

藜麦南瓜复合粉配方的优化

何兴芬¹, 杨富民¹, 张明霞¹, 杨发荣², 魏玉明², 黄杰²

(1. 甘肃农业大学食品科学与工程学院, 甘肃兰州 730070)

(2. 甘肃省农业科学院畜牧与绿色农业研究所, 甘肃兰州 730070)

摘要: 为开发藜麦即冲即食新产品, 对炒制、蒸制、喷雾干燥不同制粉方式下藜麦的冲调性开展了研究。通过对藜麦粉的水溶性、吸水性、溶解性、润湿下沉性以及稳定性指数进行比较, 选择冲调性好的藜麦粉与南瓜粉、木糖醇、奶粉、木薯变性淀粉、麦芽糊精进行复配。在单因素试验的基础上, 采用响应面设计, 以感官评分为响应值, 对其配方进行了优选, 并测定了成品的营养成分及流动性。结果表明, 喷雾干燥制得的藜麦粉水溶性、吸水性、溶解性、润湿下沉性、稳定性指数分别为 $50.31\% \pm 0.56\%$ 、 $3.75\% \pm 0.19\%$ 、 $62.20\% \pm 2.71\%$ 、 120.00 ± 7.16 s、 $40.98\% \pm 4.41\%$, 较炒制、蒸制冲调性好; 藜麦南瓜复合粉的最佳配方为藜麦粉 46.0%、南瓜粉 22.0%、木糖醇 22.0%、奶粉 3.0%、木薯变性淀粉 2.5%、麦芽糊精 4.5%; 成品中能量、脂肪、蛋白质、碳水化合物和钠分别为 1595 kJ/100 g、3.8 g/100 g、9.14 g/100 g、75.6 g/100 g、111 mg/100 g, 休止角为 24° , 流动性好。研究成果丰富了藜麦产品种类, 为工业化生产提供了依据。

关键词: 藜麦粉; 冲调性; 感官评价; 响应面分析

文章编号: 1673-9078(2019)04-209-216

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.4.028

Optimization of Quinoa and Pumpkin Compound Powder Formula

HE Xing-fen¹, YANG Fu-min¹, ZHANG Ming-xia¹, YANG Fa-rong², WEI Yu-ming², HUANG Jie²

(1. College of Food Science and Engineering Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)(2. Animal Husbandry Pasture and Green Agriculture Institute Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China)

Abstract: In order to develop ready-to-eat new products of quinoa, the research on the preparation of quinoa powder under different milling methods of frying, steaming and spray drying was carried out. By comparing the water solubility, water absorption, solubility, wetting subsidence and stability index of quinoa flour, the quinoa flour with good solubility was selected to be compounded with pumpkin flour, xylitol, milk powder, modified cassava starch and maltodextrin. On the basis of the single factor experiment, the response surface design was used, and the sensory score was used as the response value, and the nutrients and fluidity of the finished product were determined. The results showed that the water-soluble, water-absorbing, soluble, wet-sinking and stable indexes of the quinoa flour made by spray drying were $50.31\% \pm 0.56\%$, $3.75\% \pm 0.19\%$, $62.20\% \pm 2.71\%$, 120.00 ± 7.16 s, and $40.98\% \pm 4.41\%$, respectively, which was better than the frying and steaming. The best formula for quinoa pumpkin compound powder is quinoa flour 46.0%, pumpkin powder 22.0%, xylitol 22.0%, milk powder 3.0%, modified cassava starch 2.5%, maltodextrin 4.5%. The energy, fat, protein, carbohydrate and sodium in the finished product were 1595 kJ/100 g, 3.8 g/100 g, 9.14 g/100 g, 75.6 g/100 g, 111 mg/100 g, respectively, the angle of repose was 24° , and the fluidity was good. The research results enrich the variety of quinoa products and provide a basis for industrial production.

Key words: quinoa flour; tonicity; sensory evaluation; response surface analysis

藜麦 (*Chenopodium quinoa*) 又称藜谷、灰米等^[1], 藜科, 藜属, 原产于南美洲安第斯山区。近年来, 我国多个省份开始大面积种植藜麦, 包括山西、吉林、青海以及甘肃等^[2]。藜麦是一种碱性食品^[3], 营养价值

收稿日期: 2018-11-27

基金项目: 甘肃省重点研发项目 (18YF1NA076); 兰州市科技重大专项计划项目 (2017-2-5)

作者简介: 何兴芬 (1992-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品加工工艺

通讯作者: 杨富民 (1961-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 畜产品加工与品质控制

极高。其蛋白质含量高达 12%~22%, 被誉为“太空粮食”^[4]。藜麦还富含多种功能性化合物, 如多酚、异黄酮、胆碱、植物甾醇、植酸和皂苷等^[5]。另外, 含有人体需要的全部 9 种必需氨基酸, 联合国粮农组织认为藜麦是唯一一种单体植物即可基本满足人体基本营养需求的食物^[6], 并推荐藜麦为最适宜人类的完美“全营养食品”, 被列为全球 10 大健康营养食品之一^[7]。

