魔芋果蔬健康代餐粉的功能特性

范东翠[1,2]，邱丽青[1,2]，陈晶晶[3]，张慜[*1,2]

（1. 江南大学 食品学院，江苏 无锡 214122；2. 食品科学与资源挖掘全国重点实验室，江南大学，江苏 无锡 214122；3. 海通食品集团有限公司，浙江 慈溪 315300）

摘要：研究了不同杀菌条件对自制代餐粉功能特性及产品品质的影响，紫外冷杀菌可以最大限度地保留代餐粉原来的功能特性，但是杀菌效率不高；而射频杀菌既可以保留功能性成分又可以取得良好的杀菌效果。将自制代餐粉与市售代餐粉进行对比，结果表明自制代餐粉总酚质量分数及抗氧化活性均高于市售代餐粉，且自制代餐粉的风味滋味均优于市售代餐粉。为研究自制代餐粉的贮藏稳定性，对自制代餐粉进行了 3 个月的贮藏实验。结果表明，自制代餐粉在 90 d 的贮藏期内功能特性、微生物指标均在标准范围内。为了延长代餐粉的保质期，应尽可能将代餐粉置于干燥、阴凉处贮藏。

关键词：魔芋；代餐粉；功能特性；贮藏

中图分类号：TS 231　**文章编号：**1673-1689(2024)03-0085-09　**DOI：**10.12441/spyswjs.20230621002

Functional Properties of Healthy Meal Replacement Powders Containing Konjac, Fruit and Vegetable Flour

FAN Dongcui[1,2], *QIU Liqing*[1,2], *CHEN Jingjing*[3], *ZHANG Min*[*1,2]

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. State Key Laboratory of Food Science and Resources, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 3. Haitong Food Group Company, Cixi 315300, China)

Abstract: This study investigated the effects of different sterilization conditions on the functional characteristics of homemade meal replacement powders and other product quality attributes. Ultraviolet cold sterilization was found to retain the original functional characteristics of the meal replacement powders to the maximum extent, but with low sterilization efficiency. In contrast, radiofrequency sterilization preserved both functional components and achieved good sterilization effects. Comparing homemade and commercial meal replacement powders, it was revealed that the total phenol content and antioxidant activity of the homemade powders were higher than those of the commercially available ones, while the flavor of the homemade powders was superior to the commercial products. To examine the storage stability of the homemade meal replacement powders, 3-month storage experiment was conducted. The results showed that the functional characteristics

收稿日期：2023-06-21　**修回日期：**2023-10-02

基金项目：国家“十三五”重点研发计划项目(2017YFD0400501)。

作者简介：范东翠(1984—)，女，硕士，高级实验师，主要从事生鲜食品加工研究。E-mail：fandc@jiangnan.edu.cn

*通信作者：张　慜(1962—)，男，博士，教授，博士研究生导师，主要从事生鲜食品加工及贮藏保鲜研究。E-mail：min@jiangnan.edu.cn

and microbial indexes of the homemade powders were within the standard range during the 90-day storage period. To prolong the shelf life of the meal replacement powders, it is recommended to store the powders in a dry and shady place.

Keywords: konjac, meal replacement powder, functional properties, storage

代餐粉属于低水分活度食品,微生物繁殖速度较低。代餐粉在冲泡过程中,低水分活度代餐粉中受抑制的微生物容易在高水分活度环境下快速繁殖,导致代餐粉存在安全隐患。

代餐粉中的玫瑰粉、坚果及果蔬粉是天然来源的,在生产加工过程中容易受到霉菌、酵母菌、细菌等微生物的污染,如果这些成分未经高温杀菌就直接添加到食品中,可能会造成食品的腐败变质和食源性疾病发生。传统的杀菌方法如热杀菌、高温蒸汽灭菌及辐照杀菌对玫瑰、坚果及果蔬粉中的营养物质、风味及外观的影响很大,因此探索安全有效的杀菌方法尤为重要。

射频(radio frequency,RF)杀菌是一种新型杀菌技术,与传统的加热方法相比,RF 使用电磁效应来加热材料,较少依赖传导的传热方式,材料内的温度分布更加均匀,加热时间更短[1-2]。目前,射频杀菌广泛应用于食品的杀菌和保鲜等领域,具有热速度快、热均匀性好、穿透深等特点。虽然 RF 杀菌的温度分布均匀,但是局部过热处理会导致产品品质严重下降,限制了 RF 技术在食品领域的发展。紫外杀菌属于冷杀菌, 能够保持产品原有的品质特性,因此被广泛用于食品灭菌。

食用玫瑰花中含有丰富的 VC,还含有槲皮苷、脂肪油、有机酸等有益美容的成分,以及多酚、黄酮等多种生物活性物质[3],因此食用玫瑰花能降低自由基、抗氧化、预防心血管和调节免疫功能、抗菌等功效[4]。

魔芋是有益的碱性食品,是低热量、低脂肪、高纤维的代表食物之一,具有减肥、降血压、降血糖、排毒通便、防癌、补钙等功效[5-7]。研究表明,魔芋块茎中含有丰富的营养物质,如淀粉、蛋白质、脂肪、还原糖、纤维素以及多种微量元素等[8-9]。魔芋中魔芋葡甘聚糖(KGM)质量分数为 50%~60%,是魔芋中的重要功能成分。KGM 作为一种天然的大分子可溶性膳食纤维,具有吸水性强、膨胀率高、黏稠度高、饱腹性强等优点,被广泛应用于食品工业中,尤其是保健食品的开发[10]。

