

紫淮山与燕麦粉对酥性饼干品质及营养特性的影响

袁贵英,王彦平,姬长新*,申飞

(河南农业职业学院,河南 郑州 451450)

摘要:为研制一种高纤饼干,以低筋粉、紫淮山泥、燕麦粉为主要原料,制作紫淮山燕麦无糖饼干。以感官评分和最大剪切力为指标,考察紫淮山泥、燕麦粉、油脂、奶粉及木糖醇添加量对饼干品质的影响,通过正交试验确定制作饼干的最佳配方和工艺。结果表明:最佳工艺条件为以混合粉(低筋粉和燕麦粉)添加量100%计,低筋粉添加量60%、燕麦粉添加量40%、紫淮山泥添加量50%、木糖醇添加量40%、油脂添加量40%、奶粉添加量4%、鸡蛋液添加量4%、食盐添加量0.3%、小苏打添加量1.5%、单甘酯添加量0.8%、柠檬酸添加量0.2%,在上下火均为160℃条件下,烘烤12 min。此条件下制作的饼干与空白对照饼干相比,紫淮山燕麦饼干具有高蛋白、低脂肪、高纤维的特点,营养价值更优。饼干淀粉水解指数(hydrolysis index, HI)和预估血糖生成指数(estimated glycemic index, EGI)分别为52.76、68.67,属于中等血糖生成指数食品。饼干中添加紫淮山和燕麦粉能够起到延缓淀粉消化速度的效果。

关键词:紫淮山;燕麦粉;酥性饼干;营养特性;感官品质;消化特性

Effects of Purple Yam and Oat Flour on the Quality and Nutritional Characteristics of Crisp Biscuits

YUAN Gui-ying, WANG Yan-ping, JI Chang-xin*, SHEN Fei

(Henan Vocational College of Agriculture, Zhengzhou 451450, Henan, China)

Abstract: To develop a high-fiber biscuit, low-gluten flour, purple yam puree, and oat flour were used as main raw materials to make sugar-free purple yam oat biscuit. Sensory score and maximum shear rate were used as indicators, to investigate the effect of purple yam puree, oat flour, oil, milk and xylitol powder addition on the quality of biscuits, the best formula and process for making biscuits were determined by orthogonal experiment. Based on the 100% addition of mixed flour (low-gluten flour and oat flour), the results showed that the optimal process conditions were 60% of low-gluten flour, 40% of oat flour, 50% of purple yam puree, 40% of xylitol, 40% of oil, 4% of milk powder, 4% of egg liquid 4%, 0.3% of salt, 1.5% of baking soda, 0.8% of monoglyceride and 0.2% of citric acid, baking for 12 min at 160℃ of upper and lower fire. The biscuits made under this condition are compared with blank control biscuits, purple yam oat biscuits had the characteristics of high protein, low fat, and high fiber, and had better nutritional value. The starch hydrolysis index and estimated glycemic index of biscuits were 52.76 and 68.67 respectively, it belonged to medium glycemic index food. Adding purple yam and oat to biscuits delayed the digestion speed of starch.

Key words: purple yam; oat flour; crisp biscuits; nutritional characteristics; sensory quality; digestibility

引文格式:

袁贵英,王彦平,姬长新,等.紫淮山与燕麦粉对酥性饼干品质及营养特性的影响[J].食品研究与开发,2022,43(17):100-106.

YUAN Guiying, WANG Yanping, JI Changxin, et al. Effects of Purple Yam and Oat Flour on the Quality and Nutritional Characteristics of Crisp Biscuits[J]. Food Research and Development, 2022, 43(17): 100-106.

基金项目:2018年度河南省科技攻关项目(182102110185);2021年度河南农业职业学院科研创新团队项目(HNACKT-2021-01)

作者简介:袁贵英(1972—),女(汉),副教授,硕士,研究方向:食品营养与检验。

*通信作者:姬长新(1973—),男(汉),教授,硕士,研究方向:食品加工。

紫淮山(*Dioscorea alata*)又名紫山药、参薯等^[1],属薯蓣科,肉质紫红色,是一种药食同源的植物资源^[2]。近年来,紫淮山因独特的营养保健价值逐渐成为研究的热点。紫淮山富含薯蓣皂苷元、花青素、多酚、尿囊素、植物固醇等多种生物活性成分^[3-6],具有滋肺益肾、健脾止泻、调节血糖、延缓衰老、抑制肿瘤等保健功能^[7-10]。燕麦(*Avena sativa* L.)属禾本科燕麦属^[11],具有高蛋白、高膳食纤维、低血糖生成指数(glycemic index, GI)等营养特性和调控血糖、降低血脂、护心血管、美容养颜、延缓衰老、增强免疫、润肠通便、缓解焦虑等功能特性^[12-13]。

