

苦荞复合代餐粉的研制

宋盼盼, 曹亚楠, 刘颖翔, 陈琳, 赵钢, 彭镰心*

(成都大学农业农村部杂粮加工重点实验室, 四川 成都 610106)

摘要:以大米、苦荞、黑豆粉、黑芝麻粉和黑米粉为主要原料, 麦芽糊精、植脂末和糖粉为辅料, 加工制作一种富含芦丁的苦荞复合代餐粉。以感官评分和溶解度指数(Determination solubility index, DSI)为指标, 在单因素试验的基础上, 采用正交试验优化苦荞复合代餐粉最佳配方。最终配方为: 原料目数为80目, 大米粉23.4%, 黑苦荞粉25%, 黑豆粉5%, 黑芝麻粉5%, 黑米粉13.3%, 植脂末8.3%, 麦芽糊精8.3%, 糖粉11.7%。所得产品气味香甜, 有浓郁的杂粮香味, 颜色均匀, 口感细腻, 溶解度较高。通过对纯苦荞粉与苦荞复合代餐粉营养成分对比发现, 苦荞复合代餐粉脂肪和蛋白质含量分别为6.87%和11.34%, 均比纯苦荞粉含量高; 且总氨基酸含量比纯苦荞粉高4.6%, 营养成分更加合理。

关键词:苦荞; 代餐粉; 配方; 溶解度; 氨基酸

Development of Tartary Buckwheat Composite Meal Substitute Powder

SONG Pan-pan, CAO Ya-nan, LIU Ying-xiang, CHEN Lin, ZHAO Gang, PENG Lian-xin*

(Key Laboratory of Coarse Cereal Processing, Ministry of Agriculture and Rural Affairs,
Chengdu University, Chengdu 610106, China)

Abstract: A tartary buckwheat compound meal substitute powder rich in rutin was developed with rice, tartary buckwheat, black bean powder, black sesame powder and black rice flour as the main raw materials and malt dextrin, plant fat powder and sugar powder as the auxiliary materials. With sensory score and determination solubility index (DSI) as the index, on the basis of single factor experiments, orthogonal test was used to optimize the compound black buckwheat meal substitute powder best recipe. The results showed that the optimal formula was as followed: raw materials mesh 80 mesh, rice flour 23.4%, tartary buckwheat flour 25%, black soybean flour 5%, black sesame flour 5%, black rice flour 13.3%, plant fat powder 8.3%, maltedextrin 8.3%, and sugar powder 11.7%. The product had a sweet smell, rich coarse cereals flavor, uniform color, delicate taste and high solubility. Through the comparison of nutritional composition of plain tartary buckwheat powder and tartary buckwheat compound meal substitute powder, it was found that the fat and protein contents of the meal substitute powder were 6.87% and 11.34% respectively, both higher than plain tartary buckwheat powder, the total amino acid content was 4.6% higher than single tartary buckwheat powder, and the nutritional composition was more reasonable.

Key words: tartary buckwheat; meal substitute powder; formula; solubility; amino acid

中图分类号: TS217.1

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6221.2021.09.007

基金项目: 四川省重点研发项目(2019YFS0526, 2018CC0021); 国家现代农业技术体系四川创新团队项目(SCCXTD-2020-11); 公益性行业(农业)科研专项项目(201303069)

作者简介: 宋盼盼(1994—), 女, 汉族, 硕士, 研究方向: 杂粮食品开发。

*通信作者: 彭镰心, 博士, 教授, 研究方向: 杂粮加工原理与技术。

苦荞是双子叶蓼科荞麦属植物,学名鞑靼荞麦(*Fagopyrum tataricum*)^[1],被誉为“五谷之王”,对降血压、降血糖、降血脂均有辅助作用^[2]。苦荞富含多种营养元素,还含有大量谷物不具有的芦丁等抗氧化物质,芦丁是苦荞中主要的黄酮类物质,具有降糖、降脂、抗癌等作用^[3]。研究表明,适量摄入芦丁等黄酮类物质有益于人体健康^[4],能够减少代谢综合症发生^[5],此外苦荞还含有D-手性肌醇^[6]、荞麦碱^[7]等成分,同时富含谷类第一限制氨基酸—赖氨酸^[8]。黑豆中蛋白质含量达40%以上^[9],并含有黑豆多糖^[10],脂肪也以不饱和脂肪酸为主,具有降低胆固醇^[11],清除自由基,调节人体免疫等功能^[12]。黑芝麻可食药两用,据汪学德等^[13]考证,黑芝麻含有人体所需的脂肪酸、亚油酸和油酸,对解决人体白发、脱发及美容有一定辅助作用^[14]。黑米含有丰富的多酚、生物碱、强心苷等生物活性物质,能够改善睡眠和部分贫血,同时还具有抗应激反应、镇静、抗动脉粥样硬化、抗衰老和清除自由基的功效^[15]。

随着社会经济的快速发展,饮食失衡引起的各种营养缺失、过剩及代谢综合症等问题,给人类健康带来极大负面影响,同时也为健康保健系统带来巨大的开销,严重影响人们生活水平与质量。随着生活节奏的加快,人们对健康、营养、方便食品的需求越来越大^[16-17]。代餐粉开袋冲调即食,不仅方便,也是早餐和代餐的理想选择。研究表明,多元化的饮食平衡是改善亚健康最有效的策略^[18]。杂粮多富含功能活性物质,在饮食结构平衡中具有重要地位,但其加工特性差,制约了杂粮产品的开发。另外,由于苦荞中的芦丁在加工中容易转化为槲皮素,从而使其活性改变,并增加了苦味,因此,本试验以大米为基质,苦荞、黑豆粉、黑芝麻粉和黑米粉等杂粮为主要原料,配以植脂末、麦芽糊精和糖粉辅料,通过工艺筛选与优化,开发一种富含芦丁的复合代餐粉,旨在为消费者提供更为丰富的产品选择,同时也满足消费者对营养产品的需求。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