冲剂贮藏、食用及携带方便, 广泛应用于药品、保健品及食品领域, 其种类及产量逐年增加。如金沙排石冲剂^[8]、松花粉冲剂^[9]、平菇菌丝体营养即食冲剂

等^[10]。食品类冲剂目前存在的主要问题是冲调性不佳、结块率高等。因此,提高冲调性是解决即冲即食产品品质的关键。有关冲调性方面的研究人们已做了大量的工作。许亚翠等^[11]研究了在双螺杆挤压系统下应用高温型 α -淀粉酶制备和改善膨化米粉冲调性能的工艺和方法,结果显示,在挤压过程中添加高温型 α -淀粉酶,可以提高原料淀粉的降解程度,产品在冲调复水时,膨化米粉的结块率降低。也有学者报道了婴儿配方奶粉粉体粒度分布与冲调性存在显著的线性相关性^[12]。

然而,藜麦籽粒小,脱壳后制熟粉主要有炒制、磨粉后蒸制和喷雾干燥等常用的方式,有关藜麦粉冲调性的研究目前尚未见报道。即冲即食产品其营养性和功能性是人们关注的焦点。我国南瓜产量居世界第一位^[13],研究证明,南瓜能有效降低人体的血糖和血压^[14]。采用藜麦与南瓜粉复配,不仅可提供全面的营养,而且对预防和辅助治疗糖尿病、高血压具有一定的作用。

本文通过对藜麦粉冲调性研究,在单因素试验的基础上,采用响应面设计优化藜麦南瓜复合粉的配方,旨在开发一种携带方便、口感良好、营养丰富并具有保健功能的新产品,为藜麦的精深加工提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

藜麦及藜麦面粉,甘肃庆城县恒信面粉厂;“阿根廷”南瓜粉,甘肃金南瓜生物高科有限公司;木糖醇,浙江华康药业股份有限公司;木薯变性淀粉,上海康达食品工程有限公司;奶粉,瑞士雀巢产品有限公司;麦芽糊精,山东隆汇化工有限公司;以上材料均为食品级。

NovAA400P 型原子吸收光谱仪,德国耶拿分析仪器股份有限公司;K9840 型自动凯氏定氮仪,济南海能仪器股份有限公司;UV759(PC)型紫外可见分光光度计,上海悦峰仪器仪表有限公司;OM-1500A 型喷雾干燥机,上海欧蒙实业有限公司;GT10-1 型高速台式离心机,北京时代北利离心机有限公司;DGG-9070A 型电热恒温鼓风干燥箱,上海森信实验仪器有限公司;THZ-82N 台式恒温振荡器,上海跃进医疗器械有限公司;JA2003 型电子天平,上海精密仪器仪表有限公司;高速破壁调理机,九阳股份有限公司。

1.2 方法

1.2.1 工艺流程

藜麦面粉→炒制/蒸制→恒温烘干→藜麦粉

藜麦→清洗→破壁打浆→喷雾干燥→藜麦粉

1.2.2 藜麦粉制备

炒制:准确称取 500 g 藜麦面粉,炒制温度 100 ℃,炒制时间 30 min。

蒸制:准确称取 500 g 藜麦面粉,蒸制温度 100 ℃,蒸制时间 30 min。

喷雾干燥:参照王磊等^[15]的方法。藜麦与水按料液比 1:16 使用高速破壁调理机在 24000 r/min, 5 min 的条件下破壁成匀浆,120 目滤布过滤后再以进风温度、出风温度为 185、80 ℃、进料速度 350 mL/h 的条件下用喷雾干燥机干燥成藜麦粉。

1.2.3 藜麦粉冲调性能分析

1.2.3.1 水溶性指数和吸水性指数的测定

水溶性指数(water solubility index, WSI)和吸水性指数(water absorption index, WAI)的测定参照张东媛等^[16]的方法并加以修改。准确称取 2.5 g 藜麦粉置于 50 mL 离心管中,加入 30 mL 蒸馏水(室温),以 120 r/min 的速率振摇 30 min 后在 3000 r/min 的条件下离心 15 min,取上清液置于恒重的铝制称量盒中,在 105 ℃烘箱中烘干至恒重后称重。WSI 和 WAI 按下式计算:

$$WSI = \frac{W_1}{M} \times 100\%$$

$$WAI = \frac{W_2}{M} \times 100\%$$

式中: W_1 =上清液烘干后残余物质质量; W_2 =倒出上清液后凝胶质量; M =样品的干重。

1.2.3.2 溶解性(DSI)的测定

参照王素雅等^[17]的方法并加以修改。精确称取藜麦粉 5 g,置于 50 mL 烧杯中,加入蒸馏水 30 mL,室温下用磁力搅拌器搅拌 30 min。再将溶液完全转移至 50 mL 容量瓶中,用蒸馏水定容,充分摇匀。取 10 mL 匀浆置于离心管中,3000 r/min 的条件下离心 10 min,将上清液完全转入恒重的铝制称量盒中,在 105 ℃烘箱中烘干至恒重后称重。DSI 按下式进行计算:

$$DSI = \frac{\text{上清液中固形物质量(g)} \times 5}{\text{藜麦粉干质量(g)}} \times 100\%$$

1.2.3.3 润湿下沉性的测定

参照刘静波等^[18]的方法并加以修改,准确称取藜麦粉 5 g,撒布于 50 mL 蒸馏水表面,在静置条件下,测定藜麦粉全部润湿下沉的时间。

1.2.3.4 冲调稳定性的测定

参照孙玉清等^[19]的方法并加以修改,准确称取 20

g 藜麦粉置于 250 mL 烧杯中,加入 180 mL 80 °C 热水并搅拌 5 min,静置 3 min,测量上清液高度 (H_1) 和冲调液总高度 (H),计算二者的比值 K 。