随着我国居民食品消费结构升级,消费者对食品的要求越来越高,食品工业发展模式也将从量的扩张向质的提升转变。饼干类休闲食品因口感好、耐储存、携带方便等广受消费者喜爱,但其高糖高油的特点与现代社会主流的营养诉求不符。近年来,营养丰富,风味独特,又适合超重及中老年等人群食用的饼干备受关注。王庆佳等^[14]将海带粉添加到小麦粉中制成酥性饼干,降低了饼干的血糖生成指数。张莹丽等^[15]以紫薯和魔芋为主原料制成风味独特、具有保健功效的紫薯魔芋酥性饼干。李娜等^[16]将燕麦粉添加到小麦粉中制成饼干,并对饼干的质构特性、感官评价及营养成分进行研究,结果显示燕麦粉添加量在30%时感官评分最好,营养价值也明显提高。

本文在酥性饼干制作的基础上,加入紫淮山泥和燕麦粉,通过试验优化确定了紫淮山燕麦饼干的最佳工艺配方,并对饼干的品质、营养特性及消化特性进行了分析,从而制备出一款适合高糖及中老年等人群食用的慢消化功能的酥性饼干,以期对紫淮山燕麦保健饼干的工业化生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

紫淮山、燕麦粉、低筋粉、奶粉:市售;木糖醇(食品级):南京甘汁园糖业有限公司;单甘酯(食品级):杭州富春食品添加剂有限公司;乙醚、异丙醇、冰乙酸(均为分析纯):中国医药集团有限公司;氢氧化钠、碘化钾、乙酸钠、硫代硫酸钠、无水硫酸钠、可溶性淀粉(均为分析纯)、平板计数琼脂培养基(生化试剂):天津市恒兴化学试剂制造有限公司;3,5-二硝基水杨酸(分析纯):天津市科密欧化学试剂有限公司; α -淀粉酶(10 U/mg)、胃蛋白酶(50 U/mg):上海阿拉丁生物科技有限公司。

TMS-Pro 质构仪:美国 FTC 公司;BSA224S 电子天平:德国赛多利斯有限公司;SEC-3Y 电烤炉:珠海

三麦机械有限公司;DK-8D 水浴恒温振荡器:常州普天仪器制造有限公司;T960Basic 电位滴定仪:济南海能仪器股份有限公司;BPH-9272 恒温培养箱:上海一恒科技有限公司;MK-16 多功能搅拌机:深圳市牧人电器五金制品有限公司。

1.2 紫淮山燕麦饼干制作工艺

1.2.1 基本配方

以混合粉(低筋粉和燕麦粉)添加量100%计,低筋粉添加量60%、燕麦粉添加量40%、紫淮山泥添加量40%、木糖醇添加量30%、油脂添加量40%、奶粉添加量4%、鸡蛋液添加量4%、食盐添加量0.3%、小苏打添加量1.5%、单甘酯添加量0.8%、柠檬酸添加量0.2%。

空白对照饼干中低筋面粉为100%,其余工艺配方同紫淮山燕麦饼干。

1.2.2 生产工艺流程

原辅料选择与处理→面团调制→静置→压片成型→烘烤→冷却→密封包装。

1.2.3 操作要点

1.2.3.1 紫淮山泥的制备

将紫淮山蒸至熟透后,放凉后去皮切块,放置搅拌机中搅拌成泥备用。

1.2.3.2 原辅料预处理

先将油脂放水浴锅中加热融化成液态备用;鸡蛋液搅拌均匀至打发备用;称好的低筋面粉、燕麦粉、奶粉、木糖醇、小苏打、食盐等混匀备用;紫淮山泥、水搅拌均匀呈浆状。

1.2.3.3 面团调制、静置

将打发的鸡蛋液分2~3次加入到油脂中,每次都需打到油脂把蛋液吸收,然后加入紫淮山泥浆,混打均匀后,将混合好的燕麦粉等混合粉分次加入,低速搅拌至无干粉即可。调制好的面团覆保鲜膜,20℃~25℃静置10 min 备用。

1.2.3.4 压片成型

将面团压制成厚度为2.0 mm,再用模具压印成生坯。

1.2.3.5 烘烤、冷却

在上下火均为160℃的烘烤温度下,烘烤12 min。冷却、晾凉后,密封保存。

1.3 试验设计

1.3.1 单因素试验

根据紫淮山燕麦饼干的基础配方,进行单因素试验,探究紫淮山泥、燕麦粉、油脂、奶粉及木糖醇的添加量对紫淮山燕麦饼干品质的影响。每组中混合粉(低

筋粉和燕麦粉)总质量固定为100 g,各因素的添加量以混合粉100%计,紫淮山泥添加量分别设置为20%、30%、40%、50%、60%;燕麦粉添加量分别设置为25%、30%、35%、40%、45%;油脂添加量分别设置为20%、30%、40%、50%、60%;奶粉添加量分别设置为1%、2%、3%、4%、5%;木糖醇添加量分别设置为20%、30%、40%、50%、60%。