随着经济的快速发展和生活水平的提高,“三高”及肥胖人群日益增加。营养健康、方便快捷的代餐食品深受人们的喜爱。低热量、易饱腹的营养代餐食品能减少人体能量摄入,从而控制体重。代餐粉属于代餐食品,是以一种或多种谷物食材等调配而成的一类冲调类粉剂产品。代餐粉富含高纤维,具有低热量和易饱腹等特点,能抑制人体对食物和能量摄入,以实现体重减轻。由玫瑰花和魔芋为主要原料制作而成的代餐粉具有口感风味佳、营养丰富、长期服用具有美容、减肥以及延缓衰老的效果,因此具有广阔的市场前景。

我国关于代餐粉的研究起步较晚,代餐粉在营养结构上有一些不足之处。为了达到减轻体重的目的,许多低热量代餐产品的营养不均衡,容易引起机体营养不良;此外,一些营养均衡的代餐产品不具有饱腹感,容易因人体处于长期饥饿状态而造成人体不适。作者研究了自制魔芋果蔬代餐粉的功能特性及其产品特性,并进行了贮藏试验。

1 材料与方法

1.1 实验材料

魔芋粉、草莓粉、燕麦片、坚果、糖粉、木糖醇、代餐粉 A、代餐粉 B 等:无锡欧尚超市;超微玫瑰粉:山东华玫科技有限公司;所用试剂均为分析纯。

1.2 总酚质量分数的测定

样品的总酚质量分数参考 Li 等的方法并稍加修改[11]。将代餐粉样品进行研磨粉碎,并过 150 目筛。将 1.00 g 制备的代餐粉和 20 mL 的体积分数 50%乙醇混合, 采用 300 W、45 kHz 超声提取 40 min,然后于 3 500 r/min 离心 10 min。取上清液,再次与 20 mL 体积分数 50%的乙醇溶液混合进行提取,离心后合并上清液,用体积分数 50%乙醇溶液将上清液定容至 50 mL, 用于测定总酚质量分数和抗氧化活性。

采用福林酚法测定提取液中总酚质量分数。将 1 mL 提取液和 5 mL 体积分数 10%的福林酚混合均匀,反应 5 min 后,加入 4 mL 的 7.5 g/dL Na_2CO_3

溶液,混合均匀后在避光处反应 1 h,然后在 765 nm 处测定其吸光度。总酚含量以没食子酸(GAE)为当量,用 mg/hg 表示,试验重复 3 次。

1.3 抗氧化活性的测定

1.3.1 DPPH 自由基清除率的测定 参考 Feng 等方法对不同样品的 DPPH 清除率进行测定,并稍加修改[12]。将 0.5 mL 提取液与 4 mL DPPH 混合均匀,避光反应 30 min,在 517 nm 测定吸光度,用无水乙醇代替样品提取液,在相同条件下测定吸光度,DPPH 自由基清除率的计算见式(1)。

$$I_{DPPH}=1-(A_1/A_0)\times 100\% \quad (1)$$

式中:I_{DPPH} 为 DPPH 的清除率,%;A_1 为反应液在 517 nm 的吸光度;A_0 为无水乙醇在 517 nm 的吸光度。

1.3.2 ABTS 自由基清除率的测定 参考 Xu 等的方法进行 ABTS 清除率的测定[13]。ABTS 混合反应溶液的配制如下:3.84 mg/mL ABTS 水溶液和 0.66 mg/mL 过硫酸钾溶液以体积比 1:1 混合,避光静置 12 h,然后在 734 nm 下用蒸馏水将混合反应溶液的吸光度调至 0.700 左右。在 0.5 mL 提取液中加入 6.0mL ABTS 混合反应溶液,混匀后,在常温下反应 15 min,然后在 734 nm 处对其吸光度进行测定,记为 A_2,用无水乙醇代替样品提取液,在相同条件下测定的吸光度记为 A_3。ABTS 自由基清除率的计算公式见式(2)。

$$I_{ABTS}=(1-A_2/A_3)\times 100\% \quad (2)$$

式中:I_{ABTS} 为 ABTS 清除率,%;A_2 为反应液在734 nm 处的吸光度;A_3 为无水乙醇在 734 nm 处的吸光度。

1.4 电子鼻测试

将 0.5 g 过 150 目筛的不同样品粉末(自制代餐粉、代餐粉 A 及代餐粉 B)和 5 mL 蒸馏水混匀,并置于 40 mL 密封瓶,在 28 ℃平衡 1 h,采用电子鼻(14 个气体传感器)对其风味进行测定。测试前,首先将电子鼻清洗 3 000 s。测试参数为:清洗时间 120 s,测定时间 120 s,等待时间为 10 s,气体流量 1 L/min,试验重复 4 次[14]。