1.1.1 材料与试剂

黑苦荞(川荞1号),由成都大学农业农村部杂粮加工重点实验室提供,2018年9月采收于成都金堂;大米,采购于成都市十陵镇好易购超市;黑米粉、黑大豆粉,哈尔滨宝利食品有限公司产品;黑芝麻粉,汉川市六谷食品有限公司产品;麦芽糊精,西王药业有限公司产品;糖粉,江门市新会区罗坑爽爽粉面制品厂有限公司产品;植脂末,江西长汇食品有限公司产品。

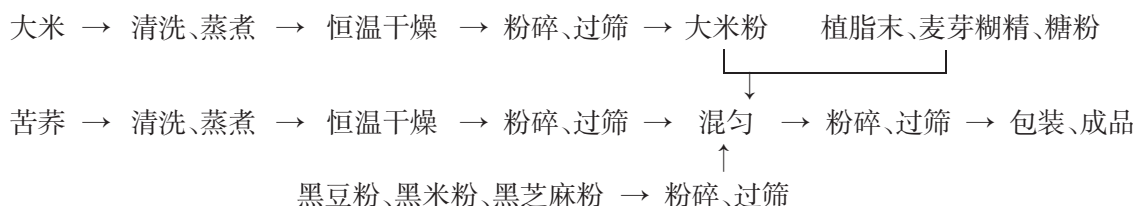
芦丁、槲皮素(纯度均不小于98%),四川维克奇生物科技有限公司产品;冰乙酸(色谱纯),成都市科龙化工试剂厂产品;甲醇(色谱纯),Sigma公司产品;氨基酸Na盐体系流动相、反应器清洗液、自动进样器清洗剂、茚三酮、活化剂,均为自德国曼默博尔公司产品,以上未标注纯度的试剂均为分析纯。

1.1.2 仪器与设备

WT型电子天平,杭州万特衡器电器有限公司;CS-700Y粉碎机,海纳电器有限公司;SHZ-82水浴恒温振荡器,常州市国旺仪器制造有限公司;SF-TGL-16M台式高速离心机,上海菲恰尔分析仪器有限公司;UPH-I-10T超纯水制造系统,四川优普超纯科技有限公司;DGG-9246A电热恒温鼓风干燥箱,上海齐欣科学仪器有限公司;C21-RT2140多功能电磁炉,广东美的生活电器制造有限公司;SZT-06A脂肪仪,苏州市天威仪器有限公司;Biotek Synergy HTX多功能微孔板检测仪,美国伯腾仪器有限公司;A200氨基酸自动分析仪,德国曼默博尔公司;KDN-1000全自动定氮仪,上海昕瑞仪器仪表有限公司;SX2-4-10N箱式电阻炉,上海一恒科技有限公司;ACQUITY UPLC H-Class超高效液相色谱仪,沃特世上海科技有限公司。

1.2 方法

1.2.1 工艺流程



1.2.2 操作要点

1.2.2.1 苦荞的处理

挑选颗粒饱满的苦荞籽粒,清洗,将清洗过的苦

荞放入锅中,按料液比1:5(g/mL)放入水(由预试验确定),电磁炉2000W蒸煮40min。将煮好的苦荞,薄薄的平铺在铁盘中,80℃烘干,粉碎,分别过筛(50、

65、80、100、120 目),然后放入干燥器中,待用。

1.2.2.2 大米的处理

清洗大米 3 遍,将清洗过的大米放入锅中,按料液比 1:1.5(g/mL)放入水,2 000 W 电磁炉蒸煮 30 min。将煮好的大米,薄薄的平铺在铁盘中,80 ℃烘干,粉碎,分别过筛(50、65、80、100、120 目),然后放入干燥器中,待用。

1.2.2.3 其他杂粮的处理

黑米粉、黑大豆粉、黑芝麻粉 3 种杂粮,分别过筛(65、80、100、120 目),然后放入干燥器中,待用。

1.2.2.4 代餐粉的调配

配方以 60 g 计算,将粉碎过筛后的苦荞粉、黑豆粉、黑芝麻粉、黑米粉、大米粉、植脂末、麦芽糊精和糖粉按一定比例调配,混合均匀,然后再把混合后的配料进行二次粉碎,过 80 目筛,即得代餐粉成品。选择阻隔性较好的 PE 复合包装材料包装,以避免产品吸潮和油脂氧化。

1.2.2.5 代餐粉的冲调

准确称 30 g 产品,按料液比 1:5(g/mL)倒入 90 ℃以上的开水^[9],搅拌均匀,对产品进行感官评价并进行溶解度指数(DSI)测定。

1.2.3 单因素试验

1.2.3.1 原料粒径对苦荞复合代餐粉感官品质的影响

以原料粒径(以所过不同目数的网筛而定,简称原料目数)为考察对象,固定大米粉、苦荞粉、黑豆粉、黑芝麻粉和黑米粉添加量分别为 15、15、2、3、8 g,麦芽糊精、植脂末和糖粉添加量分别为 5、5、7 g。考察原料目数为 50、65、80、100、120 目时对产品感官品质的影响。

1.2.3.2 主要原料配方单因素试验设计

参照张超文等^[20]的方法,配方按 60 g 计算,固定麦芽糊精 5 g,植脂末粉 5 g,糖粉 5 g,苦荞粉 15 g,黑豆粉 2 g,黑芝麻粉 3 g 和黑米粉 6 g,原料目数 80 目,分别考察苦荞粉(5、10、15、20、25 g)、黑豆粉(1、2、3、4、5 g)、黑芝麻粉(1、2、3、4、5 g)、黑米粉(2、4、6、8、10 g)添加量对产品感官品质和溶解度指数(DSI)的影响,不足 60 g 部分以大米粉补足。

