

紫马铃薯全粉对马芬蛋糕质构性能和感官品质的影响

张伟君^{1,2}, 钟耀广^{1,2,*}

(1.上海海洋大学食品学院, 上海 200306;

2.农业部水产品贮藏保鲜质量安全风险评估实验室(上海), 上海 201306)

摘要:研究了紫马铃薯全粉添加对马芬蛋糕烘焙损失率、色差、质构性能及感官的影响。结果表明,不同比例混合粉的水溶性及持水性有显著差异($p < 0.05$),马芬蛋糕的烘焙损失率在紫马铃薯全粉添加量小于70%时差异不显著($p > 0.05$),但是当紫马铃薯全粉添加量为90%时,烘焙损失率差异显著($p < 0.05$)。马芬蛋糕的亮度随着紫马铃薯全粉含量增加而显著降低($p < 0.05$)。马芬蛋糕的硬度随着紫马铃薯全粉添加量增加而显著增加($p < 0.05$),在紫马铃薯全粉含量在10%~30%时,其他质构指标变化差异不显著($p > 0.05$);紫马铃薯全粉添加量为10%和30%获得最高分。综上分析,适宜的紫马铃薯全粉添加量为30%。

关键词:紫马铃薯全粉, 马芬蛋糕, 质构, 持水性

Influence of purple potato powders on the physical properties and sensory qualities of muffin cake

ZHANG Wei-jun^{1,2}, ZHONG Yao-guang^{1,2,*}

(1.College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 200306, China;

2.Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Aquatic Product

on Storage and Preservation(Shanghai), Ministry of Agriculture, Shanghai 201306, China)

Abstract: The effects of the addition of purple potato powders on the baking loss rate, color difference, texture property and sensory quality of muffin cake were studied. The results showed that there were significant differences ($p < 0.05$) in water solubility and water holding capacity of blended flour with different purple potato powders. The difference of baking loss rate was not significant ($p > 0.05$) when the amount of purple powders was no more than 70%, but the difference was significant ($p < 0.05$) when the amount of purple potato powders was 90%. The lightness of the muffin cake was significantly reduced with the increasing the amount of purple potato powders, but its hardness increased significantly with the increasing the amount of purple potato powders. When the amount of purple potato powders was 10%~30%, the changes of other texture indexes were not obvious ($p > 0.05$). The sensory evaluation muffin cake got the highest score when the amount of purple potato powers were 10% and 30%, respectively. The suitable amount of purple potato powders was 30%.

Key words: purple potato powder; muffin cake; texture; water holding capacity

中图分类号: TS210.1

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2017)18-0211-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.18.040

马铃薯主要成分是淀粉,其能量密度低于玉米、小麦等,食用后产生的能量较少,有利于控制体重,不会引起肥胖^[1-2]。马铃薯含有抗坏血酸和胡萝卜素,能补充人体维生素和预防坏血病^[3-4]。相比于普通马铃薯,紫马铃薯是近几年引进的一种新型马铃薯品种,含有丰富的花青素及抗氧化物质^[5],有抑制癌症,增强人体免疫力,抗衰老等作用。此外,由于马铃薯易于生长,产量大,高营养价值,2015年初,国家提出了马铃薯主食化战略。孙维思、张笑笑等^[6-7]

研究了马铃薯粉添加量对馒头品质的影响,结果表明,随着马铃薯全粉的添加量不断增加,馒头硬度变大,当马铃薯全粉添加量分别为15%和30%时,馒头品质较好。马梦萍等^[8]对马铃薯全粉蛋糕的工艺进行优化研究,结果表明马铃薯全粉占混合粉比例的90%时,蛋糕的感官品质较好。刘刚等^[9]利用马铃薯淀粉加工副产物制作戚风蛋糕。Khawla等^[10]研究马铃薯皮粉末的加入对蛋糕质构和感官品质的影响,结果表明,当添加5%的马铃薯皮粉末时,能使蛋糕