$$K = \frac{H_1}{H}$$

1.2.4 感官评定指标

制好成品后,参照杨添植等^[22]的方法,由 7 位事先经过训练对品尝有经验的人员组成的品尝小组进行评定。感官评定表见表 1。

表 1 感官评分表

Table 1 Sensory score sheet

指标(100 分)	评分标准	分值
溶解性 (20 分)	速溶,无结块	16~20
	溶化比较快,有结块	11~15
	溶化慢,有较多结块	≤10
风味 (30 分)	有明显的藜麦和南瓜香味	21~30
	藜麦香味明显,无明显南瓜香味	11~20
	无明显的藜麦和南瓜香味	≤10
口感 (30 分)	口味香甜,留有余香	21~30
	口味香甜,无明显余香	11~20
	无明显甜味,余香不足	≤10
色泽 (20 分)	色泽明亮,呈浅黄色,有颗粒	16~20
	色泽呈浅黄色,较多颗粒	11~15
	色泽呈土黄色,颗粒多	≤10

1.2.5 藜麦南瓜粉配方优化试验

1.2.5.1 配方单因素试验

参照马永轩等^[23]的方法,在藜麦粉用量 44.8 g、南瓜粉 22.4 g、奶粉 3.0 g、木糖醇 22.4 g、木薯变性淀粉 2.5 g、麦芽糊精 4.5 g 的基础配方条件下,保持其他条件不变,只改变其中一种用量进行单因素试验,以感官评分为指标,优选其用量。其中藜麦粉用量试验设置为 24.8、34.8、44.8、54.8、64.8 g;南瓜粉为 12.4、17.4、22.4、27.4、32.4 g;奶粉为 2.0、2.5、3.0、3.5、4.0 g;木糖醇为 12.4、17.4、22.4、27.4、32.4 g;木薯变性淀粉为 1.5、2.0、2.5、3.0、3.5 g;麦芽糊精为 3.5、4.0、4.5、5.0、5.5 g。

1.2.5.2 响应面优化试验设计

表 2 响应面试验因素水平和编码

Table 2 Codes and levels of factors for response surface methodology experiments

水平	因素		
	A 藜麦粉/g	B 南瓜粉/g	C 木糖醇/g
-1	34.8	17.4	17.4
0	44.8	22.4	22.4
1	54.8	27.4	27.4

采用 Design-Expert 软件进行 Box-Behnken 试验设计,在单因素试验的基础上,选取奶粉 3.0 g、木薯变性淀粉 2.5 g 以及麦芽糊精 4.5 g,分别以藜麦粉(A)、南瓜粉(B)和木糖醇(C)的添加量为自变量,感官评分为响应值,进行三因素三水平的试验设计。因素水平如表 2。

1.2.6 成品检测

1.2.6.1 流动性试验

参照王阳^[24]和胡大为^[25]等人的方法并加以修改。将冲剂倒入漏斗内,使样品通过漏斗落在下方直径为 22 mm 的圆平板上,冲剂逐渐堆积,直至不能继续堆高为止。按下式求出休止角。

$$\tan \alpha = \frac{H}{R}$$

式中: H -粉堆高度(mm); α -休止角; R -圆平板半径。

1.2.6.2 主要营养成分

参照 GB 5009.5-2016 对成品中的蛋白质进行测定;参照 GB 5009.6-2016 对成品中的脂肪进行测定;参照 GB 5009.91-2017 对成品中的钠进行测定;参照 GB 28050-2011 对成品中的碳水化合物以及能量进行计算。

营养成分含量占营养素参考值(NRV)的百分数参照 GB 28050-2011 计算,公式:

$$Y\% = \frac{X}{NRV} \times 100\%$$

式中: X 食品中某营养素的含量; NRV -该营养素的营养素参考值; Y -计算结果。

1.2.7 统计方法

以上各项均至少重复测定 3 次。全部数据采用 Excel 2007 计算平均值及标准偏差,应用 Origin 8.5 作图,SPSS 17.0 对数据进行单因素方差分析,采用 Design-Expert 8.0 对响应面结果进行分析和作图。

2 结果与分析

2.1 不同制粉方式对藜麦粉冲调性能的影响

WSI 是评价分子降解程度的指标,WAI 用来表征淀粉在水中形成凝胶的程度^[26]。经 3 种制粉方式制得的藜麦粉,其 WSI 和 WAI 如表 3 所示,其中喷雾干燥制得的藜麦粉的 WSI 显著高于蒸制和炒制的,而 WAI 则呈相反的趋势;且喷雾干燥制得的藜麦粉溶解性最大,蒸制和炒制所得藜麦粉的溶解性无显著差异。另外,喷雾干燥制得的藜麦粉比蒸制和炒制所得藜麦粉的润湿下沉时间短,为 120 s。说明其润湿下沉性最好,藜麦粉颗粒间的孔隙适中,有利于水分的流动