1.5 电子舌测试

将不同代餐粉样品磨碎后过 150 目筛,将 1.00 g 代餐粉和 100 mL 蒸馏水混合并搅拌均匀,在 4 500 r/min 离心 10 min 得上清液,采用电子舌对其滋味进行测定。用 KCl 和酒石酸混合溶液作为参照溶液[15]。

1.6 色差值测定

利用 CR-400 型色差计测定代餐粉的色度值,在每次测定前,先用标准白板对仪器进行校正。将代餐粉样品装在自封袋中,然后采用色差计对其色泽(L^*、a^* 和 b^* 值)进行测定,试验重复 5 次。

1.7 流变特性测定

对自制与市售代餐粉进行流变特性测试,将代餐粉用开水冲泡,取 1 mL 冲泡得到的代餐粉于流变仪中进行黏度测试,测试范围为 0.1~10 Hz。

1.8 冲泡特性测定

将配置好的自制代餐粉及市售代餐粉冲泡,通过测定代餐粉分散性指数反映其冲泡特性。在 500 mL 烧杯中加入 30 g 代餐粉和 80 ℃饮用水 210 mL,用玻璃棒搅拌 1 min。静置 3 min 后用 20 目筛网对代餐粉溶液过筛,并用蒸馏水对结块物质进行冲洗,最后置于 105 ℃烘箱干燥至恒质量。样品分散性指数见式(3)。

$$H=[1-\frac{a}{b}(1-w)]\times 100\% \quad (3)$$

式中:H 为分散性指数,%;a 为不溶物干燥后的质量,g;b 为样品的质量,g;w 为样品中的水分质量分数,%。

1.9 微生物指标测定

取 1 g 代餐粉样品,将其溶解于 9 mL 无菌生理盐水并用旋涡振荡器振荡均匀。静置后吸取上清液 1 mL 于无菌培养皿中再倒入 30 mL 无菌培养基摇匀,待其冷却凝固后分别置于(37±1) ℃和(28±1) ℃培养,采用国标测定。

1.10 感官评价

魔芋果蔬健康代餐粉的色泽、组织状态、气味、口感和冲调性等感官品质会影响消费者对产品的接受度,因此对于代餐粉产品的感官评价十分重要[16-17]。感官评定小组由 10 名经过专业培训的食品专业人员组成,主要对产品的色泽、组织状态、气味、口感和冲调性等 5 个方面来衡量产品感官,评价标准见表 1。

1.11 统计分析

采用 SPSS 19.0 进单因素方差分析(ANOVA)和 Duncan's 多重比较,结果以平均值±标准差表示。结果中标注的不同字母表示具有显著性差异($P<0.05$),所有测定结果重复 3 次。

表 1　魔芋果蔬健康代餐粉感官评分标准

Table 1　Sensory evaluation standard of healthy meal replacement powders containing konjac, fruit and vegetable flour

项目	评价标准	分数
组织状态（20 分）	粉末细腻无杂质，无结块，手捏不成团	15~20
	无结块，稍有粗粒杂质，稍有粗糙感	10~15
	稍有结块，有粗粒，手捏有粗糙感	5~10
	吸湿有霉变，结块，手捏成团，有粗粒	0~5
气味（20 分）	有玫瑰香味及草莓香气，无异味	15~20
	有玫瑰香味及草莓香气、无异味	10~15
	无玫瑰香味、过浓或过淡，无异味	5~10
	有霉味、酸味或其他异味	0~5
色泽（20 分）	颜色明亮，呈红色，色泽浓淡适宜	15~20
	颜色较亮，色泽均匀，稍浓或稍淡	10~15
	色泽较均匀，过浓或过淡	5~10
	色泽不均匀，颜色暗淡，无亮感	0~5
口感（20 分）	无异味，口感香甜，口感细腻	15~20
	无异味，微微香甜味，略有颗粒感	10~15
	略有异味，口感粗糙	5~10
	酸苦或有其他异味	0~5
冲调性（20 分）	基本无结块，无分层，略搅拌后快速溶解	15~20
	有少量结块，无分层，略搅拌后部分溶解	10~15
	有较多结块，略有分层，略搅拌后部分溶解	5~10
	不溶解，分层严重，有大量结块	0~5

2 结果与分析

2.1 不同杀菌方式对魔芋果蔬健康代餐粉功能性成分的影响

2.1.1 不同杀菌方式对代餐粉总酚质量分数的影响 不同杀菌方式对代餐粉总酚质量分数的影响见图 1。可以看出，不同杀菌方式对代餐粉的总酚质量分数的影响很大。两种热杀菌方式(RF、MV)均可显著降低代餐粉中的总酚质量分数，而冷杀菌方式(UV)对代餐粉总酚的保留率较高。这可能是因为酚类物质不稳定，在高温下容易降解导致的，而 UV 杀菌不产生热效应，因此对代餐粉中的总酚类物质有较好保留作用。

2.1.2 不同杀菌方式对代餐粉抗氧化活性的影响 从图 2 可以看出，不同杀菌方式对代餐粉的抗氧化活性影响很大，与总酚质量分数的变化趋势一致，这与文献[18]一致。热杀菌处理会使代餐粉中的总酚、维生素 C、黄酮类等物质分解，这些生物活性物质均可使代餐粉的抗氧化活性升高，其中微波杀菌组的抗氧化活性是 4 组中最低的，可能是因为微波加热的不均匀性使代餐粉在加热过程中产生局部过热现象，导致一些生物类物质严重降解。