1.3.2 正交试验

在单因素试验的基础上,对紫淮山泥、燕麦粉、木糖醇的添加量进行 $L_9(3^4)$ 四因素三水平正交试验,通过感官评分综合考察4个因素对紫淮山燕麦饼干的影响。因素和水平设计见表1。

表1 正交试验因素水平

Table 1 Factors and levels of orthogonal experiment

水平	因素			
	A 紫淮山泥 添加量/%	B 燕麦粉添 加量/%	C 木糖醇添 加量/%	D 油脂添加 量/%
1	40	30	30	30
2	50	35	40	40
3	60	40	50	50

1.4 紫淮山燕麦饼干品质的评价

1.4.1 感官评价

由15名经培训后的人员进行感官评价,参考GB/T 20980—2021《饼干质量通则》,制定的感官评分标准见表2。

表2 紫淮山燕麦饼干感官评分标准

Table 2 Sensory evaluation standard of purple yam oat biscuits

项目	评分标准	分数
形态 (25分)	块形完整,厚薄均匀,花纹清晰,不收缩,不变形,不起泡	18.1~25
	块形较完整,厚薄基本均匀,花纹较清晰,变形和气泡较少,凹底较小或较少	9.1~18
	块形不完整,厚薄不均匀,花纹不够清晰,变形严重,有较大或较多的凹底,起泡多	1~9
色泽 (25分)	色泽均匀,呈棕黄色带有淡紫色,有光泽	18.1~25
	色泽较均匀,呈棕黄色,淡紫色分布不明显,无过白	9.1~18
	色泽不均匀,颜色过深,无淡紫色,过白、过焦	1~9
口感 (25分)	非常松脆,甜味适中,有紫淮山和燕麦风味	18.1~25
	稍硬不够酥脆,过甜或过淡,有紫淮山和燕麦风味	9.1~18
	口感粗糙,硬,过甜或过淡,有异味	1~9
组织结构 (25分)	断面呈多孔状,细腻,无大孔洞,无杂质	18.1~25
	断面气孔不均匀,较细腻,有杂质	9.1~18
	气孔非常不均匀,表面粗糙,有杂质	1~9

1.4.2 饼干剪切力的测定

用TMS-Pro质构仪对饼干进行剪切力测定。测定条件:全质构测试模式,选用直径4 cm的圆柱形探头,测试前、中、后速度均为1 mm/s,回程距离30 mm,压制饼干破裂为止。每个样品平行测试6次,取平均值。

1.4.3 饼干成品理化、安全指标测定

水分、碱度、脂肪测定参照GB/T 20980—2021《饼干质量通则》中推荐的方法;酸价、过氧化值及菌落总数、大肠菌群、霉菌的测定参照GB 7100—2015《食品安全国家标准 饼干》中推荐的方法;蛋白质测定按GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》进行;淀粉测定参照GB 5009.9—2016《食品安全国家标准 食品中淀粉的测定》进行;粗纤维测定按GB 5009.88—2014《食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定》执行;吸水率的测定参考李明娟等^[7]的方法。

1.4.4 饼干体外消化特性测定

参照赵金酶等^[18]和邓凯波等^[19]的方法,测定紫淮山燕麦饼干和空白对照饼干在0~180 min淀粉水解率,每隔30 min测定一次,并预测饼干的血糖生成指数。淀粉水解率按式(1)计算。

$$\text{淀粉水解率}/\% = \frac{\text{取样时间点消化液中葡萄糖含量} \times 0.9}{\text{总淀粉含量}} \times 100 \quad (1)$$

以淀粉水解率(%)为纵坐标,时间(min)为横坐标绘制淀粉水解曲线。计算紫淮山燕麦饼干和空白对照饼干在0~180 min淀粉水解曲线下的面积(AUC_{紫淮山燕麦}和AUC_{空白对照}),按式(2)计算淀粉水解指数(hydrolysis index, HI),预估血糖生成指数(estimated gly-cemic index, EGI)按式(3)计算。将空白对照饼干的EGI值定义为100, EGI > 75 为高血糖食物, EGI 在55~75 为中血糖食物, 小于55 则为低血糖食物^[20]。