与排除过程, 加强了亲水基团对水的吸附作用。此外, 喷雾干燥制得的藜麦粉其稳定性指数 K 最小, 说明该

方法制得的藜麦粉冲调稳定性最好。因此, 选择喷雾干燥法制备藜麦粉。

表 3 不同制粉方式对藜麦粉冲调性能的影响

制粉方式	冲调性能指标				
	水溶性 (WSI) /%	吸水性 (WAI) /%	溶解性 (DSI) /%	润湿下沉性/s	稳定性指数/%
喷雾干燥	50.31±0.56 ^a	3.75±0.19 ^c	62.20±2.71 ^a	120.00±7.16 ^c	40.98±4.41 ^c
蒸制	28.19±0.48 ^c	5.47±0.37 ^a	50.57±1.91 ^b	148.67±5.47 ^a	60.17±4.27 ^b
炒制	37.75±1.14 ^b	4.63±0.29 ^b	48.73±0.99 ^b	135.67±2.88 ^b	87.09±3.16 ^a

注: 相同条件下进行 3 次重复试验, ±为标准误差, 不同字母表示显著差异 ($p<0.05$)。

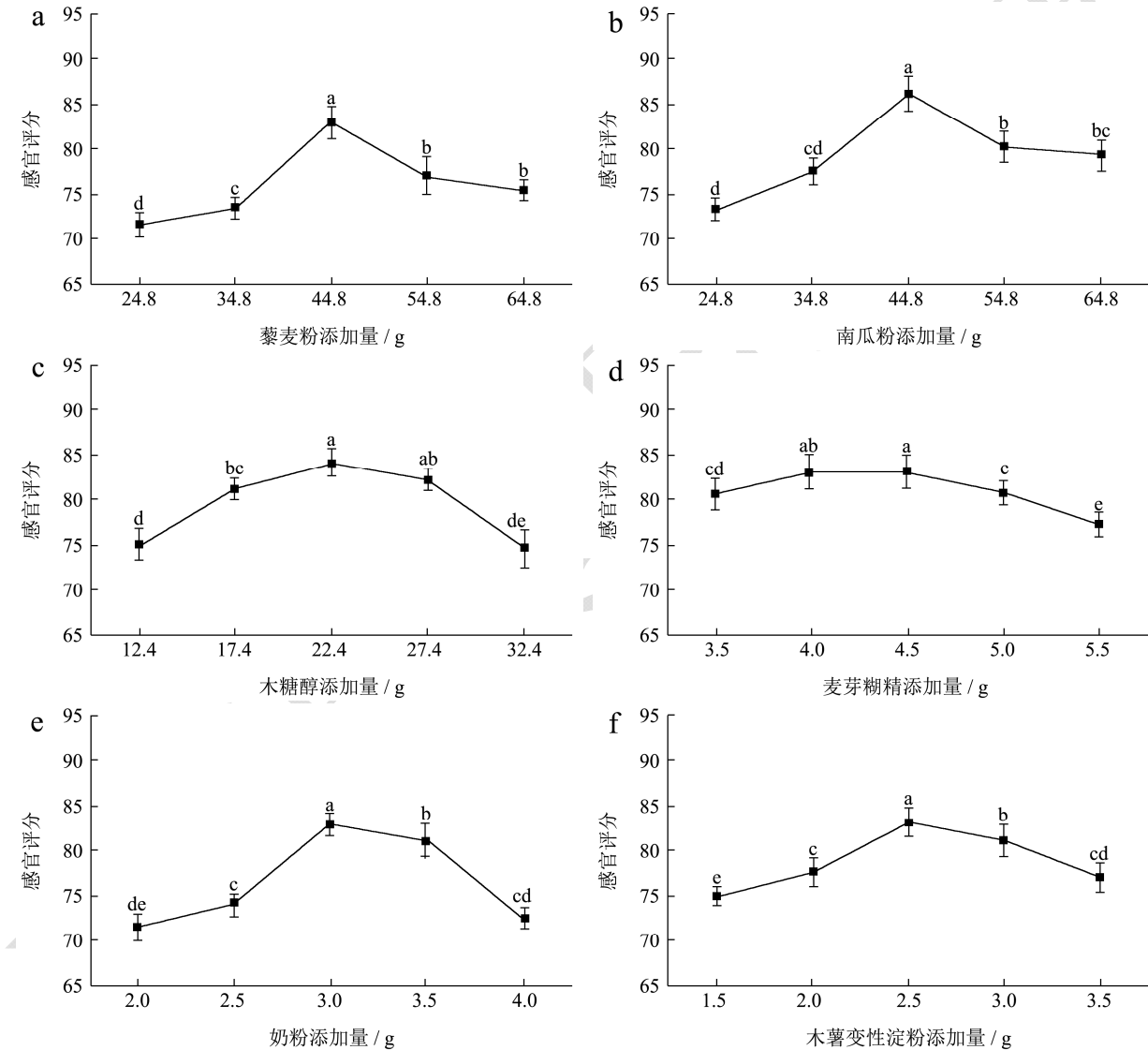


图 1 藜麦粉 (a)、南瓜粉 (b)、木糖醇 (c)、麦芽糊精 (d)、奶粉 (e) 以及木薯变性淀粉 (f) 添加量对藜麦南瓜粉冲剂感官评分的影响

Fig.1 The effect of additive amount of quinoa flour, pumpkin powder, xylitol, maltodextrin, milk powder and cassava modified starch on the sensory score of quinoa pumpkin powder