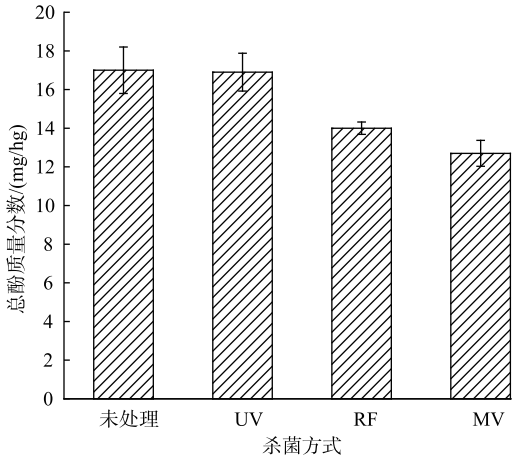


图 1　不同杀菌方式对代餐粉总酚质量分数的影响

Fig. 1　Effect of different sterilization methods on total phenol content of meal replacement powders

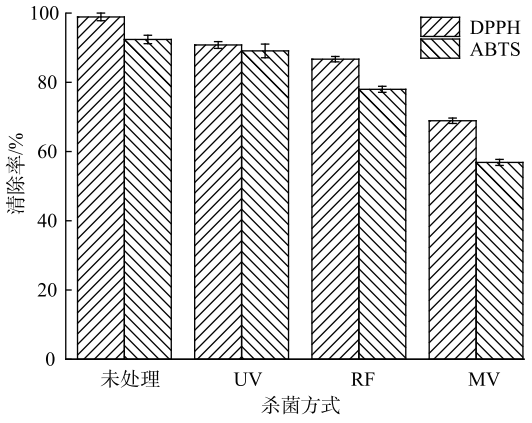


图 2　不同杀菌方式对代餐粉抗氧化活性的影响

Fig. 2　Effect of different sterilization methods on antioxidant activities of meal replacement powders

2.2　不同杀菌方式对代餐粉风味的影响

电子鼻主成分分析图及判别函数分析见图 3。不同杀菌方式对代餐粉的风味有一定的影响,紫外杀菌由于是冷杀菌,所以其对代餐粉风味的影响最小;相比于微波杀菌,射频杀菌对代餐粉风味的影响较小;所以射频杀菌更有利于代餐粉风味物质的保留。因此在后续的代餐粉的杀菌过程中,可采用射频杀菌进行杀菌处理。

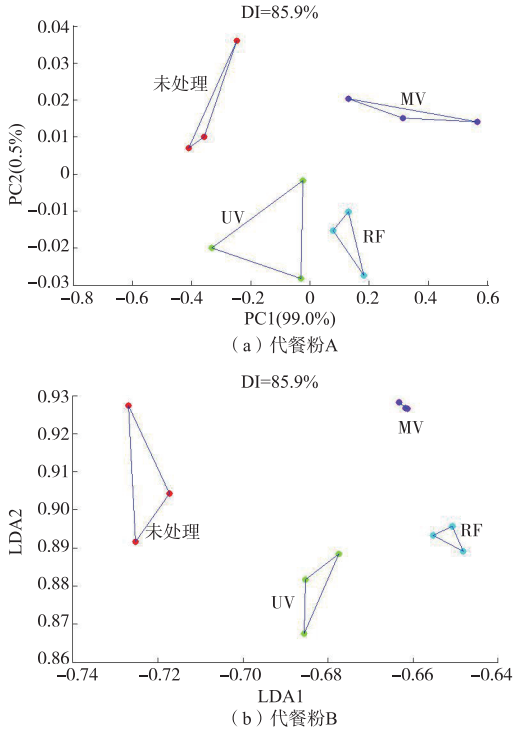


图 3　不同杀菌方式对代餐粉风味的影响

Fig. 3　Effect of different sterilization methods on the flavor of meal replacement powders

2.3　不同杀菌方式对代餐粉色泽的影响

从色差值对比可知,经 RF 及 MV 杀菌处理后,代餐粉的亮度值变低,红度值上升;经过 RF 处理后红度值上升最明显,杀菌处理后代餐粉的黄度值上升,且 MV 样品的黄度值最大。这可能是因为微波处理后样品发生美拉德反应,导致代餐粉变黄,见表 2。

表 2　不同杀菌方式对代餐粉色泽的影响

Table 2　Effect of different sterilization methods on the color parameters of meal replacement powders

杀菌方式	L^*	a^*	b^*
未处理	62.92±0.21	19.41±0.21	−4.23±0.53
UV	63.48±0.28	18.91±0.38	−3.37±0.46
RF	54.14±0.26	22.35±0.52	−0.98±1.04
MV	54.97±0.34	19.48±1.17	2.08±0.58

2.4　不同杀菌方式对代餐粉感官评分的影响

从图 4 可以看出,经过紫外杀菌处理后的样品与未处理的样品在感官上基本无差异,说明紫外杀菌可以保留代餐粉的品质。经过射频及微波处理的样品表面有焦化现象的产生,且玫瑰粉经过射频及微波处理后也有褪色现象产生,因此对其感官品质产生不利影响,见图 5。