$$HI = \frac{AUC_{\text{紫淮山燕麦}}}{AUC_{\text{空白对照}}} \quad (2)$$

$$EGI = 39.71 + 0.549HI \quad (3)$$

1.5 数据统计与分析

除特殊说明外,每组样品平行测定3次,结果以平均值±标准差表示。采用SPSS22.0软件进行数据处理, Origin8.6软件进行作图。

2 结果与分析

2.1 紫淮山泥添加量对饼干品质的影响

紫淮山泥添加量对饼干品质的影响见图1。

由图1可知,当紫淮山泥添加量为50%时,饼干品质最佳。这是因为紫淮山泥添加量低时,饼干紫色色泽和紫淮山风味不明显,评分较低。而当紫淮山泥

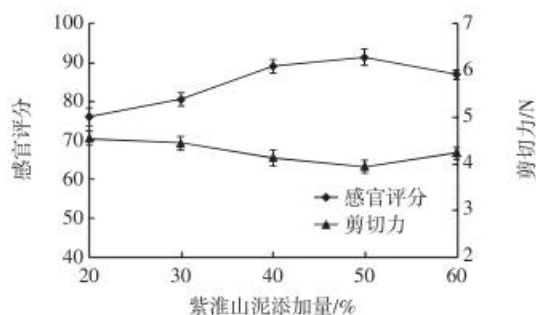


图1 紫淮山泥添加量对饼干品质的影响

Fig.1 Effect of the additive amount of purple yam puree on the quality of biscuits

添加过多时,过多的膳食纤维可能会破坏面团筋结构,面团黏性增加致使成型困难,进而导致饼干口感不酥脆,剪切力增加^[21]。综合考虑,选用紫淮山泥添加量为40%、50%、60%进一步优化。

2.2 燕麦粉添加量对饼干品质的影响

燕麦粉添加量对饼干品质的影响见图2。

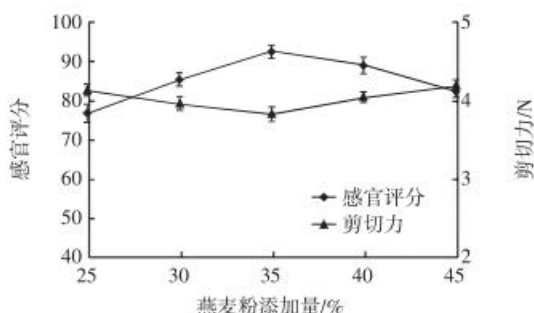


图2 燕麦粉添加量对饼干品质的影响

Fig.2 Effect of the additive amount of oat flour on the quality of biscuits

由图2可知,燕麦粉添加量为35%时,感官评分最高,剪切力最低。这是因为在面团中加入一定量的燕麦粉,可增加饼干的酥脆度和风味。随着燕麦粉添加量的增加,燕麦香气增加,饼干结构更加酥松多孔,感官评分升高。但燕麦粉添加量过大时,可能破坏面团筋网络形成,影响饼干成型,饼干口感下降,从而使饼干感官评分降低。故选用燕麦粉添加量为30%、35%、40%进一步优化。

2.3 木糖醇添加量对饼干品质的影响

木糖醇添加量对饼干品质的影响见图3。

由图3可知,木糖醇添加量为40%时,甜度适中,感官评分最高,剪切力最低,饼干品质最佳。木糖醇的添加可以增加饼干甜味、提升适口性。当木糖醇添加过少时,面团太硬,不易成型,成品饼干口味偏淡,色泽较浅,感官评分较低。而当木糖醇添加过多时,面团太黏,不易成型,成品饼干过甜,色泽过深,饼干变厚,口

