

适合糖尿病患者食用的高粱 山药馒头研发

徐雪娣^{1,2}, 关倩倩^{1,5}, 李 宁³, 杜方岭¹, 张华文⁴, 徐志祥², 徐同成¹

- (1. 山东省农业科学院 农产品研究所/山东省农产品精深加工技术重点实验室, 山东 济南 250100;
2. 山东农业大学 食品科学与工程学院, 山东 泰安 271018;
3. 山东省农业科学院, 山东 济南 250100; 4. 山东省农业科学院作物研究所, 山东 济南 250100;
5. 扬州大学 旅游烹饪学院, 江苏 扬州 225127)

摘要: 山药中富含山药多糖, 对糖尿病患者有一定的血糖调节功效。基于先前研究的适用糖尿病患者食用的低血糖生成指数馒头, 在原有以高粱粉、小麦粉为原料的基础上进行了改进, 加入了鲜山药浆, 并对配方进行调整和优化。最终得到高粱山药馒头的最佳配比为: 高粱粉 35.15%、小麦粉 35.15%、谷朊粉 5.95%、山药泥 23.75%、抗氧化剂(维生素 C) 100 mg/kg、 α -淀粉酶 30 mg/kg、CMC-Na 0.08%、黄原胶 0.3% 和酵母 0.6%。经测定, 该高粱馒头的血糖生成指数为 54.98, 属低血糖生成指数水平, 适合糖尿病患者在日常饮食中食用。

关键词: 低血糖生成指数; 山药; 馒头; 配方优化

中图分类号: TS 213.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7561(2017)06-0005-05

Study on sorghum yam steamed bread for diabetics

XU Xue-di^{1,2}, GUAN Qian-qian^{1,5}, LI Ning³, DU Fang-ling¹, ZHANG Hua-wen⁴,
XU Zhi-xiang², XU Tong-cheng¹

- (1. Key Laboratory of Agricultural Products Deep Processing Technology of Shandong Province, Agricultural Products Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan Shandong 250100;
2. College of Food Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an Shandong 271018;
3. Shandong Academy of Agricultural Science, Jinan Shandong 250100;
4. Crop Research Institute, Shandong Academy of Agricultural Science, Jinan Shandong 250100;
5. School of Tourism and Culinary Science, Yangzhou University, Yangzhou Jiangsu 225127)

Abstract: Yam is rich in yam polysaccharides, which has a certain regulation efficacy on blood sugar for diabetes patients. Based on the previously study of the low glycemic index steamed bread for diabetes patients, the formula was adjusted and optimized with addition of fresh yam pulp. The best ratio of the steamed bread was: sorghum powder 31.35%, wheat flour 31.35%, wheat gluten 5.95%, yam pulp 23.75%, antioxidant (vitamin C) 100 mg/kg, α -amylase 30 mg/kg, CMC-Na 0.08%, xanthan gum 0.3% and yeast 0.6%. After detecting, the glycemic index was 54.98, which showed that this kind of steamed bread is in low GI and suitable for diabetics in daily.

Key words: low glycemic index; yam; steamed bread; formulation optimization

糖尿病(Diabetes mellitus, DM)是以胰岛素分泌缺陷或其生物作用受损而引发的高血糖为特征的代谢性疾病。目前尚无根治糖尿病的方法, 但通过

多种治疗手段可以控制好糖尿病, 其中, 饮食是糖尿病治疗的基础, 部分轻型糖尿病患者用饮食治疗就可控制病情。

高粱营养丰富, 含有人体所需的多种营养成分, 其中最主要的营养成分是碳水化合物。与大米、小麦、玉米等谷物相比, 高粱中抗性淀粉含量高。抗性淀粉属于低热食品, 是糖尿病患者和肥胖

收稿日期: 2017-06-05

基金项目: 山东省科技重大专项(产业转型升级)项目(2015ZDZX05005);
山东省农业科学院农业科技创新工程(CXGC2016B16)

作者简介: 徐雪娣, 1993年出生, 女, 硕士研究生。

通讯作者: 徐同成, 1980年出生, 男, 副研究员。

患者理想的食品^[1-2]。但是高粱表皮中含有单宁抗营养因子,会降低高粱的营养价值及高粱产品的口感,限制了高粱在食品加工方面的应用^[3-5]。虽然已有人曾研究过高粱馒头的配方,但由于高粱粉添加量少,无法显著降低馒头的血糖生成指数(GI),并不适合糖尿病人食用^[6-7]。使用脱皮高粱磨粉和小麦粉为原料制成的馒头,在外观和口感上更加接近于普通馒头,其GI值也明显低于普通馒头,更加适合糖尿病人食用。