图 4　不同杀菌方式所得代餐粉样品图

Fig. 4　Meal replacement powders treated by different sterilization methods

2.5　不同杀菌方式对代餐粉微生物的影响

从杀菌效果可以看出,3 种杀菌方法对菌落总数都有很好的杀菌效果,但是对于霉菌而言,射频杀菌效果是最佳的,微波杀菌次之,紫外杀菌对霉菌的杀菌效果是最差的,见表 3。因此综合考虑选择射频杀菌作为代餐粉的杀菌方式。

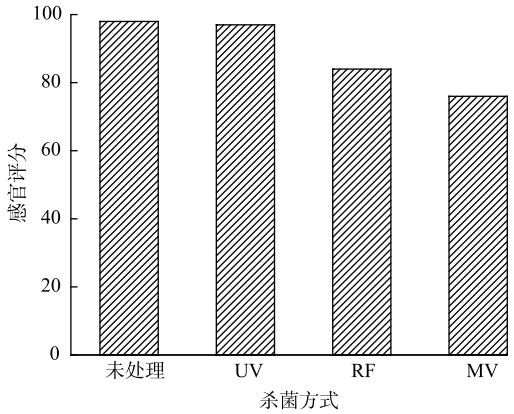


图 5　不同杀菌方式对代餐粉感官评分的影响

Fig. 5　Effect of different sterilization methods on the sensory evaluation of meal replacement powders

表 3　不同杀菌方式对代餐粉微生物的影响

Table 3　Effect of different sterilization methods on the microorganism of meal replacement powders

杀菌方式	菌落总数/(CFU/g)	霉菌数/(CFU/g)
未处理	63±4	800±12
UV	—	400±23
RF	—	—
MV	—	20±2

注:“—”表示未检出。

2.6　代餐粉功能性成分比较

2.6.1　自制代餐粉与市售代餐粉总酚质量分数对比　自制代餐粉与市售代餐粉的总酚质量分数进行对比,结果见图 6。自制代餐粉因为含有玫瑰花超微粉,因此多酚质量分数较高;而市售代餐粉由于未添加玫瑰花提取物，只添加了少量的紫薯粉,因此多酚质量分数较低。因此,自制代餐粉的营养价值较市售代餐粉更高。

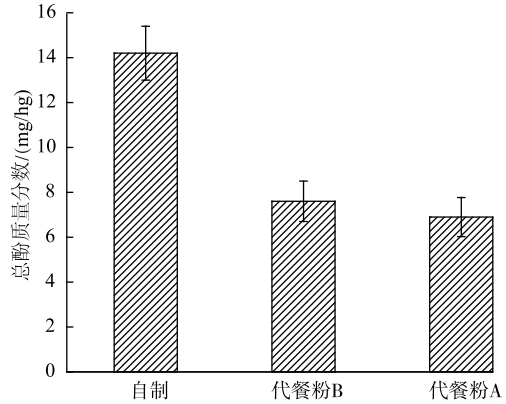


图 6　3 种代餐粉总酚质量分数对比

Fig. 6　Comparison of total phenol content in three meal replacement powders

2.6.2　自制代餐粉与市售代餐粉抗氧化活性对比　从图 7 可以看出,3 种代餐粉的抗氧化活性不同,自制代餐粉的抗氧化效果强于市售 2 种代餐粉的抗氧化活性，这是因为自制代餐粉中含有玫瑰粉、草莓粉等多种天然活性成分,具有抗氧化活性。

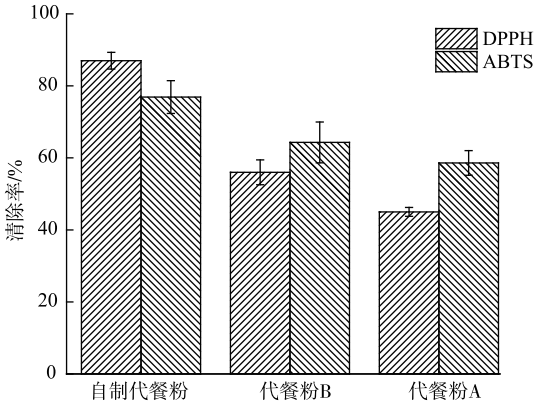


图 7　3 种代餐粉抗氧化活性对比

Fig. 7　Comparison of antioxidant activities of three meal replacement powders

2.7　不同代餐粉风味对比

电子鼻实验结果见图 8。由电子鼻雷达图分析结果可知,市售 2 种代餐粉产品风味接近,且响应值较大,香精香料味较为浓重。自制产品与市售产品存在差异,可以由电子鼻区分开。

