唯一溶液稳定性优于大豆蛋白粉的样品,但其溶解速度最慢。因此,在开发新型植物来源的蛋白粉饮品时,亟待解决溶解速度慢和溶液稳定性差的问题。

进一步对蛋白粉饮料的感官特性进行比较发现,2 种新型植物来源的蛋白粉(奇亚籽蛋白粉和荞麦蛋白粉)在感官特性方面存在明显优势,其中奇亚籽蛋白样品的滋味和口感与大豆蛋白样品接近,其香气主要为核桃味和清新感,被认为是令人愉悦的风味,且其粉末也具有较强的香气,整体感官特性更易被消费者接受。而荞麦蛋白样品高甜味、高甜香的特征也可能具有较高的消费者接受度。因此,奇亚籽蛋白粉和荞麦蛋白粉均可作为开发新风味蛋白粉的首选。而豌豆蛋白样品和小麦蛋白样品在感官特性方面存在明显缺陷,其中小麦蛋白样品具有酸味、发酵味等异味,豌豆蛋白样品具有突出的苦味。从风味角度考虑,两者均不适合开发成为单一来源的植物蛋白粉。

因此,仅仅使用单一来源的新型植物蛋白粉很难给消费者带来良好的冲泡及饮用体验,后续研究应考虑从以上蛋白粉中选择多种进行混合使用,以开发消费者饮用体验均优于大豆蛋白粉饮料的新型产品。

参考文献:

[1] 陈贵堂,赵霖. 植物蛋白的营养生理功能及开发利用[J]. 食品工业科技,2004,25(9):137-140.
CHEN G T,ZHAO L. Physiological function,processing and utilization of vegetable proteins[J]. **Science and Technology of Food Industry**,2004,25(9):137-140. (in Chinese)

[2] VIRTANEN H E K,VOUTILAINEN S,KOSKINEN T T,et al. Dietary proteins and protein sources and risk of death:the Kuopio Ischaemic Heart Disease Risk Factor Study[J]. **The American Journal of Clinical Nutrition**,2019,109(5):1462-1471.
[3] BUDHATHOKI S,SAWADA N,IWASAKI M,et al. Association of animal and plant protein intake with all-cause and cause-specific mortality in a Japanese cohort[J]. **JAMA Internal Medicine**,2019,179(11):1509-1518.
[4] RAMDATH D D, PADHI E M, SARFARAZ S, et al. Beyond the cholesterol-lowering effect of soy protein: a review of the effects of dietary soy and its constituents on risk factors for cardiovascular disease[J]. **Nutrients**, 2017, 9(4):324.
[5] 范广琦,刘晓兰,郑喜群,等. 高起泡性玉米谷蛋白水解物对戚风蛋糕品质的影响[J]. 食品与机械, 2023, 39(10): 197-205.
FAN G Q, LIU X L, ZHENG X Q, et al. Effect of high foam ability corn glutelin hydrolysate on quality of chiffon cake[J]. **Food & Machinery**, 2023, 39(10): 197-205.(inChinese)
[6] SHRIVASTAVA C,CHAKRABORTY S. Bread from wheat flour partially replaced by fermented chickpea flour:optimizing the formulation and fuzzy analysis of sensory data[J]. **LWT–Food Science and Technology**,2018,90:215-223.
[7] RIZZELLO C G,CALASSO M,CAMPANELLA D,et al. Use of sourdough fermentation and mixture of wheat,chickpea,lentil and bean flours for enhancing the nutritional,texture and sensory characteristics of white bread[J]. **International Journal of Food Microbiology**,2014,180:78-87.
[8] 吕常旭,李颖,贺金涛,等. 豌豆蛋白粉馒头加工工艺研究[J]. 食品研究与开发,2020,41(14):142-146.
LYU C X,LI Y,HE J T,et al. Study on processing technology of pea protein powder steamed bread[J]. **Food Research and Development**,2020,41(14):142-146. (in Chinese)
[9] DABIJA A,CODINA G G,GATLAN A M,et al. Effects of some vegetable proteins addition on yogurt quality[J]. **Scientific Study and Research:Chemistry and Chemical Engineering,Biotechnology,Food Industry**,2018,19(2):181-192.
[10] SAINT-EVE A,GRANDA P,LEGAY G,et al. Consumer acceptance and sensory drivers of liking for high plant protein snacks [J]. **Journal of the Science of Food and Agriculture**,2019,99(8):3983-3991.
[11] 刘颖,田文娟. 复合米糠蛋白粉的研制与营养价值评价[J]. 食品科学,2012,33(4):292-295.
LIU Y,TIAN W J. Development and nutritional evaluation of compound rice bran protein powder[J]. **Food Science**,2012,33(4):292-295. (in Chinese)
[12] 王晶. 针对特殊人群蛋白粉的研制[D]. 武汉:武汉轻工大学,2017.
[13] 毛午晶. 恒山黄芪抗疲劳固体饮料研发[D]. 太原:山西大学,2020.
[14] 李芳,郭亚丽,朱亚军,等. 热处理对大豆蛋白乳液稳定性的影响研究[J]. 粮食与饲料工业,2016(3):35-39.
LI F,GUO Y L,ZHU Y J,et al. Effects of heat-treatment on the stability of soybean protein emulsions[J]. **Cereal & Feed Industry**,2016(3):35-39. (in Chinese)
[15] CHILDS J L,YATES M D,DRAKE M A. Sensory properties of meal replacement bars and beverages made from whey and soy proteins[J]. **Journal of Food Science**,2007,72(6):425-434.
[16] MEINLSCHMIDT P,UEBERHAM E,LEHMANN J,et al. Immunoreactivity,sensory and physicochemical properties of fermented soy protein isolate[J]. **Food Chemistry**,2016,205:229-238.
[17] 周葵,张雅媛,游向荣,等. 不同粒径青香蕉粉的粉体特性[J]. 食品工业科技,2018,39(7):6-9.
ZHOU K,ZHANG Y Y,YOU X R,et al. Properties of green banana powder in different particle sizes[J]. **Science and Technology of Food Industry**,2018,39(7):6-9. (in Chinese)
[18] SEGURA-CAMPOS M,ACOSTA-CHI Z,ROSADO-RUBIO G,et al. Whole and crushed nutlets of chia(*Salvia hispanica*) from Mexico as a source of functional gums[J]. **LWT–Food Science and Technology**,2014,34(4):701-709.
[19] GARCÍA A V,LEFFLER S,MURANYI I,et al. Sensory profile,functional properties and molecular weight distribution of fermented pea protein isolate[J]. **Current Research in Food Science**,2021,4:1-10.
[20] GLÄSER P,DAWID C,MEISTER S,et al. Molecularization of bitter off-taste compounds in pea-protein isolates (*Pisum sativum* L.)[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**,2020,68(38):10374-10387.
[21] DE ROOS K B. How lipids influence flavor perception[M]. Washington DC:American Chemical Society,2005:145-158.
[22] 张百汝,王斌,王琨,等. 挤压处理对豌豆蛋白功能特性及结构的影响[J]. 食品与机械,2022,38(1):32-37.
ZHANG B R,WANG B,WANG K,et al. Effect of extrusion treatment on the functional properties and structure of pea protein [J]. **Food & Machinery**,2022,38(1):32-37. (in Chinese)

(责任编辑:史润东东)