注: 图中竖线表示标准误差 ($\pm$ SE)。不同字母代表显著性 ($p<0.05$)。

2.2 单因素试验结果

2.2.1 藜麦粉、南瓜粉、木糖醇、麦芽糊精、

奶粉以及木薯变性淀粉的添加量对藜麦南瓜粉冲剂感官评分的影响

藜麦粉添加量在 24.8~44.8 g 时, 该冲剂的感官评

分随其添加量的增加逐渐升高, 当其添加量为 44.8 g 时, 感官评分达到最大, 之后逐渐降低 (图 1a)。该冲剂的感官评分随南瓜粉和木糖醇添加量的增加先逐渐升高到达最高点然后逐渐降低, 感官评分最大时两者的添加量均为 22.4 g (图 1b、1c)。麦芽糊精添加量在 3.5~4.5 g 时, 随其添加量的增加, 该冲剂的感官评分逐渐上升, 当添加量为 4.5 g 时, 感官评分达到最大, 之后逐渐降低 (图 1d)。奶粉添加量在 2~3 g 时, 随其添加量的增加, 冲剂的感官评分逐渐上升, 当添加量为 3 g 时, 感官评分达到最大, 之后逐渐降低 (图 1e)。木薯变性淀粉添加量在 1.5~2.5 g 时, 冲剂的感官评分随其添加量的增加逐渐上升, 当添加量为 2.5 g 时, 感官评分达到最大, 之后逐渐降低 (图 1f)。

上述单因素试验结果表明, 藜麦粉、南瓜粉以及木糖醇的添加量对该冲剂的感官评分有较大影响, 因此选择这三个因素进行响应面试验优化。藜麦粉、南瓜粉以及木糖醇添加量的中心点分别为 44.8 g、22.4 g、22.4 g。同时, 确定麦芽糊精、奶粉和木薯变性淀粉的添加量分别为 4.5 g、3 g、2.5 g。

2.3 藜麦粉、南瓜粉和木糖醇之间交互作用对

藜麦南瓜粉冲剂感官评分的影响

2.3.1 响应面试验设计与结果

表 4 响应面试验设计及感官评分

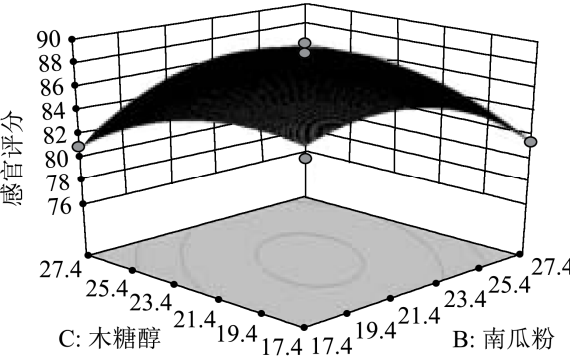
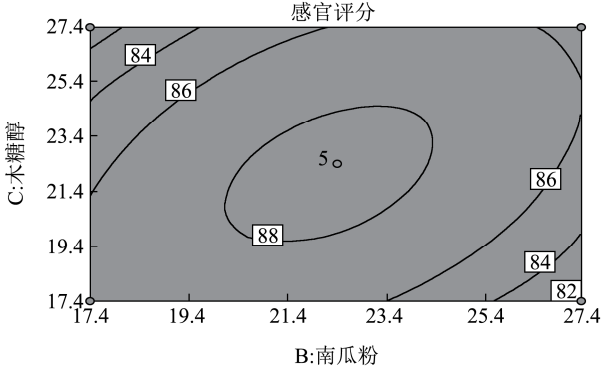
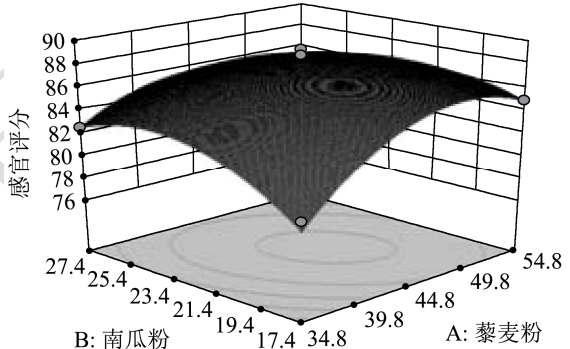
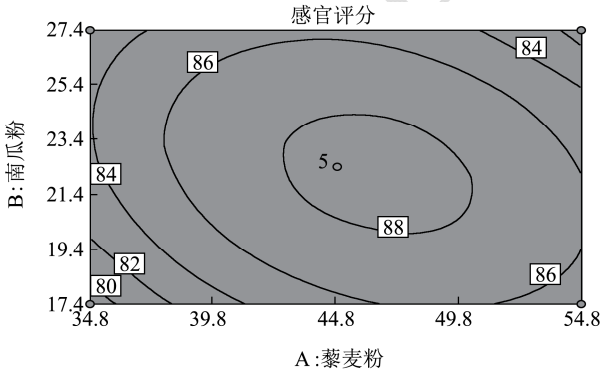
Table 4 RSM experimental design and sensory score				
试验号	藜麦粉/g	南瓜粉/g	木糖醇/g	感官评分
1	44.8	22.4	22.4	87.71
2	34.8	22.4	27.4	78.43
3	34.8	22.4	17.4	83.71
4	54.8	17.4	22.4	84.86
5	44.8	22.4	22.4	88.86
6	44.8	22.4	22.4	87.43
7	44.8	22.4	22.4	88.71
8	44.8	17.4	27.4	81.00
9	44.8	27.4	17.4	81.43
10	54.8	22.4	17.4	83.00
11	34.8	17.4	22.4	79.86
12	54.8	22.4	27.4	85.57
13	44.8	22.4	22.4	89.29
14	54.8	27.4	22.4	80.29
15	44.8	27.4	27.4	86.29
16	34.8	27.4	22.4	82.57
17	44.8	17.4	17.4	85.00