1.2.3.3 辅料配方单因素试验设计

配方固定的主辅料及用量同“1.2.3.2”,参照马永轩等^[21]的方法,分别考察麦芽糊精(1、3、5、7、9 g)、植脂末(1、3、5、7、9 g)、糖粉(1、3、5、7、9 g)添加量对产品感官品质和 DSI 的影响,不足 60 g 部分以大米粉补足。

1.2.4 正交试验设计

1.2.4.1 主料配方的正交试验设计

在单因素试验结果的基础上,进行 $L_9(3^4)$ 正交试验,对试验数据进行分析,找出最佳的主料配方。主料配方正交试验因素与水平设计见表 1。

表 1 主料配方的正交试验因素水平表

Table 1 Factors and levels of orthogonal test for main material formula 单位:g

水平	因素			
	A 苦荞粉	B 黑米粉	C 黑豆粉	D 黑芝麻粉
1	10	4	1	2
2	15	6	2	3
3	20	8	3	4

1.2.4.2 辅料配方的正交试验设计

在单因素试验结果的基础上,进行 $L_9(3^3)$ 正交试验,对试验数据进行分析,找出最佳辅料配方。正交试验因素与水平设计见表 2。

表 2 辅料配方的正交试验因素水平表

Table 2 Factors and levels of orthogonal test for auxiliary materials formula 单位:g

水平	因素		
	E 植脂末	F 麦芽糊精	G 糖粉
1	3	3	3
2	5	5	5
3	7	7	7

1.2.5 感官评价方法

苦荞复合代餐粉的感官品质由感官评价小组评出的平均得分来衡量,满分 100 分,评价小组由 20 位经过培训的食品专业人员组成。具体评分细则如表 3 所示。

1.2.6 测定项目与方法

1.2.6.1 溶解度指数

精确称取代餐粉(以干基计算)5 g,放于 50 mL 小烧杯中,加入去离子水 30 mL,室温下水浴振荡 30 min,使营养糊完全分散,再将溶液完全转移至 50 mL 容量瓶中,用去离子水定容至刻度线,充分摇匀,取 10 mL 该液体放入离心管中,3 000 r/min 离心 10 min,将上清液完全转入称量瓶中,105 ℃干燥箱中烘干至恒重,冷却后称重^[22-24]。

$$DSI = [(m_2 - m_1) \times 5] / m_0 \times 100$$

式中:DSI 为溶解度指数,%; m_0 为样品质量,g; m_1 为称量瓶的质量,g; m_2 为加入上清液烘干后和称量瓶

表3 苦荞复合代餐粉的感官评分标准

Table 3 Sensory evaluation standard of tartary buckwheat compound meal substitute powder

项目	评分标准	得分/分
组织状态 (20分)	无杂质,均匀乳浊液,无分层	14~20
	无杂质,乳浊液带有少量结块,无严重分层	7~13
	有杂质,乳浊液带有大量结块,有分层现象	0~6
风味 (20分)	浓郁的杂粮香味,气味香甜	14~20
	杂粮香味较淡,气味不明显	7~13
	有异味,气味难闻	0~6
口感 (20分)	口感细腻,入口香甜,口感好	14~20
	口感较粗糙、偏淡或偏甜	7~13
	口感粗糙,难以下咽,口感差	0~6
冲调性 (20分)	无疙瘩,颗粒细小,易搅拌	14~20
	少量疙瘩,颗粒较明显,搅拌较难	7~13
	疙瘩较多,颗粒较大,难以搅拌	0~6
色泽 (10分)	灰色略带细小的黑色颗粒,色泽均匀	7~10
	灰色略带白色,有明显的黑色颗粒	4~6
	灰色带白色,色泽不均匀	0~3
稳定性 (10分)	冲调后 10 min 以上不分层	7~10
	冲调后 5~10 min 不分层	4~6
	冲调后 5 min 以内分层	0~3

的质量和, g。

1.2.6.2 芦丁、槲皮素含量

参考彭镰心等^[25]的方法,采用高效液相的保留时间定性,外标一点法定量,以芦丁、槲皮素为对照品。精密称取 1.000 g 代餐粉于 25 mL 锥形瓶中,加入 25 mL 无水甲醇,摇匀并称重,于常温超声 30 min,取出冷却并补足甲醇质量,摇匀,于 12 000 r/min 离心 10 min,取上清液,过 0.22 μm 微孔滤膜,备用。流动相为甲醇(A)–0.2%冰乙酸水溶液(B),梯度洗脱。

1.2.6.3 基本营养成分

粗脂肪含量:参照 GB 5009.6—2016^[26]规定的方法,采用索氏抽提法进行测定;灰分含量:参照 GB 5009.4—2016^[27]规定的方法进行测定;粗蛋白质含量:参照 GB 5009.5—2016^[28]规定的方法,采用凯氏定氮法进行测定;淀粉含量:参照 GB 5009.9—2016^[29]规定的方法,采用酸水解法进行测定;氨基酸含量:参照 GB 5009.124—2016^[30]规定的方法,采用酸水解法利用氨基酸自动分析仪进行测定。