2.8　不同代餐粉滋味对比

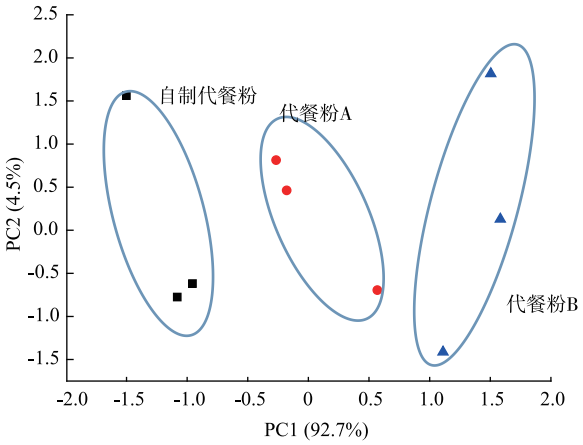
不同代餐粉的风味见图 9。自制代餐粉风味介于代餐粉 B 及代餐粉 A 之间,风味较佳,较容易被消费者接受。

2.9　不同代餐粉色差对比

从表 4 色差值对比可知，自制代餐粉的亮度、红度较低,色泽不够鲜艳;市售产品的亮度和红度值较高,色泽较为鲜艳;自制代餐粉的 b^* 较大,偏黄。

2.10　不同代餐粉感官评价对比

从图 10 可以看出，市售的 2 种代餐粉表面有白色的漂浮物浮现,这可能是市售的魔芋代餐粉中加入了植脂末导致在冲泡过程中出现上浮现象。而自制的代餐粉颜色较淡，有一股淡淡的玫瑰花香味,且在冲泡过程中无异物漂浮,稳定性较佳。从感官评价结果可知，自制代餐粉的感官评分是最高的,市售代餐粉口味甜腻,且在冲泡时有植脂末上浮,因此感官评分较低。



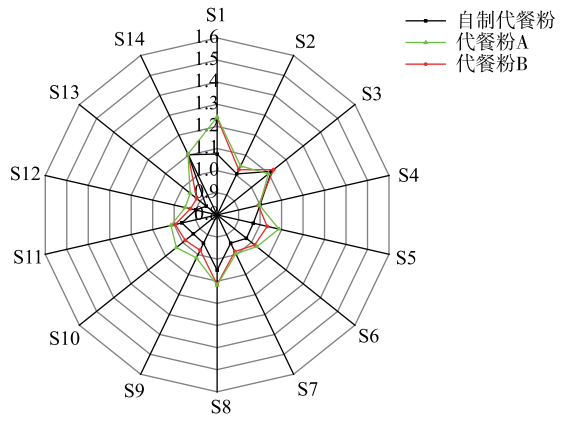


图 8　3 种代餐粉风味对比

Fig. 8　Comparison of flavor of three meal replacement powders

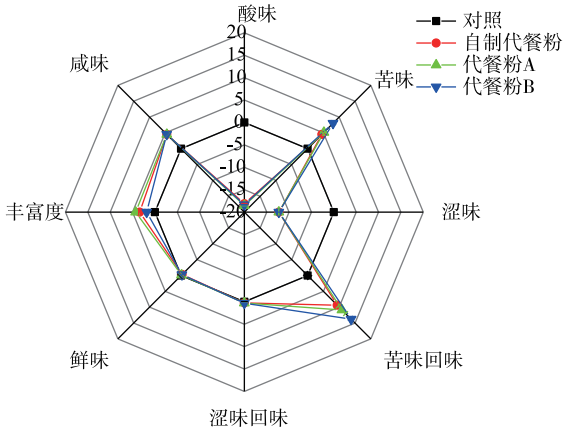


图 9　3 种代餐粉滋味对比

Fig. 9　Comparison of taste of three meal replacement powders

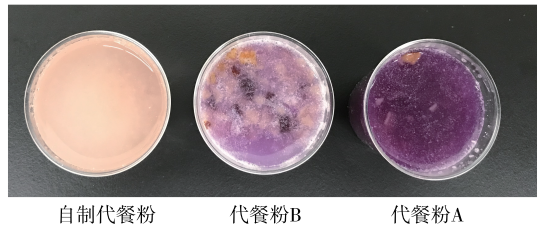


图 10　3 种代餐粉感官评价对比

Fig. 10　Comparison of sensory of three meal replacement powders

表 4　3 种代餐粉色泽对比

Table 4　Comparison of color of three meal replacement powders

样品名称	L^*	a^*	b^*
自制代餐粉	40.33±2.32	0.800±0.03	−0.86±0.78
代餐粉 B	47.80±0.14	6.10±0.15	−5.18±0.36
代餐粉 A	42.58±0.48	6.26±1.03	−4.81±0.01

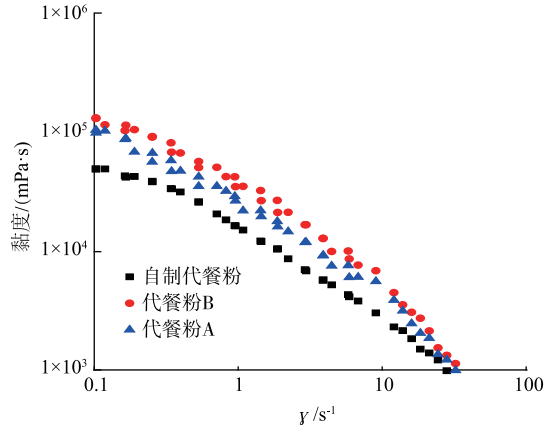


图 11　3 种代餐粉流变特性对比

Fig. 11　Comparison of rheological properties of three meal replacement powders

2.11　流变学分析

3 种代餐粉流变分析结果见图 11。自制代餐粉冲泡后其黏度最低,其次是代餐粉 A;代餐粉 B 冲泡后其黏度是最高的。黏度越大越容易粘牙,从感官评价可以得出代餐粉 B 较为粘牙,感官评价较低,经过冲泡后粘杯严重。自制代餐粉经过冲泡后黏度较低,且粘杯较少。