根据单因素试验结果, 选择藜麦粉 (A)、南瓜粉

(B) 和木糖醇 (C) 中的特定添加量进行三因素三水平的 Box-Behnken 响应面分析试验, 试验设计及结果见表 4。

2.3.2 回归方程拟合及方差分析

利用 Design-Expert 8.0 软件对表 3 数据进行二次多项式回归拟合, 得到感官评分对藜麦粉添加量 (A)、南瓜粉添加量 (B) 以及木糖醇添加量 (C) 的回归模型方程为: 感官评分 = $88.4 + 1.14A - 0.018B - 0.23C - 1.82AB + 1.96AC + 2.21BC - 3.63A^2 - 2.88B^2 - 2.09C^2$



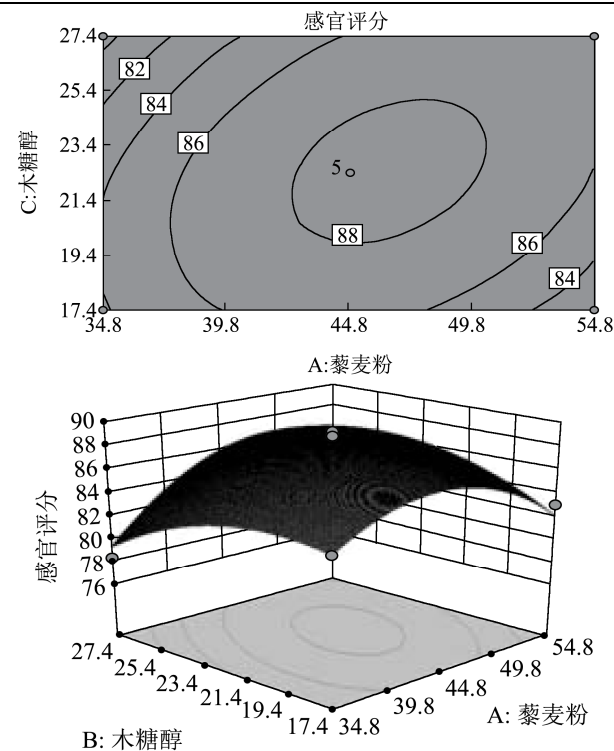


图2 各因素交互作用对藜麦南瓜粉冲剂感官评分影响的响应面和等高线图

Fig.2 RSM and contour plots for the effects of various factors on the sensory score of quinoa pumpkin powder

对回归模型进行方差分析(表5),模型 $p<0.01$,表明模型方程高度显著,失拟检验 $p=0.1881>0.05$,模型失拟项不显著,模型选择合适。相关系数 $R^2=0.9604$,

$R_{Adj}^2=0.9095$,说明方程对试验拟合较好,也能较好的反映各因素与响应值之间的关系,利用此方程模型分析预测藜麦南瓜粉的最优配方是可行的。

回归方程系数的显著性分析结果表明,藜麦粉添加量A对感官评分的影响显著($p<0.05$),南瓜粉添加量B以及木糖醇添加量C对感官评分的影响均不显著($p>0.05$)。AB、AC以及BC的交互项均为极显著($p<0.01$),表明藜麦粉、南瓜粉以及木糖醇的添加量的交互作用对感官评分的影响极显著。比较三维响应面图可知(图2),藜麦粉与南瓜粉、藜麦粉与木糖醇以及南瓜粉与木糖醇对藜麦南瓜粉感官评分的影响都为极显著,其曲线都较陡。这与回归方程各项方差分析的结果相一致。

2.3.3 最佳配方的确定

通过模型预测藜麦南瓜粉配方的最优工艺参数为藜麦粉46.51 g、南瓜粉22.10 g、木糖醇22.37 g,感官评分的预测值为88.50。考虑到实际操作条件,确定该冲剂的最终配方为藜麦粉46 g(46%)、南瓜粉22 g(22%)、木糖醇22 g(22%)、奶粉3.0 g(3.0%)、木薯变性淀粉2.5 g(2.5%)、麦芽糊精4.5 g(4.5%)。根据得出的最佳配方,验证回归模型的有效性,通过验证试验表明,试验综合感官评分为88.46,实际测定值比理论预测值低0.04,两值接近,说明该模型合理有效,此回归方程能较好地预测理论综合感官评分,具有一定的实际指导意义。