收稿日期: 2017-02-07

作者简介: 张伟君(1993-),女,硕士研究生,研究方向:农产品加工与功能性食品开发, E-mail: zfl1059467703@163.com。

* 通讯作者: 钟耀广(1965-),男,博士,教授,研究方向:农畜产品加工,功能食品及食品安全, E-mail: ygzhang@shou.edu.cn。

硬度降低,提高蛋糕的营养价值与感官品质。由于马铃薯全粉的一些特殊物理化学性质,在一定程度上限制了它的应用,如在制作馒头、面包和蛋糕时,由于缺少面筋蛋白,导致发酵难,成型难,整形难,易断裂,易掉渣。本文旨在研究添加不同含量紫马铃薯全粉的混合粉的水溶性、持水性之间的差别,以及对制作的各各种马芬蛋糕的烘焙损失率、色差、质构性能及感官品质进行比较,从而确定一个最佳的添加比例,为今后马铃薯产品开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

低筋小麦粉 青岛维良食品有限公司;紫马铃薯全粉 山东济南希森食品有限公司;细砂糖、鲜奶、鸡蛋 上海港城农工商超市有限公司;黄油、泡打粉 上海巧厨商贸有限公司。

T3-L385C 美的电烤箱 广东美的厨房电器制造有限公司;DHG-9073BS-III 电热恒温鼓风干燥箱 上海新苗医疗器械制造有限公司;HH-S 数显恒温水浴锅 金坛市正基仪器有限公司;Anke TDL-5-A 低速离心机 上海安亭科学仪器厂;TA.XT Plus 质构仪 英国 Stable Micro System 公司;CR-400 色差仪 南京柯立配电子科技有限公司;东菱 DL-1002 家用电动打蛋器 东菱电器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 水溶性指数(WSI)的测定 参照 Anderson 等^[11]方法。分别称取含有 0%、10%、30%、50%、70%、90%、100% 的紫马铃薯全粉与低筋小麦粉混合为混合粉 3 g 置于 50 mL 的离心管中,加入 30 mL 的蒸馏水,在 90 ℃ 的恒温水浴锅中加热 15 min,并不断搅拌,然后冷却至室温,并在室温下离心(5000 r/min,10 min),将上清液倒入坩埚中在 105 ℃ 下干燥 12 h,冷却至室温称重。每个样品均取三次测试后的平均值。水溶性指数的计算公式如下:

$$\text{水溶性指数 WSI}(\%) = (A_1/A_2) \times 100 \quad \text{式(1)}$$

式中,WSI-样品的水溶性指数,% ; A_1 -上清液干燥后的重量,g; A_2 -样品重量,g。

1.2.2 持水性测定 根据 Robertson 等^[12]中的方法进行测定。分别称取含有 0%、10%、30%、50%、70%、90%、100% 的紫马铃薯全粉与低筋小麦粉混合为混合粉 3 g 置于 50 mL 的离心管中,加入 30 mL 的蒸馏水,静置 18 h,然后在 5000 r/min 下离心 20 min,倒出上清液,将离心管内剩余物质倒入坩埚中,在 105 ℃ 干燥 12 h,取出冷却至室温称重。每个样品均取三次测试后的平均值。持水性的计算公式如下:

$$\text{持水性 WHC} = [(m_2 - m_3)/(m_3 - m_1)] \quad \text{式(2)}$$

式中,WHC-持水性,g/g; m_1 -坩埚重量,g; m_2 -坩埚和湿样重,g; m_3 -坩埚和干样重,g。

1.2.3 马芬蛋糕的制作 分别称量黄油 60 g、细砂糖 50 g、鸡蛋 1 颗、鲜奶 50 g、混合粉 100 g、双效泡打粉 4 g。先将黄油切小块,于室温软化后,用电动打蛋器 1 档低速打散,加入 50 g 细砂糖,先手动将糖油拌匀,再将 1 档换成 3 档由低速转中速打至膨发,蛋液分次少量加入黄油中,每次需迅速搅拌至完全融合,