山药作为药食同源食物,山药中多糖含量约为2.15%~2.92%,研究表明其对糖尿病患者有一定调节血糖的功效^[8]。张家瑜研究发现山药多糖不仅可以保护和修复胰岛细胞,同时还能够降低血清中的胰高血糖素水平,从而抑制了糖尿病可能的发病机制^[9]。王淑静^[10]发现山药多糖的降血糖活性与山药多糖的浓度呈正相关。王淑静还发现山药多糖可以有效地清除氧自由基,能够延缓糖尿病并发症,提高糖尿病患者自身的抗氧化能力。本实验通过向原有的低GI馒头配方中加入山药,研究对低GI馒头营养特性及感官特性的影响,确定最佳配方。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

特一粉:德州巨嘴鸟工贸有限公司;高粱(济梁一号);山药:山东邹平细毛山药销售部;谷朊粉:滨州中裕食品有限公司; α -淀粉酶:山东隆科特酶制剂有限公司;羧甲基纤维素钠(CMC-Na)、黄原胶(食用级):河南万顺化工有限公司;维生素C:河南百福食品添加剂有限公司;高活性干酵母:安琪酵母股份有限公司;葡萄糖粉:福州海王福药制药有限公司。

1.2 仪器与设备

HZF-ASOO 电子天平:福州华志科学仪器有限公司;多功能拌粉和面机:深圳市牧人电器五金制品有限公司;发酵箱:广州双俊马厨具有限公司;蒸锅:佛山市宇帆贸易有限公司;DHG-9003BS 鼓风干燥箱:南京先欧仪器公司;TYT350 型脱皮机:山东曲阜天阳机械制造公司;高速组织捣碎机:上海标本模型厂制造;轧面机:山东银鹰炊事机械有限公司;面包体积测定仪:杭州大吉光电仪器有限公司;

司;TA-XT2i 型物性测试仪:英国 Stable Micro Systems 公司。

1.3 实验方法

1.3.1 高粱粉制备

工艺流程:高粱筛选→润湿→脱皮→清洗→烘干→磨粉。

工艺要点:筛选时将高粱中的杂质去除;浸润表皮,目的是将高粱表皮软化,易于脱皮;然后放入脱皮机内脱皮;清洗脱皮高粱粒,烘干、磨粉备用。

1.3.2 山药浆制备

工艺流程:山药→洗净→去皮→切块→护色→打浆。

工艺要点:山药洗净去皮后,切块并加入维生素C,加入山药质量10%的水,进行打浆。

1.3.3 馒头制作

工艺流程:称粉→混匀→和面→一次发酵→压面→分割→整形→二次发酵→蒸制→冷却。

工艺要点:每组混合粉做2份平行,每份100g;称取100g混合粉置于厨师机中,加入适量水。慢速搅拌3min,快速搅拌10min,至面团表面光滑;将面团置于醒发箱(温度 $37\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度80%~90%)中发酵1h;取出面团于压片机上压片10次赶气;将面团分割成2份,手揉成型;放入醒发箱中醒发(温度 $37\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度80%~90%)中发酵30min;放入沸腾的蒸锅上蒸制30min,关火2min后揭开锅盖,馒头盖上纱布在常温下冷却1h后进行相关品质分析。

1.3.4 质构特性测定

馒头的质构特性普遍使用物性测试仪(TPA)进行测试。取室温冷却1h的馒头,切成25mm厚片,置于柱形探头正下方的测试台上进行分析,每组样品重复3次,取其平均值。

质构仪参数设定:探头为P/36R压盘式探头;操作模式为压力测定;探头高度30mm;测试压缩比(压缩程度)55%;测试前速率2.0mm/s;测试速率1.0mm/s;测试后速率1.0mm/s;感应力为Auto-5g;两次压缩时间间隔5s^[12-13]。

质构特性测定可以得出硬度(Hardness)、弹性(Springiness)、粘聚性(Cohesiveness)、胶着度(Adhesiveness)、咀嚼度(Chewiness)和回复性(Resili-

ence)等参数。硬度和咀嚼度值越大,表示馒头越硬,口感越差;弹性值越大,表示馒头口感越好,越有嚼劲;回复性能很好反映馒头在贮存过程中孔结构的变化情况,并直观反映其弹性的变化。

1.3.5 馒头感官评价方法^[14-15]