表5 回归方程方差分析

Table 5 Analysis and statistical parameters of regression model

来源	平方和	自由度	均方	F 值	Pr>F	显著性
A 藜麦粉	10.45	1	10.45	9.86	0.0164	*
B 南瓜粉	2.551E-003	1	2.551E-003	2.407E-003	0.9622	
C 木糖醇	0.43	1	0.43	0.41	0.5439	
AB	13.27	1	13.27	12.52	0.0095	**
AC	15.43	1	15.43	14.56	0.0066	**
BC	19.61	1	19.61	18.50	0.0036	**
A ²	55.44	1	55.44	52.30	0.0002	**
B ²	34.89	1	34.89	32.92	0.0007	**
C ²	18.44	1	18.44	17.40	0.0042	**
模型	179.93	9	19.99	18.86	0.0004	**
残差	7.42	7	1.06			
失拟差	4.91	3	1.64	2.61	0.1881	
净误差	2.51	4	0.63			
总和	187.34	16				

注: **表示 0.01 水平差异显著; *表示 0.05 水平差异显著。

2.4 成品的流动性与营养成分检测

流动性主要体现在休止角的大小,休止角也称安息角、自然坡度角等。该参数表征食品粉体颗粒堆积层的自由表面在静止状态下可以形成的最大角度。休止角越小,食品粉体颗粒的流动性越好。当 $\theta \leq 30^\circ$ 时,流动性好, $\theta \leq 40^\circ$ 时可以满足生产过程中流动性的需要。测得锥体高度H为4.90 mm,按公式求得 θ 为 24° ,表明该冲剂流动性好。

表6 营养成分表

Table 6 Nutritional Table

项目	每 100 g	营养素参考值/%
能量	1595 kJ	19
蛋白质	9.14 g	15
脂肪	3.8 g	6
碳水化合物	75.6 g	25
钠	111 mg	6

3 结论

喷雾干燥所制成的藜麦粉较炒制及蒸制藜麦粉的水溶性、吸水性、溶解性、润湿下沉性、稳定性指数等冲调性能好。在单因素试验的基础上,采用响应面试验设计得到的复合粉最优配方为藜麦粉46%、南瓜粉22%、木糖醇22%、奶粉3.0%、木薯变性淀粉2.5%、麦芽糊精4.5%,其能量、脂肪、蛋白质、碳水化合物和钠的含量分别为1595 kJ/100 g、3.8 g/100 g、9.14 g/100 g、75.6 g/100 g、111 mg/100 g,且流动性好,营养价值高。藜麦南瓜复合粉的研制,为消费者提供了一种健康的新产品。

参考文献

- [1] Repo-Carrasco R, Espinoza C, Jacobsen S E. Nutritional value and use of the andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) [J]. Food Reviews International. 2003, 19(1): 179-189
- [2] 李玉英,王玉玲,王转花.藜麦营养成分分析及黄酮提取物的抗氧化和抗菌活性研究[J].山西农业科学,2018,5:729-733,741
LI Yu-ying, WANG Yu-ling, WANG Zhuan-hua. Study on nutritional components of quinoa and the antioxidant and antibacterial activity of flavonoids extracts [J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2018, 5: 729-733, 741
- [3] 徐天才,和桂青,李兆光,等.不同海拔藜麦的营养成分差异性研究[J].中国农学通报,2017,33(17):129-133
XU Tian-cai, HE Gui-qing, LI Zhao-guang, et al. Differences in nutrient composition of buckwheat at different altitudes [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2017, 33(17): 129-133
- [4] Schlick G, Bubenheim D L. Quinoa: candidate crop for NASA's controlled ecological life support systems [J]. Progress in new crops: Proceedings of the Third National Symposium Indianapolis, Indiana, 1996: 632-640
- [5] 郝亭亭,唐琳清,刘瑶,等.新型藜麦杂粮面包工艺研究[J].农产品工艺,2017,2:24-28
HAO Ting-ting, TANG Lin-qing, LIU Yao, et al. Study on the technology of new buckwheat multigrain bread [J]. Agricultural Product Technology, 2017, 2: 24-28
- [6] 王晨静,赵习武,陆国权,等.藜麦特性及开发利用研究进展[J].浙江农林大学学报,2014,31(2):296-301
WANG Chen-jing, ZHAO Xi-wu, LU Guo-quan, et al. Research progress on characteristics and development and utilization of buckwheat [J]. Journal of Zhejiang Agriculture and Forestry University, 2014, 31(2): 296-301
- [7] Zhu N, Kikuzaki H, Vastano B C, et al. Ecdysteroids of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49(5): 2576-8
- [8] 刘川玉,邓俊刚,唐建红,等.金沙排石冲剂的制备及质量标准研究[J].中国民族民间医药,2017,23:29-33
LIU Chuan-yu, DENG Jun-gang, TANG Jian-hong, et al. Preparation method and quality standards research of jinshapaishi granules [J]. Chinese National Folk Medicine, 2017, 23: 29-33
- [9] 孙蕾,顾春丽,房用,等.松花粉冲剂和片剂保健食品的研制[J].食品科学,2005,26(8):554-557
SUN Lei, GU Chun-li, FANG Yong, et al. Development of pine pollen granules and tablet health foods [J]. Food Science, 2005, 26(8): 554-557
- [10] 李纪兵,潘新华,陈卫平.平菇菌丝体营养即食冲剂的研制[J].食品工业科技,2009,2:242-243
LI Ji-bing, PAN Xin-hua, CHEN Wei-ping. Development of pleurotus ostreatus mycelium nutrition ready-to-eat granules [J]. Science and Technology of Food Industry, 2009, 2: 242-243
- [11] 许亚翠,钱海峰,张晖.高温型 α -淀粉酶对膨化米粉冲调性的影响[J].食品与发酵工业,2012,38(8):73-77
XU Ya-cui, QIAN Hai-feng, ZHANG Hui. Effect of high temperature α -amylase on the brewing properties of puffed rice flour [J]. Food and Fermentation Industries, 2012, 38(8): 73-77
- [12] 黄焘,储小军,李归浦,等.粉体粒度分布对婴儿配方奶粉冲调性的影响[J].中国食品学报,2016,16(6):122-128