搅拌好呈乳膏状,大约 12 min,加入 1/2 混合粉和 1/2 的鲜奶,用橡皮刮刀拌匀,再加入剩下的混合粉及鲜奶翻拌均匀,形成糊状。将面糊装入裱花袋内,挤入模具内七分满,置于已预热至 170 ℃ 的烘箱中,以上下火 170 ℃ 中层烤 25 min。

1.2.4 烘焙损失率测定 蛋糕烤好后,冷却至室温称重。烘焙损失率根据 Mayra 等^[13]中的方法进行测定。取纸膜杯称重,先将搅拌均匀的面糊置于纸膜杯中,称重,然后置于烘箱中烘焙,烘焙后冷却至室温称重。每个样品均取三次测试后的平均值。烘焙损失率的计算公式如下:

$$\text{烘焙损失率}(\%) = [(W_1 - W_2)/(W_1 - W_0)] \times 100 \quad \text{式(3)}$$

式中, W_0 -纸膜重量,g; W_1 -烘焙前面糊与纸膜重量,g; W_2 -烘焙之后蛋糕与纸膜的重量,g。

1.2.5 色差测定 根据 Guadarrama-Lezama 等^[14]中的方法进行测定。先将蛋糕表层除去,将蛋糕置于透明白色的保鲜袋中,利用色差计测定蛋糕内部的色差。 L^* 、 a^* 、 b^* 分别代表亮度、红色度/绿色度、黄色度/蓝色度。测定时要先利用白板对色差计进行校准,然后进行测定。每组样品测三次。

1.2.6 质构测定 利用质构仪对不同蛋糕样品进行质构性能测定,根据孙菁笛等^[15]研究进行参数设定:P/36R 平底圆柱形探头,TPA 测定,压缩,循环数 2,测试距离 40% (压缩至原来高度),触发值 5 g,数据采集点 250 pps,实验前速度 1 mm/s,实验速度 1 mm/s,返回速度 1 mm/s。先将蛋糕表面切成平面,然后放在探头下进行两次压缩,避免测定任何不规则或不具备代表性的区域,样品表面面积应小于探头面积。每个样品平行测定 3 次。

1.2.7 感官评定 选择 10 个普通人员来对马芬蛋糕进行感官鉴定。根据刘兆芬等^[16]的方法结合马芬蛋糕的特性按表 1 对马芬蛋糕进行打分。

1.3 数据处理

实验数据用平均值 ± 标准偏差表示,采用 Excel 2013 和 SPSS 20.0 软件进行 ANOVA 分析, $p < 0.05$ 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 紫马铃薯全粉对混合粉水溶性指数与持水性影响

不同比例混合粉的水溶性及持水性有显著差异($p < 0.05$)。不同添加比例的紫马铃薯全粉能够显著影响混合粉的水溶性。由表 2 可知,全麦粉相比于紫马铃薯全粉,有较好的水溶性,而且差异显著($p < 0.05$)。这可能是因为紫马铃薯全粉中的蛋白质含量低于全麦粉,水合作用低于全麦粉,因此全麦粉有较高的水溶性。当添加 10% 紫马铃薯全粉时,混合粉的水溶性降低,这可能是因为紫马铃薯全粉含有水不溶性膳食纤维较多导致水溶性降低;但是继续增加紫马铃薯全粉时,混合粉的水溶性却增加,这可能是紫马铃薯全粉中某些特有的亲水性物质发挥了作用。当紫马铃薯全粉含量大于 70% 时,混合粉的水溶性出现下降。这说明在一定范围内,适当增加紫