1.2.7 数据处理

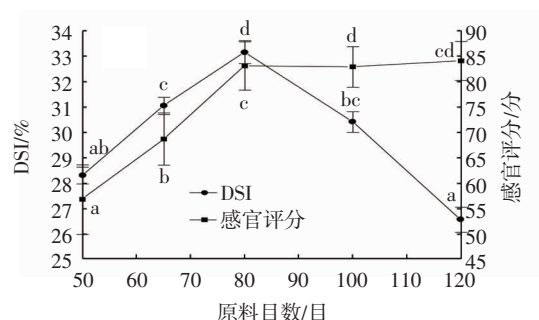
采用 Excel 2007 计算数据平均值及标准差,SPSS 18.0 对数据进行方差分析,OriginPro 2018 进行数据

分析及绘图。

2 结果与分析

2.1 原料粒径对苦荞复合代餐粉感官品质及溶解度的影响

原料粒径是影响苦荞复合代餐粉口感以及溶解度的重要因素。从图 1 可以看出,原料目数在 50~80 目时,DSI 和感官评分均逐渐上升;原料目数在 80~120 目时,感官评分变化不大,而 DSI 下降明显。可能是粉越细,在冲调时,越容易造成淀粉包裹形成结块^[17]。综合考虑冲调粉 DSI 和感官评价,苦荞复合代餐粉的原料目数选择 80 目为宜,这与吴森等^[31]研究的代餐粉结论一致。



注:图中同一指标不同字母表示差异显著($P < 0.05$),下图同。

图1 原料粒径对苦荞复合代餐粉 DSI 和感官评分的影响

Fig.1 Effect of raw material grain size on DSI and sensory score of tartary buckwheat composite meal substitute powder

2.2 苦荞复合代餐粉主料配方单因素试验结果

由图 2 可以得出,代餐粉中随苦荞粉添加量的增加,DSI 总体呈现缓慢下降趋势,而感官评分是先升高后降低。当苦荞粉添加量为 15 g 时,感官评分达到最高。这表明适当的添加苦荞粉可以增加代餐粉中苦荞特有的香气,而添加量大于 15 g 时,代餐粉中苦荞

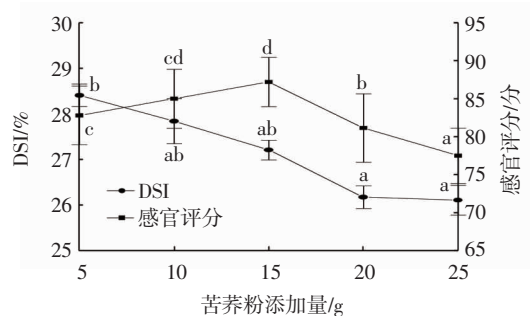


图2 苦荞粉添加量对苦荞复合代餐粉 DSI 和感官评分的影响

Fig.2 Effects of tartary buckwheat powder addition on DSI and sensory score of tartary buckwheat composite meal substitute powder

特有的苦味增加而影响了口感^[2]。由于添加 10 g 和 15 g 的苦荞粉,DSI 无显著差异。综合考虑,苦荞粉的适宜添加量为 15 g。

由图 3 可以得出,当苦荞复合代餐粉中的黑豆粉添加量为 2 g 时,感官评分最高。黑豆粉添加量超过 2 g 时,感官评分呈现阶梯式下降。而 DSI 则随着黑豆粉添加量的增加而缓慢下降,这可能是因为黑豆粉添加量过大时,豆腥味会影响口感和 DSI。由于添加 1 g 和 2 g 的黑豆粉,DSI 无显著差异。综合考虑,黑豆粉的添加量选定为 2 g。

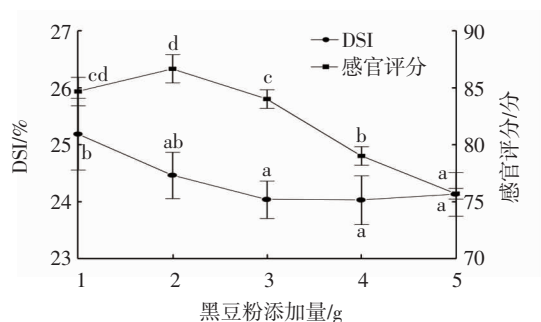


图 3 黑豆粉添加量对苦荞复合代餐粉 DSI 和感官评分的影响

Fig.3 Effect of black bean powder addition on DSI and sensory score of tartary buckwheat composite meal substitute powder

由图 4 可知,黑芝麻粉添加量为 1~3 g 时,苦荞复合代餐粉的感官评分随着添加量的增加而升高,添加量为 3 g 时,感官评分达到最高。而 DSI 随着黑芝麻粉添加量的增加先降低后略升高,总体为下降趋势,DSI 在黑芝麻粉添加量为 1 g 时达到最大。这可能是黑芝麻含有较高的油脂^[32],添加适当的黑芝麻粉会增加苦荞复合代餐粉的芝麻香味,当黑芝麻粉添加量超过 3 g 时,代餐粉过重的芝麻味掩盖了其他杂粮的香味。综合考虑感官评分和 DSI,黑芝麻粉的适宜添加量选定为 3 g。

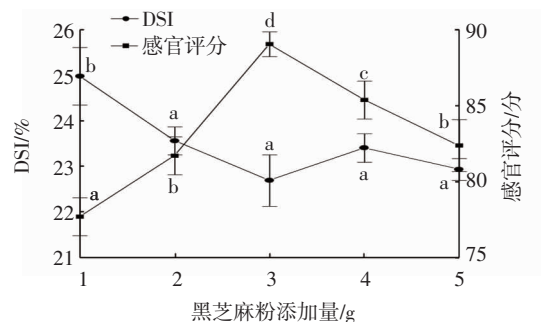


图 4 黑芝麻粉添加量对苦荞复合代餐粉 DSI 和感官评分的影响

Fig.4 Effect of black sesame powder addition on DSI and sensory score of tartary buckwheat composite meal substitute powder