馒头感官评价按表2评分标准进行打分,每个馒头样品去掉最高分与最低分,剩余取平均值作为感官评分结果。

表1 馒头感官评分标准

项目	满分	评分标准
比容	20	按照2.4.3的方法进行测定和计算比容;2.30 mL/g为满分,每少0.1扣1分
外观形状	15	表面光滑,形状对称;12.1~15分;中等:9.1~12分;表皮粗糙;有硬块,形状不对称;1~9分。
色泽	10	淡淡的棕红色;8.1~10分;中等:6.1~8分;发暗或过浅;1~6分;
结构	15	纵剖面气孔小而均匀;12.1~15分;中等:9.1~12分;气孔大而不均匀或过于紧凑结构;1~9分;
弹性	15	用手按压后复原性好,有咬劲;12.1~15分;中等:9.1~12分;复原性、咬劲均较差;1~9分;
口感	20	咀嚼时爽口不粘牙;12.1~15分;中等:9.1~12分;咀嚼不爽口,发粘;1~9分;
气味	5	有高粱香味,无异味;4.1~5分;中等:3.1~4分;有异味;1~3分
合计	100	

1.3.6 血糖生成指数测定^[16]

选择10名健康学生作为受试对象,年龄20~26岁,身体质量指数18.5~23.9 kg/m²。均无代谢性疾病,无糖尿病家族史和其他代谢病。

1.3.6.1 口服葡萄糖耐受实验

受试对象禁食10h后空腹测定血糖值,选用纯葡萄糖粉(每人50g)作为参照物,溶于200mL温水后5min内饮用完成,分别15、30、45、60、90、120min时测试血糖值。

1.3.6.2 食物血糖耐受实验

葡萄糖耐量合格者参加食物血糖耐受实验。受试者测定完空腹血糖值后,食用以50g干粉为原料制成的馒头,5min内食用完并分别在进食后15、30、45、60、90、120min时测试血糖值。

1.3.6.3 GI值计算

以时间为横坐标,各时间点的血糖值为纵坐标,制作血糖应答曲线。计算血糖应答曲线下升高

的面积(AUG),再计算食物GI值。

GI = 食物餐后2h血糖应答曲线下面积

$$GI = \frac{\text{食物餐后2h血糖应答曲线下面积}}{50\text{g纯葡萄糖粉餐后2h血糖应答曲线下面积}} \times 100$$

1.3.7 实验设计

考察山药泥添加量(以干物质计)分别为4%、6%、8%、10%、12%,维生素C的添加量分别为60、80、100、120、140 mg/kg和水分添加量分别为30%、32%、34%、36%、38%的单因素实验结果。在此基础上,选定山药、维生素C和水分添加量3个因素做正交实验,确定山药的最佳添加量,进一步改进低GI馒头的配方。

2 结果与分析

2.1 单因素实验结果

2.1.1 低GI馒头中山药添加量确定

不同山药添加量对低GI馒头的感官得分、比容和硬度影响的柱形图如图1所示。由图1可知,随着山药添加量的增加,馒头感官得分呈先增大后减小的趋势,在山药添加量为8%时达到最大值,从图2中可以看出,馒头比容随着山药添加比例的增大,呈现出下降的趋势,与之相对应的是低GI馒头应符