表1 马芬蛋糕的感官评分标准
Table 1 Sensory evaluation standard of muffin cake

评分项目	得分标准		
	15~20	9~14	1~8
色泽	色泽鲜艳有光泽,色彩均匀,无焦糊	中等	暗褐色
组织	切面呈细密蜂窝状,无不规则大空洞,无硬块	中等	气孔大,不均匀
外形	外形整齐,无破碎,无崩顶现象	中等	表面粗糙,膨胀度较低
弹韧性	无干硬现象,整体起发均匀,柔和,富有弹性	中等	较差
滋味气味	口感柔和有弹性,甜度适中,有紫马铃薯的清香味	中等	不爽口,掉渣,涩味重

马铃薯全粉的含量能够改善混合粉的性质,但是超过一定量时,水溶性降低。呈现这种变化的原因与机制还有待进一步研究。

持水性是面粉的一个很重要的物理性质,它能影响面粉制品的口感。从表2可以看出,紫马铃薯全粉的添加量能够明显影响混合粉的持水性。随着紫马铃薯全粉的添加量的增加,混合粉的持水性增加,但是达到90%以后,持水性开始减少。这可能是因为紫马铃薯全粉相比普通小麦粉,含有更多的氨基酸以及特有的维生素,含有某些官能团能与水紧密结合,因此持水能力较好。但是超过一定比例时,由于紫马铃薯缺少面筋蛋白,因而与水结合能力降低,从而导致持水性降低。

表2 紫马铃薯全粉对混合粉水溶性指数与持水性影响

Table 2 Influence of purple potato powders on water-soluble index and water-holding capacity of mixed powders

紫马铃薯全粉 添加量(%)	水溶性指数 (%)	持水性 (g/g)
0	20.87 ± 1.71 ^a	0.95 ± 0.01 ^a
10	16.29 ± 0.98 ^b	1.17 ± 0.06 ^a
30	22.50 ± 0.65 ^c	1.73 ± 0.04 ^b
50	25.61 ± 0.21 ^d	2.49 ± 0.01 ^c
70	27.67 ± 0.73 ^d	3.90 ± 0.02 ^d
90	23.78 ± 1.78 ^e	6.36 ± 0.46 ^e
100	14.30 ± 1.69 ^f	5.84 ± 0.13 ^f

注:紫马铃薯全粉添加量是指紫马铃薯全粉占混合粉质量百分比;表中同列不同小写字母表示差异显著($p < 0.05$);表3~表5同。

2.2 紫马铃薯全粉对马芬蛋糕烘焙损失率影响

烘焙损失率是评价烘焙过程的一个重要参数。从表3可知,当紫马铃薯全粉添加量在70%以内时,制成的各种蛋糕的烘焙损失率差异不显著($p > 0.05$),达到90%时,差异显著($p < 0.05$)。当紫马铃薯全粉的添加量达到90%时,马芬蛋糕烘焙损失率显著增加($p < 0.05$)。这可能是当紫马铃薯全粉含量达到一定程度时,混合粉中面筋蛋白大大降低,使得持水作用大大降低,导致水分和水溶性物质溢出,致使烘焙损失率显著增加。继续增加紫马铃薯全粉含量,烘焙损失率又降低。这可能是由于在烘焙中,紫马铃薯全粉含量高的蛋糕表面更易形成坚硬的膜,致使蛋糕内部水分和其它一些物质无法逸出,使得烘焙损失率相对减少。关于烘焙损失率的变化机制还有待进一步研究。

表3 不同紫马铃薯全粉含量的马芬蛋糕烘焙损失率的比较

Table 3 Comparison of baking loss rate of muffin cake with different purple potato powders

紫马铃薯全粉添加量(%)	烘焙损失率(%)
0	5.88 ± 1.81 ^a
10	6.54 ± 0.04 ^a
30	5.18 ± 0.65 ^a
50	5.09 ± 0.69 ^a
70	5.04 ± 0.64 ^a
90	7.92 ± 0.05 ^b
100	5.38 ± 0.06 ^a