由图 5 可知,随着苦荞复合代餐粉中黑米粉添加量的增加,感官评分呈先下降后上升再下降的趋势。而 DSI 在黑米粉添加量为 2~4 g 时呈下降趋势,4~8 g 时呈上升趋势,8~10 g 时又呈下降趋势。但黑米粉添加量在 4~6 g 之间无显著差异。综合考虑感官评分和 DSI,黑米粉的适宜添加量选定为 6 g。

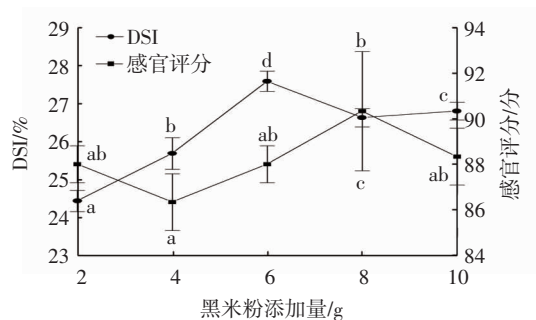


图 5 黑米粉添加量对苦荞复合代餐粉 DSI 和感官评分的影响

Fig.5 Effect of black rice flour addition on DSI and sensory score of tartary buckwheat composite meal substitute powder

2.3 苦荞复合代餐粉辅料配方单因素试验结果

由图 6 可知,随着苦荞复合代餐粉中麦芽糊精添加量的增加,DSI 整体呈上升趋势,这是由于麦芽糊精具有较高的溶解度。但当麦芽糊精添加量超过 5 g 之后,感官评分呈现下降趋势,这可能是由于麦芽糊精过量的添加,掩盖了代餐粉的杂粮香味。综合考虑感官评分和 DSI,麦芽糊精的适宜添加量选定为 5 g。

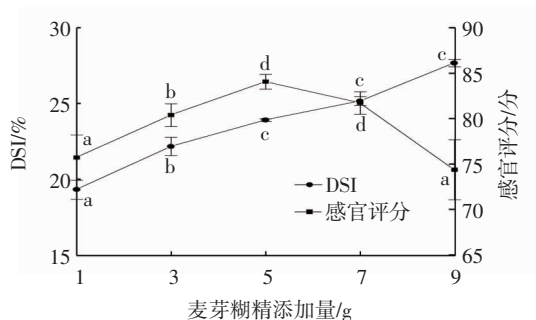


图 6 麦芽糊精添加量对苦荞复合代餐粉 DSI 和感官评分的影响

Fig.6 Effects of maltodextrin addition on DSI and sensory score of tartary buckwheat composite meal substitute powder

由图 7 可以得出,随着苦荞复合代餐粉中植脂末的增加,DSI 整体呈上升趋势,这是由于植脂末具有遇水即溶的特性。但当植脂末添加量超过 5 g 时,感官评分呈下降趋势,这可能由于添加过多的植脂末,奶味过重,掩盖了代餐粉的杂粮香味。综合考虑,植脂末的适宜添加量选定为 5 g。

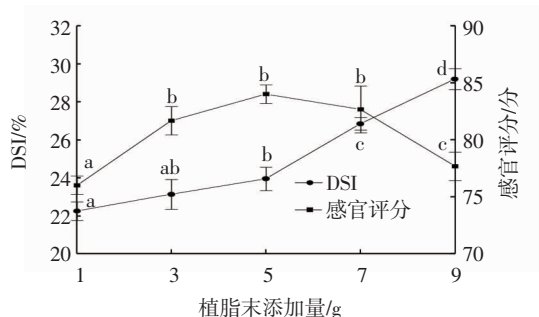


图7 植脂末添加量对苦荞复合代餐粉 DSI 和感官评分的影响

Fig.7 Effect of plant fat powder addition on DSI and sensory score of tartary buckwheat composite meal substitute powder

由图 8 可知,随着苦荞复合代餐粉中糖粉的增加,DSI 整体呈上升趋势,原因是由于糖粉具有良好的水溶性,但当糖粉添加量大于 5 g 时,感官评分呈下降趋势,这可能是由于糖粉添加过多时,超过了人们对甜味的接受程度。综合考虑,糖粉的适宜添加量选定为 5 g。

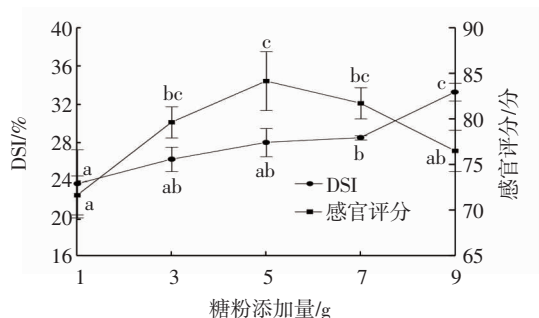


图8 糖粉添加量对苦荞复合代餐粉 DSI 和感官评价的影响

Fig.8 Effect of sugar powder addition on DSI and sensory score of tartary buckwheat composite meal substitute powder

2.4 正交试验结果

2.4.1 苦荞复合代餐粉主料配方的正交试验结果

由表 4 可知,各因素对苦荞复合代餐粉感官评分的影响程度排序为: $A > B = D > C$,即苦荞粉的影响最大,黑豆粉的影响最小。以感官评分为指标,苦荞复合代餐粉的最佳配方组合为 $A_2B_3C_3D_2$ 。而各因素对于复合苦荞粉的 DSI 的影响程度排序为: $A > D > C > B$,即苦荞粉的影响最大,黑米粉的影响最小。以 DSI 为指标,复合代餐粉的最佳配方组合为 $A_3B_1C_1D_1$ 。