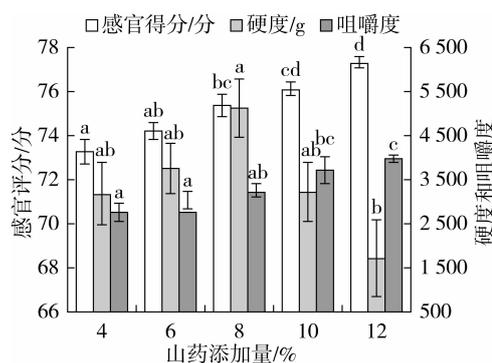


图1 山药添加量对低GI馒头品质的影响

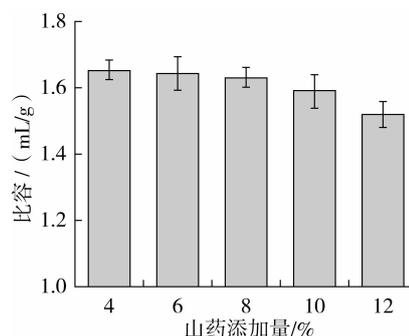


图2 山药添加量对低GI馒头比容的影响

合咀嚼度随之增大。因此,根据感官得分可以确定山药添加量为8%时为最佳添加量,根据山药含水量的测定结果为71.46%,则添加鲜山药浆含量为28.03%。

2.1.2 低GI馒头中维生素C添加量确定

山药打成浆后很容易发生褐变,在一定程度上会影响馒头的感官品质,因此添加一定量维生素C进一步改善馒头品质。图3是不同维生素C添加量低GI馒头品质的柱形图。由图3可以看出,随着维生素C添加量的增加,低GI馒头的感官得分呈先增加后降低趋势,与图21中低GI馒头的比容的趋势相近;随着维生素C添加量的增加,低GI馒头的硬度而呈现减小的趋势。作为小麦粉改良剂,维生素C的添加可以增加低GI馒头的体积和面团的弹性,随着低GI馒头体积的增大,馒头内部的孔隙增大,硬度和咀嚼度随之降低,与袁艳花等人的研究结果一致^[16]。

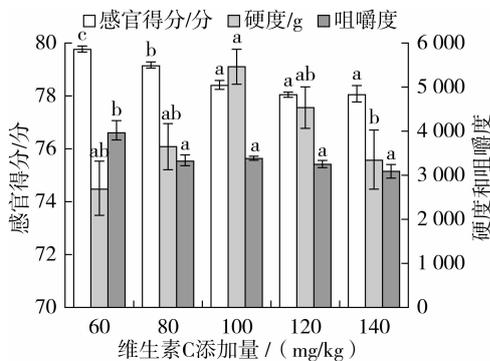


图3 维生素C添加量对低GI馒头品质的影响

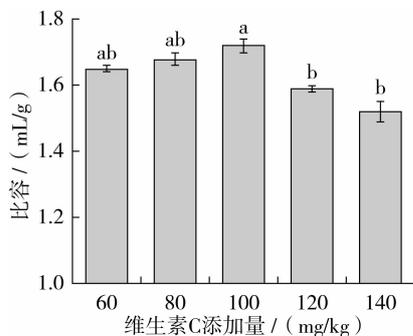


图4 维生素C添加量对低GI馒头比容的影响

2.1.3 低GI馒头中水分添加量确定

图5分别为不同水分添加量对低GI馒头品质影响的柱形图。由图5可知,随着水分添加量的增加,低GI馒头的硬度值逐渐减小,咀嚼度也呈现下降的趋势。根据图6所示,低GI馒头的比容在水分

添加量在34%~38%范围较稳定,变化不大。随着水分添加量的增加,馒头的感官得分呈先增大后减小趋势,在水分添加量为34%时感官评价为最佳。综合考虑,在水分添加量为34%时为最佳。

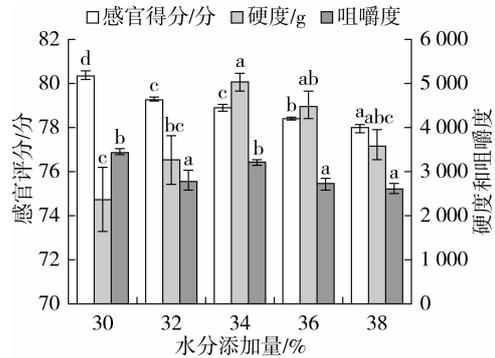


图5 水分添加量对低GI馒头品质的影响

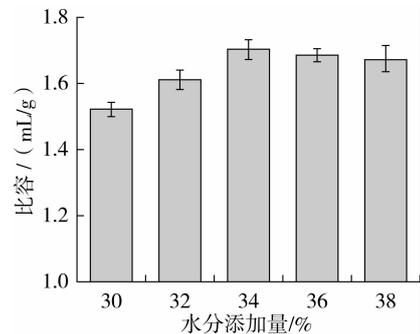


图6 水分添加量对低GI馒头比容的影响

2.2 低GI馒头3因素正交实验结果

在单因素实验基础上,选定山药添加量、维生素C添加量和水分添加量3个因素做正交实验,确定山药的最佳添加量,进一步改进低GI馒头的配方。正交实验因素水平表如表2所示。

表2 正交实验因素水平

水平	因素		
	A 山药添加量/%	B VC/(mg/kg)	C 水分/%
1	6	80	32
2	8	100	34
3	10	120	36

低GI馒头正交结果如表3所示。由表3可知,影响馒头感官评分的因素主次顺序是A>C>B,即山药添加量>水分添加量>维生素C。各因素的最佳组合是A₂B₂C₃,即山药添加量28.03%、水分添加量36%、维生素C 100 mg/kg。按照此组合进行验证实验,得到馒头感官评分为83.67分。