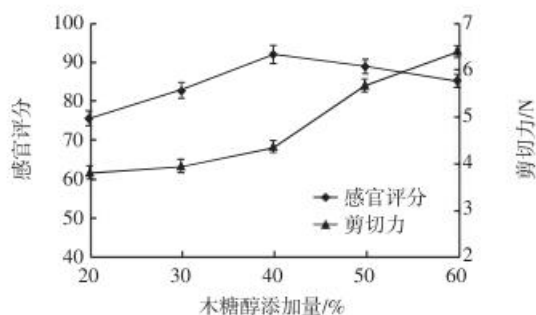


图3 木糖醇添加量对饼干品质的影响

Fig.3 Effect of the additive amount of xylitol on the quality of biscuits

感不酥脆。故选用木糖醇添加量为30%、40%、50%进一步优化。

2.4 油脂添加量对饼干品质的影响

油脂添加量对饼干品质的影响见图4。

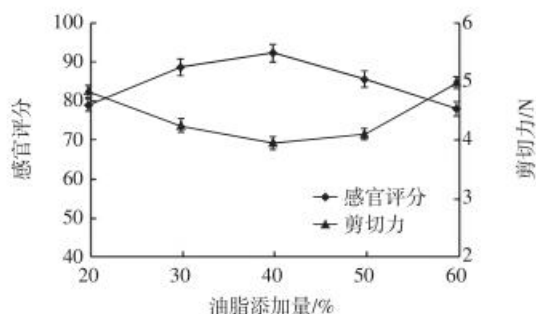


图4 油脂添加量对饼干品质的影响

Fig.4 Effect of the additive amount of oil on the quality of biscuits

由图4可知,油脂添加量为40%时,饼干口感酥脆,断面层次分明多孔,色泽均匀,饼干品质最佳。酥性饼干调制面团时间很短,油脂的添加会增加饼干的酥性,增加面团的可塑性。油脂适量添加时,可使面团内部产生的应力减弱,使饼干结构疏松且外观平整^[21]。油脂添加过少时,面团易粘黏,不光滑,饼坯不易成型,成品饼干花纹不清晰,光泽感差,口感偏硬不酥松。油脂添加过多时,面团松散且不易成型,成品饼干口感油腻,易有裂痕,感官不佳。故选用油脂添加量为30%、40%、50%进一步优化。

2.5 奶粉添加量对饼干品质的影响

奶粉添加量对饼干品质的影响见图5。

少量添加奶粉可改善饼干的风味和营养,但添加过多时,可能会掩盖紫淮山和燕麦的风味。由图5可知,奶粉添加量在4%时饼干感官评分最高,品质最佳,但奶粉添加量对饼干剪切力并未呈现出明显影响,故在正交试验时奶粉添加量不作为影响因素,直接选择奶粉添加量为4%。

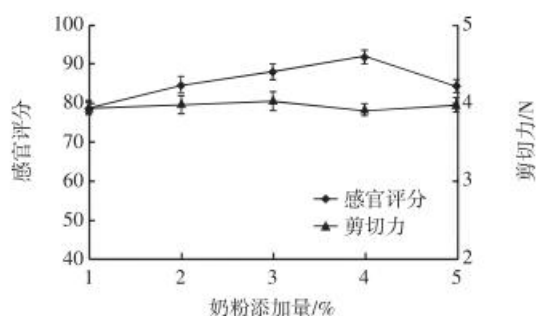


图5 奶粉添加量对饼干品质的影响

Fig.5 Effect of the additive amount of milk powder on the quality of biscuits

2.6 正交试验结果分析

正交试验结果见表3。

表3 紫淮山燕麦饼干正交试验结果

Table 3 Results of orthogonal test of purple yam and oats biscuits

试验号	A 紫淮山泥添加量	B 燕麦粉添加量	C 木糖醇添加量	D 油脂添加量	感官评分
1	1	1	1	1	86.7
2	1	2	2	2	91.5
3	1	3	3	3	87.7
4	2	1	2	3	90.6
5	2	2	3	1	90.3
6	2	3	1	2	92.0
7	3	1	3	2	90.1

表4 紫淮山燕麦饼干成品的检验结果

Table 4 Test results of finished products of purple yam and oats biscuits

检验项目	水分/%	过氧化值(以脂肪计)/(g/100 g)	酸价(以脂肪计)/(mg/g)	碱度/%	菌落总数/(CFU/g)	大肠菌群/(CFU/g)	霉菌/(CFU/g)
指标标准	≤4.0	≤0.25	≤5	≤0.4	≤100 000	≤100	≤50
测定结果	3.05	0.132	1.95	0.31	46	0	27

由表4可知,按优化后工艺制作的紫淮山燕麦饼干的各项指标均符合GB 7100—2015《食品安全国家标准 饼干》及国家标准GB/T 20980—2021《饼干质量通则》的要求。

2.8 紫淮山燕麦饼干营养特性结果与分析

据报道,紫淮山(干)中淀粉、蛋白质、总膳食纤维分别为80.14%、10.63%、1.30%^[2],燕麦中的淀粉、蛋白

续表3 紫淮山燕麦饼干正交试验结果

Continue table 3 Results of orthogonal test of purple yam and oats biscuits

试验号	A 紫淮山泥添加量	B 燕麦粉添加量	C 木糖醇添加量	D 油脂添加量	感官评分
8	3	2	1	3	88.6
9	3	3	2	1	91.5
k ₁	88.6	89.1	89.1	89.5	
k ₂	91.0	90.1	91.2	91.2	
k ₃	90.1	90.4	89.4	89.0	
R	2.3	1.3	2.1	2.2	
因素主次	A>D>C>B				
最优组合	A ₃ B ₃ C ₂ D ₂				

由表3可知,各因素对紫淮山燕麦饼干感官评分影响依次为紫淮山泥添加量>油脂添加量>木糖醇添加量>燕麦粉添加量,即紫淮山泥添加量对饼干感官品质的影响最大。正交试验各组合中感官评分最高组为A₂B₃C₂D₂,即以混合粉(低筋粉和燕麦粉)添加量100%计,紫淮山泥添加量50%、燕麦粉添加量40%、木糖醇添加量40%、油脂添加量40%。在此条件下进行6次验证试验,感官评分平均值为95分,最大剪切力为4.22 N,高于其它任一正交试验组合,说明该工艺稳定,效果良好。