2.3 紫马铃薯全粉对马芬蛋糕色度影响

紫马铃薯全粉由于含有丰富的花青素而呈现紫色,这对马芬蛋糕的色度有明显影响。表4为不同添加量的紫马铃薯全粉的马芬蛋糕色度的比较。通常情况下,烘焙会使蛋糕呈金黄色。由表4可知,随着紫马铃薯全粉的不断增加, L^* 逐渐降低,表明亮度逐渐减少,而 a^* 逐渐增加, b^* 值逐渐减少,说明黄值逐渐减少,而红值逐渐增加。紫马铃薯全粉的花青素含量较高,故而使得蛋糕的亮度较小。不同紫马铃薯全粉添加量的马芬蛋糕的亮度差异显著($p < 0.05$),但是当紫马铃薯全粉含量达到70%及以上时,不同紫马铃薯全粉添加量蛋糕的 a^* 值和 b^* 值差异不再显著,这可能是由于紫马铃薯全粉中存在的花青素一定程度上起到了某种抑制作用,花青素物质具体如何作用还不清楚,需进一步研究。

表4 紫马铃薯全粉对马芬蛋糕色度影响

Table 4 Influence of purple potato powders on chroma of muffin cake

紫马铃薯 全粉添加量 (%)	L^*	a^*	b^*
0	77.47 ± 0.47 ^a	-2.70 ± 0.01 ^a	24.70 ± 0.39 ^a
10	70.03 ± 0.34 ^b	-1.14 ± 0.09 ^b	19.62 ± 0.46 ^b
30	62.49 ± 0.48 ^c	2.53 ± 0.09 ^c	12.23 ± 0.41 ^c
50	55.93 ± 0.66 ^d	5.25 ± 0.23 ^d	9.83 ± 1.31 ^d
70	49.62 ± 0.22 ^e	6.32 ± 0.16 ^e	3.02 ± 0.40 ^e
90	48.03 ± 0.30 ^f	6.94 ± 0.44 ^e	3.81 ± 0.08 ^e
100	45.46 ± 0.36 ^g	6.06 ± 0.19 ^e	2.38 ± 0.23 ^e

2.4 质构分析

质构分析是一个很重要的分析方法,它主要用来评价产品的物理性能及品质。通常蛋糕的质构分

表 5 不同添加量紫马铃薯全粉的马芬蛋糕质构性能比较

Table 5 Comparison of texture properties of muffin cake with different content of purple potato powders

紫马铃薯全粉 添加量(%)	硬度(g)	弹性(mm)	黏聚性	咀嚼性(mJ)	回复性
0	1143.67 ± 67.33 ^a	0.83 ± 0.01 ^a	0.44 ± 0.02 ^a	521.46 ± 17.05 ^a	0.16 ± 0.01 ^a
10	2004.39 ± 51.67 ^b	0.81 ± 0.04 ^a	0.47 ± 0.02 ^a	772.02 ± 44.28 ^b	0.19 ± 0.01 ^a
30	2073.00 ± 141.31 ^b	0.78 ± 0.03 ^a	0.48 ± 0.02 ^a	770.42 ± 62.53 ^b	0.19 ± 0.01 ^a
50	2597.81 ± 104.22 ^c	0.73 ± 0.01 ^a	0.45 ± 0.03 ^a	855.03 ± 97.74 ^b	0.19 ± 0.01 ^a
70	3361.77 ± 46.385 ^d	0.72 ± 0.07 ^a	0.29 ± 0.06 ^b	707.96 ± 176.48 ^b	0.14 ± 0.03 ^b
90	4067.25 ± 299.18 ^e	0.63 ± 0.01 ^b	0.23 ± 0.07 ^b	581.83 ± 129.65 ^a	0.08 ± 0.06 ^b
100	4666.33 ± 135.64 ^f	0.65 ± 0.02 ^b	0.27 ± 0.05 ^b	810.10 ± 173.19 ^b	0.13 ± 0.03 ^b