2.4.2 苦荞复合代餐粉辅料配方的正交试验结果

由表 5 可知,各因素对苦荞复合代餐粉感官评分的影响程度排序为: $E > G > F$,即植脂末的影响最大,麦芽糊精的影响最小。以感官评价为指标,复合代餐粉辅料配方的最佳组合为 $E_2F_2(F_3)G_3$ 。从表 5 可知,添加 5 g 的麦芽糊精和添加 7 g 的麦芽糊精,感官得

表 4 主料配方的正交试验结果与分析

Table 4 Orthogonal test result and analysis for main raw material formula

试验号	因素				感官评分/分	DSI/%
	A	B	C	D		
1	1	1	1	1	72	26.7
2	1	2	2	2	73	25.4
3	1	3	3	3	76	24.6
4	2	1	2	3	81	26.5
5	2	2	3	1	84	26.8
6	2	3	1	2	86	27.2
7	3	1	3	2	78	26.7
8	3	2	1	3	76	26.8
9	3	3	2	1	75	27.8
感官评分	$\bar{K}_1$	73.67	77.00	78.00	77.00	
	$\bar{K}_2$	83.67	77.67	76.33	79.00	
	$\bar{K}_3$	76.33	79.00	79.33	77.67	
	R	10.00	2.00	1.67	2.00	
	$\bar{K}_1$	25.6	26.6	26.9	27.1	
DSI	$\bar{K}_2$	26.8	26.3	26.6	26.4	
	$\bar{K}_3$	27.1	26.5	26.0	26.0	
	R	1.5	0.3	0.9	1.1	

表 5 辅料配方的正交试验结果与分析

Table 5 Orthogonal test result and analysis for auxiliary material formula

试验号	因素			感官评分/分	DSI/%
	E	F	G		
1	1	1	1	67	24.7
2	1	2	2	74	25.7
3	1	3	3	75	26.7
4	2	1	2	78	26.5
5	2	2	3	84	26.9
6	2	3	1	86	26.6
7	3	1	3	84	27.4
8	3	2	1	82	26.4
9	3	3	2	79	24.6
感官评分	$\bar{K}_1$	72.00	76.33	78.33	
	$\bar{K}_2$	82.67	80.00	77.00	
	$\bar{K}_3$	81.67	80.00	81.00	
	R	10.67	3.67	4.00	
	$\bar{K}_1$	25.7	26.2	25.9	
DSI	$\bar{K}_2$	26.7	26.3	25.6	
	$\bar{K}_3$	26.1	26.0	27.0	
	R	1.0	0.3	1.4	

分一致。从单因素分析也可以看出,添加 5 g 或者 7 g 的麦芽糊精,感官评分无显著差异。而各因素对于苦荞复合代餐粉 DSI 的影响程度排序为: $G>E>F$,即糖粉的影响最大,麦芽糊精的影响最小。以 DSI 为指标,苦荞复合代餐粉的最佳辅料配方组合为 $E_2F_2G_3$ 。综合考虑感官评分和 DSI,复合营养糊的最佳组合选定为 $E_2F_2G_3$ 。

2.5 苦荞复合代餐粉较优配方的验证

在上述主要原料正交试验和辅料正交试验的基础上,得到主要原料和辅料的感官评价的最佳配方以及 DSI 的最佳配方。对主料和辅料的最佳方案进行组合验证(见表 6),最后得到的配方为: $A_2B_3C_3D_2E_2F_2G_3$,即原料目数 80 目,大米粉 14 g(23.4%),苦荞粉 15 g(25%),黑米粉 8 g(13.3%),黑豆粉 3 g(5%),黑芝麻粉 3 g(5%),植脂末 5 g(8.3%),麦芽糊精 5 g(8.3%),糖粉 7 g(11.7%),此配方的感官评分为 89.2 分,DSI 为 27.9%。验证试验感官评价和溶解度的平均值均高

于正交试验最大值,并测得该最佳苦荞复合代餐粉配方中芦丁含量为 1.25 mg/g。

2.6 苦荞复合代餐粉营养成分分析

将纯苦荞粉与本试验配制的苦荞复合代餐粉进行营养成分对比,结果见表 7,纯苦荞粉中芦丁、槲皮素和淀粉含量都比苦荞复合代餐粉的含量高。而苦荞复合代餐粉比纯苦荞粉脂肪含量高 3.93 个百分点,蛋白质含量高 2.2 个百分点,原因可能是代餐粉中添加黑芝麻粉、黑豆粉、黑米粉、大米粉等杂粮,而苦荞粉含量相对较少所致。

纯苦荞粉与苦荞复合代餐粉的氨基酸含量分析结果见表 8。由表 8 可知,苦荞复合代餐粉比纯苦荞粉的总氨基酸含量高 4.6%,虽然纯苦荞粉的活性成分含量相对较高,但其口感较差且总氨基酸含量要比苦荞复合代餐粉低。苦荞复合代餐粉是由多种杂粮复配的一种即食代餐粉,与单一苦荞粉相比,增加了营养成分,并适当保留了部分芦丁槲皮素含量,适合高血压等多种人群食用。该苦荞复合代餐粉有浓郁的杂粮香味,呈黑褐色,色泽均匀,冲调后口感细腻,气味香甜,并有饱腹感。多种杂粮的蛋白质,起到蛋白互补的作用,对预防营养不良的发生有重要意义。中国居民膳食指南(2016)推荐^[33],食物多样性,以谷物为主,苦荞复合代餐粉符合推荐要求并适合多种人群食用。

表 6 验证试验结果
Table 6 Verification test results

配方	感官评分/分	DSI/%
$A_2B_3C_3D_2E_2F_2G_3$	89.2	27.9
$A_3B_1C_1D_1E_2F_2G_3$	85.4	25.6