2.7 紫淮山燕麦饼干成品的检验结果分析

成品的检验结果见表4。

质、脂肪和总膳食纤维分别为50%~60%、11.2%~19.9%、5.0%~9.0%、9.9%~22.2%^[2]。紫淮山燕麦饼干与空白对照饼干主要营养成分测定结果见表5。

由表5可知,紫淮山燕麦饼干中蛋白质含量是空白对照饼干的1.36倍,主要是因为燕麦粉中蛋白质含量远高于低筋面粉;紫淮山燕麦饼干中的粗纤维含量是空白对照饼干的7.80倍,主要是燕麦和紫淮山中的

表5 紫淮山燕麦饼干与空白对照饼干的对比结果

Table 5 Comparison results of purple yam and oats biscuits and blank control biscuits

组别	淀粉	蛋白质	脂肪	粗纤维	吸水率/%
紫淮山燕麦饼干	42.66±2.15	7.71±0.82	28.15±1.23	6.47±0.60	48.77±3.58
空白对照饼干	54.52±3.01	5.69±0.37	30.21±2.64	0.83±0.06	86.46±5.79

膳食纤维含量均高于低筋面粉,尤其是燕麦膳食纤维中的 β -葡聚糖已被证明可以降低血糖水平和胰岛素反应。紫淮山燕麦饼干脂肪低于空白对照饼干,主要是因为紫淮山中脂肪含量较低。所以,紫淮山燕麦饼干是一种高纤维低脂肪的产品。

2.9 紫淮山燕麦饼干的消化特性结果与分析

紫淮山燕麦饼干和空白对照饼干淀粉水解率见图6。

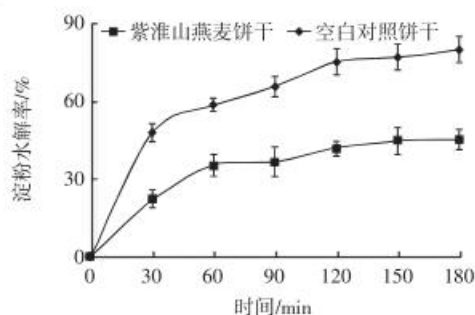


图6 紫淮山燕麦饼干和空白对照饼干淀粉水解率

Fig.6 Hydrolysis rate of starch in purple yam and oats biscuits and control biscuits

由图6可知,在体外模拟消化的前30 min,紫淮山燕麦饼干和空白对照饼干淀粉水解率上升很快,但30 min后紫淮山燕麦饼干淀粉水解速率上升变慢,水解率在120 min~180 min内变化很小,在180 min时,紫淮山燕麦饼干淀粉水解率为45.9%;而空白对照饼干在180 min时,淀粉水解率近80%。可能是由于添加的紫淮山泥和燕麦粉中膳食纤维含量较高,形成短暂性的网状结构,从而阻碍淀粉晶体与淀粉酶的接触,降低了水解率^[24]。

紫淮山燕麦饼干的水解指数和血糖生成指数结果见表6。

表6 紫淮山燕麦饼干水解指数和血糖生成指数

Table 6 Hydrolytic index and glycemic index of purple yam and oats biscuits

样品	HI ₉₀	EGI
空白对照饼干	100.00	100.00
紫淮山燕麦饼干	52.76	68.67

由表6可知,紫淮山燕麦饼干的EGI为68.67,属于中等血糖生成指数食品(55<GI<70)。紫淮山燕麦饼干EGI较低主要归因于紫淮山和燕麦中含有大量的膳食纤维,尤其是燕麦中可溶性膳食纤维 β -葡聚糖黏度很高,可以延缓胃排空速率,减少淀粉酶对淀粉的水解^[25]。另外,紫淮山燕麦饼干用甜味剂木糖醇代替了传统的蔗糖,也是紫淮山燕麦饼干EGI较低的原因。