2.12　冲泡性分析

3 种代餐粉冲泡性结果见图 12。自制代餐粉的分散性指数最佳,无结块现象;而市售代餐粉的分散性指数较低,2 种代餐粉经冲泡后都出现了不同程度的结块现象。可能是这 2 种代餐粉中糖含量较高,导致其在贮藏过程中结块。

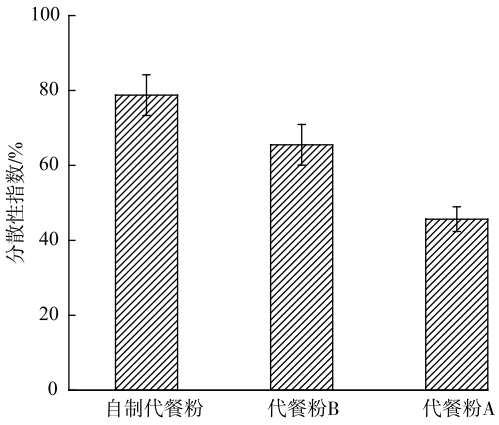


图 12　3 种代餐粉冲泡特性对比

Fig. 12　Comparison of brewing characteristics of three meal replacement powders

2.13　贮藏过程中代餐粉的功能性成分变化

2.13.1　代餐粉贮藏过程中总酚质量分数的变化

自制代餐粉贮藏过程中总酚质量分数的变化见图 13。可以看出,在贮藏过程中代餐粉的总酚质量分数有所下降,但是在 3 个月的贮藏过程中代餐粉中的总酚质量分数均在 10 mg/hg 以上。由于酚类物质不稳定,容易受外界环境的影响而分解,因此在代餐粉应该在干燥、阴凉处贮藏,以防在贮藏过程中总酚分解。

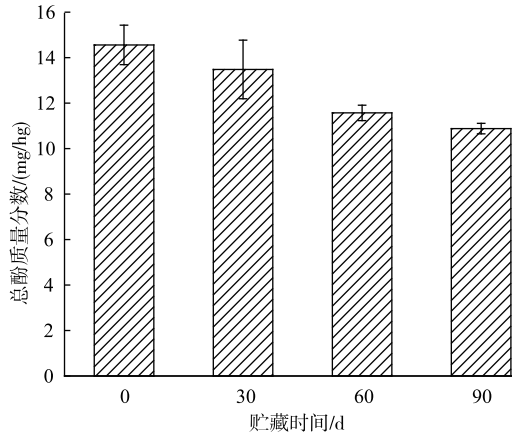


图 13　代餐粉贮藏过程中总酚质量分数的变化

Fig. 13　Changes of total phenol content in meal replacement powders during storage

2.13.2　贮藏过程中代餐粉抗氧化活性的变化

从图 14 可以看出,随着贮藏时间的延长,代餐粉的抗氧化活性有所降低,与总酚质量分数下降的趋势一致。代餐粉抗氧化活性的降低从侧面反映了代餐粉中生物活性物质的多少,代餐粉抗氧化活性的降低可能是由于生物活性物质(多酚、维生素 C、黄酮等)在贮藏过程中的降解所致。因此代餐粉应该在干燥、阴凉处贮藏,以防在贮藏过程中生物活性物质的分解。

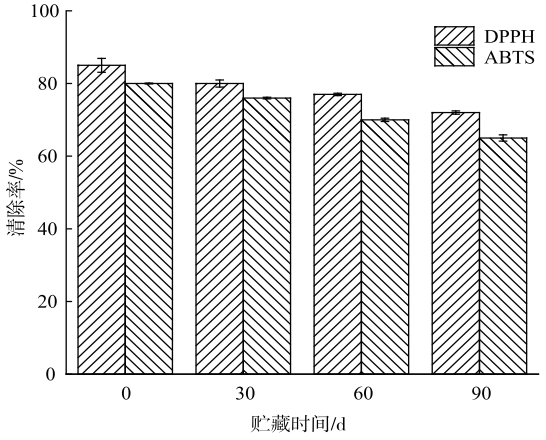


图 14　代餐粉贮藏过程中抗氧化活性的变化

Fig. 14　Changes of antioxidant activities in meal replacement powders during storage

2.14　微生物指标

代餐粉贮藏过程中的菌落总数和霉菌数的变化见表 5。可以看出,在贮藏 3 个月中,霉菌均无检出,说明射频杀菌对霉菌具有很强的杀灭作用。在 3 个月的贮藏期间,菌落总数无明显上升,且菌落总数在贮藏期间一直处于安全范围内,并未超标。