表 7 一般营养成分分析
Table 7 General nutrient analysis

样品	脂肪/%	灰分/%	蛋白质/%	淀粉/%	芦丁/(mg·g ⁻¹)	槲皮素/(mg·g ⁻¹)
纯苦荞粉	2.94±0.03	3.78±0.32	9.14±0.45	65.4±1.83	4.26±0.43	0.41±0.03
苦荞复合代餐粉	6.87±0.32	5.78±0.17	11.34±0.67	58.89±2.09	1.25±0.23	0.023±0.00

表 8 氨基酸含量分析
Table 8 Analysis of amino acid content

单位:mg·g⁻¹

氨基酸种类	纯苦荞粉	苦荞复合代餐粉	氨基酸种类	纯苦荞粉	苦荞复合代餐粉
天冬氨酸	9.70±0.56	7.34±0.33	蛋氨酸	1.31±0.06	2.01±0.04
苏氨酸	3.55±0.55	3.69±0.31	异亮氨酸	3.37±0.01	4.09±0.04
丝氨酸	4.39±0.34	4.76±0.45	亮氨酸	6.32±0.03	7.23±0.23
谷氨酸	19.12±1.34	21.25±2.12	酪氨酸	3.61±1.22	3.02±0.05
甘氨酸	5.54±0.23	4.12±0.34	苯丙氨酸	4.14±0.34	5.53±0.03
丙氨酸	4.05±0.52	4.24±0.56	组氨酸	2.79±0.45	2.57±0.04
胱氨酸	1.26±0.31	1.32±0.06	赖氨酸	5.05±0.44	6.76±0.05
缬氨酸	4.67±0.34	4.33±0.03	精氨酸	8.02±0.54	7.58±0.04
脯氨酸	2.79±0.04	4.00±0.02	总氨基酸	89.68±2.34	93.84±3.31

3 结论

苦荞中富含谷物不具有的芦丁,具有良好的生理活性,合理摄入芦丁能减少代谢性疾病的发生。但苦荞中的芦丁降解酶接触水后能迅速将芦丁降解为槲皮素,从而改变苦荞的活性与口感。实验室前期尝试采用挤压膨化法制备苦荞熟化粉,所得苦荞粉中芦丁已大部分转化为槲皮素。推测其与挤压膨化前苦荞粉加水激活了芦丁降解酶有关。本试验采用“杀酶保苷”技术,苦荞种子通过蒸煮灭酶,再烘干制粉,减少了芦丁的降解,保留了芦丁的活性及口感。对代餐粉来说,溶解度是影响营养糊口感和营养的关键。本试验通过单因素和正交试验优化得到苦荞复合代餐粉的最佳配方为:原料目数 80 目,大米粉 23.4%,黑苦荞粉 25%,黑米粉 13.3%,黑豆粉 5%,黑芝麻粉 5%,植脂末 8.3%,麦芽糊精 8.3%,糖粉 11.7%。通过验证试验,此配方的感官评价和 DSI 均为最高。该苦荞复合代餐粉有浓郁的杂粮香味,呈黑褐色,色泽均匀,冲调后口感细腻,气味香甜,并有饱腹感,富含芦丁、槲皮素等活性成分,是代餐的良好选择。

参考文献:

- [1] LI J L, YUAN X, DE Z, et al. *Fagopyrum tataricum* (L.) gaertn.: a review on its traditional uses, phytochemical and pharmacology[J]. Japanese Society for Food Science and Technology, 2017, 23(1): 1-7. DOI: 10.3136/fstr.23.1.
- [2] 赵钢. 荞麦加工与产品开发新技术[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 1-15.
- [3] 赵钢, 陕方. 中国苦荞[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 1-9.
- [4] LEE C C, SHEN S R, LAI Y J, et al. Rutin and quercetin, bioactive compounds from tartary buckwheat, prevent liver inflammatory injury[J]. Food & Function, 2013, 4(5): 794-802. DOI: 10.1039/c3fo30389f.
- [5] LEE D G, JANG I S, YANG K E, et al. Effect of rutin from tartary buckwheat sprout on serum glucose -lowering in animal model of type 2 diabetes[J]. Acta Pharmaceutica, 2016, 66(2): 297-302. DOI: 10.1515/acph-2016-0021.
- [6] 宋雨, 邹亮, 赵江林, 等. 苦荞萌发过程中 D-手性肌醇含量变化的探究[J]. 食品科技, 2016, 41(2): 80-83. DOI: 10.13684/j.cnki.spkj.2016.02.015.
- [7] 王益杰, 程焯, 胡俊杰, 等. 苦荞碱性提取物对 2 型糖尿病模型大鼠降糖作用研究[J]. 中国药师, 2019, 22(5): 805-808. DOI: 10.3969/j.issn.1008-049x.2019.05.003.
- [8] 张萍, 谭萍, 王玉珠, 等. 苦荞麦中赖氨酸含量测定研究[J]. 六盘水师范高等专科学校学报, 2010, 22(3): 36-37, 43. DOI: 10.3969/j.issn.1671-055x.2010.03.010.
- [9] 张琳静, 辛岩, 赵亚东, 等. 黑豆多肽制备及其功能乳饮料的研究[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(11): 93-96. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6521.2010.11.025.
- [10] JUN L, WEN X Y, ZHANG X Q, et al. Extraction, characterization and in vitro antioxidant activity of polysaccharides from black soybean[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2015, 72: 1182-1190. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2014.08.058.
- [11] 苗兴芬, 徐文平, 李灿东, 等. 东北地区大豆品种脂肪酸组成与含量分析[J]. 大豆科学, 2011, 30(3): 529-531. DOI: 10.11861/j.issn.1000-9841.2011.03.0529.
- [12] 霍岩, 赵梓伊, 张一鸣, 等. 响应面法优化醇法提取黑豆种皮中花色苷工艺[J]. 饲料研究, 2020, 43(3): 77-82. DOI: 10.13557/j.cnki.issn1002-2813.2020.03.020.
- [13] 汪学德, 崔英德, 刘兵戈, 等. 芝麻各成分相关性分析[J]. 中国油脂, 2015, 40(11): 99-103. DOI: 10.3969/j.issn.1003-7969.2015.11.020.
- [14] 金征宇, 蔡灿欣, 田耀旗, 等. 黑芝麻功能成分的构效关系[J]. 食品科学技术学报, 2019, 37(6): 1-7. DOI: 10.3969/j.issn.2095-6002.2019.06.001.
- [15] 隋新, 吕进义, 李盛, 等. 黑米饮品的研究进展[J]. 保鲜与加工, 2017, 17(3): 129-132. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6221.2017.03.024.
- [16] SHEELY M. Global adoption of convenience foods[J]. Journal of Agricultural Economics, 2010, 90(5): 1356-1365. DOI: 10.1111/j.1467-8276.2008.01231.x.
- [17] ZHOU M, XIONG Z, CAI J, et al. Effect of cross-linked waxy maize starch on the quality of non-fried instant noodles[J]. Starch, 2015, 67(11-12): 905-1076. DOI: 10.1002/star.2015.00132.
- [18] HUANG P, LIU Y. A reasonable diet promotes balance of intestinal microbiota: prevention of precolorectal cancer[J]. BioMed Research International, 2019(1): 1-10. DOI: 10.1155/2019/3405278.
- [19] 张丽, 宋留丽, 张琪, 等. 荞麦复合代餐粉的配方优化[J]. 食品工业, 2019, 40(12): 82-84.
- [20] 张超文, 谢梦洲, 王亚敏, 等. 参苓谷物冲调粉的研制及工艺优化[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(16): 33-37. DOI: 10.12161/j.issn.1005-6521.2019.16.007.
- [21] 马永轩, 魏振承, 张名位, 等. 改善营养糊冲调性和流动性的配方优化和工艺研究[J]. 中国粮油学报, 2013, 28(7): 81-87. DOI: 10.3969/j.issn.1003-0174.2013.07.016.
- [22] 李雪帆. 燕麦麸皮杂粮冲调粉的研制[D]. 晋中: 山西农业大学, 2016: 24-26.
- [23] 张康逸, 何梦影, 康志敏, 等. 青麦仁代餐粉的配方优化[J]. 现代食品科技, 2020, 36(1): 184-191. DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.1.026.
- [24] ABBASI E, AZIZPOUR M. Evaluation of physicochemical properties of foam mat dried sour cherry powder[J]. LWT -

《保鲜与加工》杂志 2022 年征订启事

《保鲜与加工》杂志是由天津市农业科学院主办的农产品采后技术研究领域的科技期刊,为中国科技核心期刊、RCCSE 中国核心学术期刊(A)、中国农林核心期刊和中国北方优秀期刊,本刊已被中国学术期刊(光盘版)、维普网、万方数据库、超星数据库、美国《化学文摘》(CA)、英国《食品科技文摘》(FSTA)和英国《国际农业与生物科学研究中心》(CABI)收录。另据中国知网的最新统计结果,《保鲜与加工》杂志的复合影响因子为 1.429。本刊主要报道农产品保鲜与加工相关领域基础理论、新技术、新工艺、新设备、新材料的研究成果及国内外相关行业的动态与信息,设置专家论坛、保鲜研究、加工研究、检测分析、信息与物流、专题论述、技术指南、行业资讯、科普沙龙、科技前沿、政策法规等栏目。适于科技人员、农业技术推广人员、相关企业管理和技术人员、大专院校师生及广大从事保鲜与加工技术研发领域的人士参阅。

本刊为月刊,大 16 开本,150 页,每月 20 日出版,国内外公开发售,每期定价 50 元,全年 600 元,国内统一连续出版物号:CN 12-1330/S,国际标准连续出版物号:ISSN 1009-6221,邮发代号:6-146。

欢迎在全国各地邮局(所)或本编辑部订阅,欢迎广大读者踊跃投稿,并诚邀刊登各类公益性广告。

通讯地址:天津市西青区津静公路 17 公里处,国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)《保鲜与加工》编辑部。邮编:300384

电话(传真):022-27948711,联系邮箱:bxyjg@163.com,投稿平台:www.bxyjg.com

- Food Science and Technology, 2016, 68: 105-110. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.12.004.
- [25] 彭镰心,张艳红,魏丽娟,等. 一测多评法测定甜荞芽中 5 种酚类成分[J]. 食品工业,2019,40(11):344-348.
- [26] 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定:GB 5009.6—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
- [27] 食品安全国家标准 食品中灰分的测定:GB 5009.4—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
- [28] 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定:GB 5009.5—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
- [29] 食品安全国家标准 食品中淀粉的测定:GB 5009.9—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
- [30] 食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定:GB 5009.124—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
- [31] 吴森,康建平,刘建,等. 杜仲雄花代餐粉冲调特性改良[J]. 中国食品添加剂,2020,31(1):118-123. DOI:10.19804/j.issn1006-2513.2020.01.012.
- [32] 张国治,张富重,黄纪念. 芝麻加工的研究进展及展望[J]. 粮食加工,2020,45(1):43-46.
- [33] 中国营养学会. 中国居民膳食指南(2016)[M]. 北京:人民卫生出版社,2016:3-17.

收稿日期:2021-03-26