3 结论

本试验以紫淮山泥和燕麦粉替代部分低筋面粉,通过调整紫山药泥、燕麦粉、木糖醇、油脂的添加量,得到紫淮山燕麦饼干的最佳工艺配方,即为以混合粉(低筋粉和燕麦粉)添加量100%计,低筋粉添加量60%、燕麦粉添加量40%、紫淮山泥添加量50%、木糖醇添加量40%、油脂添加量40%、奶粉添加量4%、鸡蛋液添加量4%、食盐添加量0.3%、小苏打添加量1.5%、单甘酯添加量0.8%、柠檬酸添加量0.2%,按此工艺配方制作的紫淮山燕麦饼干各项指标均符合国家标准GB/T 20980—2021《饼干质量通则》及GB 7100—2015《食品安全国家标准 饼干》的要求。与空白对照饼干相比,紫淮山燕麦饼干中膳食纤维、蛋白质、淀粉、脂肪含量分别为空白对照饼干的7.80、1.36、0.78、0.93倍,具有高蛋白、高纤维、低脂肪的营养特性。紫淮山燕麦饼干水解指数和血糖生成指数与空白对照饼干的对比结果显示,紫淮山燕麦饼干的淀粉HI及EGI都远低于空白对照饼干。EGI降低可能与紫淮山和燕麦中含有大量的膳食纤维,且选择木糖醇为甜味剂有关。因此利用营养保健型食品原料开发饼干新产品,对于居民维持健康具有十分重要的意义。

参考文献:

- [1] 蔡金辉,严渐子,黄晓辉,等.山药品种资源的分类研究[J].江西农业大学学报,1999(1):53-57.
CAI Jinhui, YAN Jianzi, HUANG Xiaohui, et al. A taxonomical study on varietal resource of *Dioscorea* species[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 1999(1):53-57.
- [2] 郑棉文,王锋,苏小军,等.紫淮山的营养价值及加工研究进展[J].食品研究与开发,2018,39(1):210-214.
ZHENG Mianwen, WANG Feng, SU Xiaojun, et al. Nutritional value and processing research progress of purple yam[J]. Food Research and Development, 2018, 39(1): 210-214.
- [3] BHANDARI M R, KASAI T, KAWABATA J. Nutritional evaluation of wild yam (*Dioscorea* spp.) tubers of Nepal[J]. Food Chemistry, 2003, 82(4): 619-623.
- [4] 周新勇,宋曙辉,王文琪,等.紫参薯及其同属植物铁杆山药中营养成分分析[J].安徽农业科学,2010,38(35):20005-20007.
ZHOU Xinyong, SONG Shuhui, WANG Wenqi, et al. Determination of the nutrient contents in the purple *D. alata* L. and the *Dioscorea oppositifolia* thumb[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2010, 38(35): 20005-20007.
- [5] 宋曙辉,刘庞源,王文琪,等.不同产地紫山药营养和功能成分分析[J].营养学报,2012,34(1):92-93,96.
SONG Shuhui, LIU Pangyuan, WANG Wenqi, et al. Analysis of nutritional and functional components of purple *Dioscorea alata* L. in different areas[J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2012, 34(1): 92-93, 96.