- HUANG Tao, CHU Xiao-jun, LI Gui-pu, et al. Effect of powder size distribution on preparation of infant formula milk powder [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2016, 16(6): 122-128
- [13] 范明月,吴昊,张宏斌,等.不同南瓜品种制粉加工特性的综合评价[J].现代食品科技,2013,1:112-114
- FAN Ming-yue, WU Hao, ZHANG Hong-bin, et al. Comprehensive evaluation of milling processing characteristics of different pumpkin varieties [J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 1: 112-114
- [14] 郭嘉林,杨小芝,豆康宁,等.南瓜粉对面粉品质的影响研究[J].粮食与油脂,2017,30(8):30-32
- GUO Jia-lin, YANG Xiao-zhi, DOU Kang-ning, et al. Study on the effect of pumpkin powder on flour quality [J]. Cereals and Oils, 2017, 30(8): 30-32
- [15] 王磊,兰玉倩,林奇.喷雾干燥工艺对板栗粉速溶性的影响[J].食品科学,2010,31(2):106-109
- WANG Lei, LAN Yu-qian, LIN Qi. Effect of spray drying process on the instant dissolution of chestnut powder [J]. Food Science, 2010, 31(2): 106-109
- [16] 张东媛,邓媛元,张名位,等.发芽-挤压-淀粉酶协同处理对速食糙米品质特性的影响[J].中国农业科学,2015,48(4): 759-768
- ZHANG Dong-yuan, DENG Yuan-yuan, ZHANG Ming-wei, et al. Effects of germination-extrusion-amylase synergistic treatment on quality characteristics of instant brown rice flour [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2015, 48(4): 759-768
- [17] 王素雅,刘长鹏,杨玉玲,等.酶法生产速溶慈姑粉的工艺研究[J].食品与发酵工业,2008,34(4):80-83
- WANG Su-ya, LIU Chang-peng, YANG Yu-ling, et al. Study on the process of enzymatic production of instant sage powder [J]. Food and Fermentation Industries, 2008, 34(4): 80-83
- [18] 刘静波,马爽,刘博群,等.不同干燥方式对全蛋粉冲调性能的影响[J].农业工程学报,2011,27(12):383-388
- LIU Jing-bo, MA Shuang, LIU Bo-qun, et al. The effect of different drying methods on the performance of whole egg powder [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2011, 27(12): 383-388
- [19] 孙玉清,罗红霞,孙爱东,等.紫甘薯全粉冲调性研究[J].食品工业,2015,5:70-73
- SUN Yu-qing, LUO Hong-xia, SUN Ai-dong, et al. Study on the preparation of purple sweet potato whole powder [J]. Food Industry, 2015, 5: 70-73
- [20] 唐连香,高长胜,王旭东,等.方便面熟化度的测定[J].食品科技,1999,5:47-48
- TANG Lian-xiang, GAO Chang-sheng, WANG Xu-dong, et al. Determination of ripening degree of instant noodles [J]. Food Science and Technology, 1999, 5: 47-48
- [21] 胡秋龙,杨代明,言剑,等.方便粉熟化度的分析方法研究[J].食品与机械,2010,26(4):70-72
- HU Qiu-long, YANG Dai-ming, YAN Jian, et al. Study on analytical method for convenient powder ripening [J]. Food and Machinery, 2010, 26(4): 70-72
- [22] 杨添植,丁方莉,冯雁波,等.复合解酒颗粒冲剂制备工艺优化[J].食品安全质量检测学报,2015,6(8):2937-2943
- YANG Tian-zhi, DING Fang-li, FENG Yan-bo, et al. Optimization of preparation process of compound antialcoholism granules [J]. Journal of Food Safety and Quality, 2015, 6(8): 2937-2943
- [23] 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
- MA Yong-xuan, WEI Zhen-cheng, ZHANG Ming-wei, et al. Formulation optimization and process research for improving the nutritionality and mobility of nutrient paste [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2013, 28(7): 81
- [24] 王阳,颜才植,叶发银,等.膳食纤维粉体流动性与其颗粒结构的关系[J].食品科学,2018,39(10):84-88
- WANG Yang, YAN Cai-zhi, YE Fa-yin, et al. Relationship between fluidity of dietary fiber powder and its granular structure [J]. Food Science, 2018, 39(10): 84-88
- [25] 胡大为,胡小芳.食品粉体颗粒流动性分形维测试法[J].食品科学,2007,28(3):55-58
- HU Da-wei, HU Xiao-fang. Fractal dimensional test method for liquidity of food powder particles [J]. Food Science, 2007, 28(3): 55-58
- [26] Oikonomou N A, Krokida M K. Water absorption index and water solubility index prediction for extruded food products [J]. International Journal of Food Properties, 2012, 15(1): 157-168