析既可以利用质构仪进行分析,也可以利用感官分析。但是通常感官分析由于人为因素差异较大,得到的信息不够具体,通常采用质构仪进行分析。表 5 为不同添加量的紫马铃薯全粉对马芬蛋糕质构性能的影响,质构性能包括硬度、弹性、黏聚性、咀嚼性和回复性。由表 5 可知,随着紫马铃薯全粉含量增加,硬度呈上升趋势,而弹性、黏聚性、回复性总体呈现下降趋势,咀嚼性呈现先增大再降低再增大的趋势。不同紫马铃薯全粉添加量的马芬蛋糕硬度差异显著($p < 0.05$);当马铃薯全粉的添加量超过 50% 以后,不同添加量的马芬蛋糕的弹性、黏聚性、回复性的差异变得显著($p < 0.05$);对于咀嚼性,当紫马铃薯全粉添加量为 10% 时,咀嚼性变化差异显著($p < 0.05$)。这主要是因为紫马铃薯全粉中缺少面筋蛋白,难形成面筋网络。在烘焙过程中不容易膨胀,因此比较厚实,硬度较大,弹性较小,这有待今后进一步研究。

2.5 感官分析

由表 6 可知,当紫马铃薯全粉添加量为 10% ~ 30% 时,评分较高。在一定范围内,增加紫马铃薯全粉的添加量能够增加马芬蛋糕的滋味气味,但是紫马铃薯全粉添加量超过 50% 以后,土豆味较重,而且由于缺少面筋蛋白,发起程度较低,蛋糕较硬,口感大大降低。对于色泽、组织、外形、弹韧性,当紫马铃薯全粉添加量在 30% 以内时,对这些指标的影响较低,但是超过这个范围,影响变化较大,这也与前面的色泽变化及质构变化相一致。虽然在添加量为 10% 时,蛋糕感官评分也较高,但鉴于紫马铃薯较高

表 6 不同含量紫马铃薯全粉的马芬蛋糕感官品质比较

Table 6 Comparison of sensory quality of muffin cake with different content of purple potato powders

紫马铃薯 全粉添加量 (%)	色泽	组织	外形	弹韧性	滋味 气味	总分
0	18	17	19	18	14	86
10	17	17	18	17	19	88
30	17	17	19	16	19	88
50	10	13	13	12	16	64
70	13	11	10	10	14	58
90	10	9	8	8	12	47
100	8	8	8	7	10	41

的营养价值与马铃薯主粮化战略,应相应的提高紫马铃薯全粉含量。综合分析,紫马铃薯全粉添加量为 30% 时为最佳。

3 结论

不同添加比例的混合粉之间水溶性和持水性差异显著($p < 0.05$);当紫马铃薯全粉含量为 90% 时,马芬蛋糕的烘焙损失率变得差异显著($p < 0.05$);亮度随着紫马铃薯全粉含量增加而显著降低($p < 0.05$)。随着紫马铃薯全粉含量增加,硬度显著增加($p < 0.05$);在紫马铃薯全粉含量为 10% ~ 30% 时,质构指标差异不明显;在感官分析时,紫马铃薯全粉添加量为 10% 和 30% 获得最高分。综合比较分析,在马芬蛋糕制作中,紫马铃薯全粉的添加量在 30% 时为较佳。

参考文献

[1]徐海泉,王秀丽,马冠生,等.马铃薯及其主食产品开发的营养可行性分析[J].中国食物与营养,2015,21(7):10-13.

[2]吕巨智,染和,姜建初.马铃薯的营养成分及保健价值[J].中国食物与营养,2009(3):51-52.

[3]Chucair A J, Rotstein N P, Sangiovanni J P, et al. Lutein and Zeaxanthin Protect Photoreceptors from Apoptosis Induced by Oxidative Stress: Relation with Docosahexaenoic Acid [J]. Investigative Ophthalmology & Visual Science, 2007, 48 (11): 5168-5177.