- [6] 倪伟超, 徐兵兵, 李彪, 等. 紫山药的保健价值及产品开发[J]. 中国野生植物资源, 2016, 35(4): 67-71.
NI Weichao, XU Bingbing, LI Biao, et al. Nutrition and health care value of purple yam and its product development[J]. Chinese Wild Plant Resources, 2016, 35(4): 67-71.
- [7] 王彦平, 田春丽, 孙瑞琳, 等. 紫山药的保健功能及开发利用研究进展[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(1): 200-203.
WANG Yanping, TIAN Chunli, SUN Ruilin, et al. Research progress on nutritional and healthy functions of purple yam[J]. Food Research and Development, 2017, 38(1): 200-203.
- [8] 张丽梅, 程永强, 宋曙辉. 紫山药多糖对 D-半乳糖衰老模型大鼠肝、脑的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(13): 196-200.
ZHANG Limei, CHENG Yongqiang, SONG Shuhui. Effect of purple yam polysaccharide on the liver and brain of D-galactose induced aging rats[J]. Food Science, 2017, 38(13): 196-200.
- [9] 谭辉, 耿耘, 杨洋, 等. 紫山药花青素提取工艺及抗肿瘤活性筛选[J]. 现代中药研究与实践, 2018, 32(2): 41-44.
TAN Hui, GENG Yun, YANG Yang, et al. Extraction process and antitumor activity screening of anthocyanin from purple *Dioscorea alata* L[J]. Research and Practice on Chinese Medicines, 2018, 32(2): 41-44.
- [10] 王彦平, 袁贵英, 曹媛, 等. 紫山药提取物抗氧化与延长寿命作用的研究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(1): 360-363, 374.
WANG Yanping, YUAN Guiying, CAO Ya, et al. Effect of purple yam extract on antioxidant function and lifespan in *Drosophila melanogaster*[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(1): 360-363, 374.
- [11] 王建芳, 赵俊梅, 李毅丽, 等. 淀粉酶、谷氨酰胺转氨酶及黄原胶对燕麦-小麦混合粉面团流变特性的影响[J]. 食品工业科技, 2021, 42(2): 52-57.
WANG Jianfang, ZHAO Junmei, LI Yili, et al. Effect of amylase, glutamine aminotransferase and xanthan gum on rheological properties of oat-wheat mixed flour dough[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(2): 52-57.
- [12] HO H V T, SIEVENPIPER J L, ZURBAU A, et al. The effect of oat β -glucan on LDL-cholesterol, non-HDL-cholesterol and apoB for CVD risk reduction: A systematic review and meta-analysis of randomised-controlled trials[J]. British Journal of Nutrition, 2016, 116(8): 1369-1382.
- [13] 徐斌, 孙伊琳, 刘淑一, 等. 预糊化处理对高含量燕麦挂面品质的影响[J]. 现代食品科技, 2019, 35(6): 139-144, 138.
XU Bin, SUN Yilin, LIU Shuyi, et al. Effect of pregelatinization on the quality of noodles with a high oat flour content[J]. Modern Food Science and Technology, 2019, 35(6): 139-144, 138.
- [14] 王庆佳, 李智, 郑宝东, 等. 海带酥性饼干的研制及血糖生成指数评价[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(7): 184-188.
WANG Qingjia, LI Zhi, ZHENG Baodong, et al. A method for creating kelp crispy biscuit and evaluation of the glycemic index[J]. Food Research and Development, 2016, 37(7): 184-188.
- [15] 张莹丽, 田鹏翔, 李伟民. 紫薯魔芋酥性饼干的研制[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(10): 109-112.
ZHANG Yingli, TIAN Pengxiang, LI Weimin. Development of crisp biscuit with purple sweet potato and konjac[J]. Cereals & Oils, 2021, 34(10): 109-112.
- [16] 李娜, 陈前, 李海峰, 等. 燕麦粉对小麦面团特性及饼干品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(1): 134-140.
LI Na, CHEN Qian, LI Haifeng, et al. Influence of oat flour on dough properties and biscuit quality[J]. Food Research and Development, 2021, 42(1): 134-140.
- [17] 李明娟, 张雅媛, 游向荣, 等. 香蕉饼干加工工艺[J]. 食品工业科技, 2015, 36(3): 204-208, 213.
LI Mingjuan, ZHANG Yayuan, YOU Xiangrong, et al. Study on processing technology of bananas biscuits[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(3): 204-208, 213.
- [18] 赵金梅, 邢灵英, 苑广静, 等. 马铃薯全粉对酥性饼干风味及消化特性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(1): 218-226.
ZHAO Jinmei, XING Lingying, YUAN Guangjing, et al. Effects of adding potato granules on the quality and digestibility of crisp biscuits[J]. Food and Fermentation Industries, 2022, 48(1): 218-226.
- [19] 邓凯波, 黄雅萍, 屠颖晶, 等. 银耳酥性饼干的工艺优化及消化特性评价[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(19): 79-85.
DENG Kaibo, HUANG Yaping, TU Yingjing, et al. Process optimization and digestive characteristics evaluation of tremella crispy biscuits[J]. Food Research and Development, 2018, 39(19): 79-85.
- [20] MORIYAC, HOSOYAT, AGAWAS, et al. New acylated anthocyanins from purple yam and their antioxidant activity[J]. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 2015, 79(9): 1484-1492.
- [21] 李慧, 林勇, 高田毅, 等. 马铃薯小麦混合粉饼干的工艺优化[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(12): 112-116.
LI Hui, LIN Yong, GAO Tianyi, et al. Process optimization of potato and wheat mixed flour biscuits[J]. Cereals & Oils, 2021, 34(12): 112-116.
- [22] 张武君, 刘保财, 陈菁瑛, 等. 17 个紫山药地方品种的品质比较与评价[J]. 亚热带农业研究, 2021, 17(4): 231-237.
ZHANG Wujun, LIU Baocai, CHEN Jingying, et al. Comparison and evaluation on the quality of 17 local varieties of purple yam[J]. Subtropical Agriculture Research, 2021, 17(4): 231-237.
- [23] 任长忠, 闫金婷, 董锐, 等. 燕麦营养成分、功能特性及其产品的研究进展[J]. 食品工业科技, 2022, 43(12): 438-446.
REN Changzhong, YAN Jinting, DONG Rui, et al. Research progress on oat nutrients, functional properties and related products[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(12): 438-446.
- [24] 贾彦杰, 申飞, 钱志伟, 等. 添加杂粮粉改善面包品质及营养特性分析[J]. 现代食品科技, 2020, 36(12): 204-212.
JIA Yanjie, SHEN Fei, QIAN Zhiwei, et al. Analysis on improving bread quality and nutritional characteristics by adding coarse grain powder[J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(12): 204-212.

加工编辑:姚骏

收稿日期:2022-03-20