表 5　代餐粉贮藏过程中微生物变化

Table 5　Changes in microorganisms of meal replacement powders during storage

贮藏时间/d	菌落总数/(CFU/g)	霉菌数/(CFU/g)
0	—	—
30	10±1	—
60	50±2	—
90	52±1	—

注:“—”代表未检出。

3　结　语

作者对健康魔芋代餐粉的杀菌方式、贮藏稳定性进行了研究,并且将自制代餐粉与市售产品进行对比。结果表明,射频杀菌在杀灭代餐粉中的微生物的同时可以较好地保留代餐粉的功能性成分,因此可作为代餐粉的杀菌方式。将自制代餐粉与市售代餐粉对比发现,自制代餐粉的功能性成分及滋味、风味、感官评分等均优于市售的 2 种代餐粉。最

后研究了自制代餐粉的贮藏稳定性，对自制代餐粉进行贮藏实验发现，自制代餐粉在 3 个月贮藏期内其功能性成分及微生物指标均在标准范围内。为了更好地保存代餐粉，应将其置于干燥阴凉处贮藏。

参考文献：

[1] HUANG M S，ZHANG M，BHANDARI B. Recent development in the application of alternative sterilization technologies to prepared dishes：a review[J]. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**，2019，59(7)：1188-1196.

[2] JIANG H，GU Y X，GOU M，et al. Radio frequency pasteurization and disinfestation techniques applied on low-moisture foods[J]. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**，2020，60(9)：1417-1430.

[3] ZHOU L J，YU C，CHENG B X，et al. Volatile compound analysis and aroma evaluation of tea-scented roses in China[J]. **Industrial Crops and Products**，2020，155：112735.

[4] BARANI Y H，ZHANG M，WANG B，et al. Influences of four pretreatments on anthocyanins content，color and flavor characteristics of hot-air dried rose flower[J]. **Drying Technology**，2020，38(15)：1988-1995.

[5] LI F，SUN X J，YU W，et al. Enhanced konjac glucomannan hydrolysis by lytic polysaccharide monooxygenases and generating prebiotic oligosaccharides[J]. **Carbohydrate Polymers**，2021，253：117241.

[6] ZHOU X，ZONG X X，WANG S L，et al. Emulsified blend film based on konjac glucomannan/carrageenan/camellia oil：physical，structural，and water barrier properties[J]. **Carbohydrate Polymers**，2021，251：117100.

[7] JIAN W J，HOU M R，WU H Y，et al. Green and facile fabrication of silver nanoparticles using Konjac glucomannan by photocatalytic strategy[J]. **Carbohydrate Polymers**，2020，245：116576.

[8] REN B X，XIE H C，GUO L L，et al. Effect of konjac glucomannan on sensory，physical and thermal properties of mochi[J]. **International Journal of Food Engineering**，2020，16(3)：227-239.

[9] JIMÉNEZ-COLMENERO F，TRIKI M，HERRERO A M，et al. Healthy oil combination stabilized in a konjac matrix as pork fat replacement in low-fat，PUFA-enriched，dry fermented sausages[J]. **LWT－Food Science and Technology**，2013，51(1)：158-163.

[10] AU-YEUNG F，JOVANOVSKI E，JENKINS A L，et al. The effects of gelled konjac glucomannan fibre on appetite and energy intake in healthy individuals：a randomised cross-over trial[J]. **British Journal of Nutrition**，2018，119(1)：109-116.

[11] LI L L，ZHANG M，CHITRAKAR B，et al. Effect of combined drying method on phytochemical components，antioxidant capacity and hygroscopicity of Huyou (*Citrus changshanensis*) fruit[J]. **LWT－Food Science and Technology,** 2020，123：109102.

[12] FENG L，XU Y Y，XIAO Y D，et al. Effects of pre-drying treatments combined with explosion puffing drying on the physicochemical properties，antioxidant activities and flavor characteristics of apples[J]. **Food Chemistry**，2021，338：128015.

[13] XU Y Y，XIAO Y D，LAGNIKA C，et al. A comparative evaluation of nutritional properties，antioxidant capacity and physical characteristics of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitate* var L.) subjected to different drying methods[J]. **Food Chemistry**，2020，309：124935.

[14] LAO Y Y，ZHANG M，LI Z Q，et al. A novel combination of enzymatic hydrolysis and fermentation：effects on the flavor and nutritional quality of fermented *Cordyceps militaris* beverage[J]. **LWT－Food Science and Technology,** ，2020，120：108934.

[15] FAN K，ZHANG M，CHEN H Z. Effect of ultrasound treatment combined with carbon dots coating on the microbial and physicochemical quality of fresh-cut cucumber[J]. **Food and Bioprocess Technology**，2020，13(4)：648-660.

[16] HNIN K K，ZHANG M，WANG B，et al. Different drying methods effect on quality attributes of restructured rose powder-yam snack chips[J]. **Food Bioscience**，2019，32：100486.

[17] CHMELOVÁ D，SKULCOVÁ D，LEGERSKÁ B，et al. Ultrasonic-assisted extraction of polyphenols and antioxidants from *Picea abies* bark[J]. **Journal of Biotechnology**，2020，314/315：25-33.

[18] HNIN K K，ZHANG M，DEVAHASTIN S，et al. Combined infrared freeze drying and infrared drying of rose-flavored yogurt melts—effect on product quality[J]. **Food and Bioprocess Technology**，2020，13(8)：1356-1367.