[4]Tan J S, Wang J J, Flood V, et al. Dietary antioxidants and the long-term incidence of age-related macular degeneration; the Blue Mountains Eye Study [J]. Ophthalmology, 2008, 115 (2): 334-341.

[5]徐坤.马铃薯的综合利用途径[J].园艺与种苗,2000(5):50-53.

[6]孙维思,张仁堂,乔旭光.马铃薯馒头加工工艺研究[J].中国食物与营养,2016,22(7):31-36.

[7]马梦苹,张来林,王彦波,等.马铃薯全粉蛋糕工艺优化研究[J].粮食流通技术,2016(14):69-73.

[8]张笑笑,李瑜.马铃薯泥馒头的研制[J].粮食加工,2016(4):56-59.

[9]刘刚,曾凡遼,周添红.利用马铃薯淀粉加工副产物制作戚风蛋糕的方法:CN104642477A[P].2015.

[10]Ben J K, Bouaziz F, Zouariellouzi S, et al. Improvement of

(下转第 220 页)

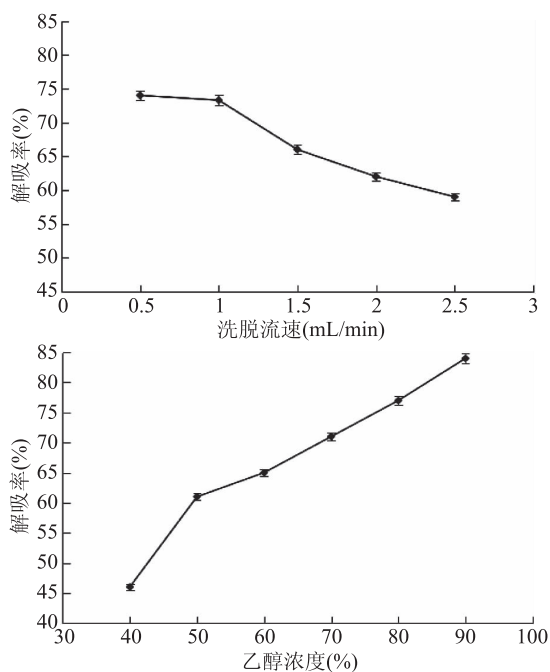


图4 洗脱流速和洗脱液浓度对解吸率的影响

Fig.4 Effect of elution velocity and ionic strength on the desorption rate of saponin

总皂苷浓度为 4 mg/mL,上样流速为 2 BV/h,上样完成后于洗脱前用蒸馏水洗去水溶性杂质,用 90% 的乙醇进行洗脱,控制洗脱流速为 2 BV/h,收集洗脱液,旋转蒸发浓缩成浸膏后真空干燥为粉末,测定皂苷纯度。计算得出纯化后皂苷的纯度为 43.6%,约为纯化前皂苷纯度的 2.7 倍。

3 结论

采用响应面设计优化得到了藜麦麸皮总皂苷的溶剂回流法提取工艺:乙醇浓度 72%、提取温度 72 ℃、料液比 1:20.8、时间 147 min,在此条件下,皂苷得率达到 1.685%。从 HPD600、D101、S-8、AB-8 4 种大孔吸附树脂中筛选出适合于藜麦麸皮总皂苷纯化的 D101 型树脂,并对纯化工艺进行了优化,确定了上样浓度 4 mg/mL、上样 pH6、上样流速 2 BV/h、洗脱液乙醇浓度 90%、洗脱流速 2 BV/h 为较优条件,所得总皂苷纯度达到 43.6%。上述提取纯化工艺是在实验室条件下获得,工业化应用还有待进行扩大实验,中试条件下如果能采用超声波助

(上接第 214 页)

texture and sensory properties of cakes by addition of potato peel powder with high level of dietary fiber and protein[J]. Food Chemistry, 2016, 217: 668-677.

[11] Anderson R A, Conway H F, Pfeifer V F, et al. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking[J]. Cereal Science Today, 1969, 14(4-7): 11-12.

[12] Robertson J A, Monredon F D D, Dysseler P, et al. Hydration Properties of Dietary Fibre and Resistant Starch: a European Collaborative Study[J]. Lebensmittel - Wissenschaft und - Technologie, 2000, 33(2): 72-79.

[13] Díaz-Ramírez M, Calderón-Domínguez G, García-Garibay M, et al. Effect of whey protein isolate addition on physical,

溶,提取得率可能会进一步提高,提取时间可能会进一步缩短,另外,对麸皮的处理也很重要,比如采用纤维素酶处理、挤压膨化处理、超微粉碎处理是否会进一步提高提取率还有待于深入研究。

参考文献

- [1] 王黎明,马宁,李颂,等.藜麦的营养价值及其应用前景[J].食品工业科技,2014,35(1):381-389.
- [2] 贡布扎西,旺姆,张崇玺,等.南美藜在西藏的生物学特性研究[J].西北农业学报,1994,16(4):43-48.
- [3] 苗灵香,萌发藜麦成分动态分析及其多酚的研究[D].晋中:山西农业大学,2015.
- [4] Abugoch J L E. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties[J]. Advances in Food Nutrition Research, 2009(58): 1-13.
- [5] 魏爱春,杨修仕,么杨,等.藜麦营养成分成分及生物活性研究进展[J].食品科学,2015,36(15):272-276.
- [6] Stuardo M, Maritin R S. Antifungal properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) alkali treated saponins against *Botrytis cinerea*[J]. Ind Crops Prod, 2008, 27(3): 296-302.
- [7] Hirose Y, Fujita T, Ishii T, et al. Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* seeds cultivated in Japan[J]. Food Chemistry, 2010, 119(4): 1300-1306.
- [8] Woldemichael G M, Wink M. Identification and biological activities of triterpenoid saponins from *Chenopodium quinoa* [J]. Agric Food Chem, 2001, 49(5): 2327-2332.
- [9] 申瑞玲,张文杰,董吉林,等.藜麦的主要营养成分、矿物元素及植物化学物质含量测定[J].郑州轻工业学院学报:自然科学版,2015,30(5):17-21.
- [10] 董晶,张焱,曹赵茹,等.藜麦总黄酮的超声波法提取及抗氧化活性[J].江苏农业科学,2015,43(4):267-269.
- [11] 董施彬,宁亚萍,杨喆,等.藜麦总黄酮提取及大孔树脂纯化工艺的研究[J].食品工业科技,2015,36(16):272-278.
- [12] 孙雪婷,袁俊杰,蒋玉蓉,等.藜麦种子总黄酮提取及其抗氧化性[J].江苏农业科学,2015,43(10):355-358.
- [13] 任卓伟,倪文杰,刘森.藜麦皂甙的测定研究[J].山西农业科学,2015,43(8):932-935.
- [14] 刘伟锐,张霞,姜蕊,等.紫外可见分光光度法测定苜蓿菜根部总三萜皂苷的含量[J].西北药学杂志,2014,29(6):554-557.

structural and sensory properties of sponge cake [J]. Food Hydrocolloids, 2016, 61: 633-639.

[14] A Y Guadarrama - Lezama, H Carrillo - Navas, C Perez - Alonso, et al. Thermal and rheological properties of sponge cake batters and texture and microstructural characteristics of sponge cake made with native corn starch in partial or total replacement of wheat flour[J]. LWT - Food Science and Technology, 2016, 70: 46-54.

[15] 孙菁笛,吕萍,孟媛,等.不同淀粉对微波蛋糕品质的影响[J].食品工业科技,2014,35(8):96-100.

[16] 刘兆芳,李曦昊,孔黎东.橘皮粉蛋糕的制作及其质构特性[J].大连工业大学学报,2015(3):167-171.