表3 馒头配方正交实验方案及结果

实验号	A 山药添加量/%	BVC / (mg/kg)	C 水分 /%	感官评分 /分
1	1(6)	1(80)	1(32)	76.05
2	1(6)	2(100)	2(34)	77.75
3	1(6)	3(120)	3(36)	79.22
4	2(8)	1(80)	2(34)	80.89
5	2(8)	2(100)	3(36)	82.07
6	2(8)	3(120)	1(32)	80.82
7	3(10)	1(80)	3(36)	79.94
8	3(10)	2(100)	1(32)	78.49
9	3(10)	3(120)	2(34)	76.73
k1	77.67	78.96	78.45	
k2	81.26	79.44	78.46	
k3	78.39	78.92	80.41	
R	3.59	0.52	1.95	

表4 馒头配方验证实验方案及结果

实验号	A 山药添加量/%	BVC / (mg/kg)	C 水分 /%	感官评分 /分
1	2(8)	2(100)	3(36)	84.32
2	2(8)	2(100)	3(36)	83.02

2.3 高粱山药馒头 GI 值测定

葡萄糖在进食 15~30 min 内达到峰值,此时血糖浓度约为 9.20 mmol/L,低 GI 馒头在 30~50 min 左右达到峰值,此时血糖浓度约为 7.40 mmol/L,由此可见,当食用低 GI 馒头时血液中血糖浓度达到峰值的时间与食用纯葡萄糖相比明显推后,且峰值显著低于葡萄糖的峰值。通过计算得出,低 GI 馒头的 GI 值为 54.98。在 GI>75 的食物为高 GI 食物,GI≤55 的食物为低 GI 食物^[18]。由此可见,低 GI 馒头属于低 GI 值水平,适合糖尿病患者食用。

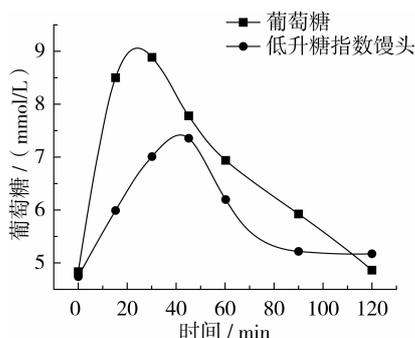


图7 受试食物餐后 2 h 血糖应答曲线

3 结论

山药中富含山药多糖,对糖尿病患者有一定的调节血糖的功效。研究了不同的山药添加量、维生

素 C 添加量和加水量对高粱山药馒头的影 响,通过单因素和正交实验确定了低 GI 高粱馒头的最佳配方为:高粱粉 35.15%、小麦粉 35.15%、谷朊粉 5.95%、山药泥 23.75%、抗氧化剂(维生素 C) 100 mg/kg、α-淀粉酶 30 mg/kg、CMC-Na 0.08%、黄原胶 0.3% 和酵母 0.6%。经测定,高粱馒头的血糖生成指数为 54.98,属低 GI 值水平,适合糖尿病患者日常食用。

参考文献:

[1]张若辰. 高粱中抗性淀粉的研究[D]. 齐鲁工业大学,2014.

[2]寇兴凯,徐同成,宗爱珍,等. 高粱的营养价值以及应用现状[J]. 安徽农业科学,2015,21:271-273.

[3]于子君,纪淑娟. 抗性淀粉的研究进展[J]. 农业科技与装备,2010(5):14-17.

[4]寇兴凯,徐同成,宗爱珍,等. 高粱营养及其制品研究进展[J]. 粮食与饲料工业,2015(12):45-48.

[5]Kamal M A,王凤,贾春利,等. 高粱-小麦粉复合面包面团发酵流变学与烘焙特性(英文)[J]. 食品与机械,2013,29(1):1-8.

[6]石晓,浮吟梅. 高粱馒头工艺与品质研究[J]. 粮食与食品工业,2006(4):13-16-24.

[7]王岩. 玉米高粱馒头的研制[J]. 粮食与饲料工业,2008(11):18-19.

[8]凌关庭. 保健食品原料手册[M]. 北京:化学工业出版社,2002:97-98.

[9]张家瑜. 2型糖尿病药食同源营养干预研究[D]. 北京协和医学院,2016.

[10]王淑静. 山药多糖对 2 型糖尿病患者降糖脂作用的实验研究[J]. 山东工业技术,2016,24:236-237.

[11]汪磊,李飞,朱波,等. 藜麦馒头配方研究[J]. 中国粮油学报,2013(1):27-30.

[12]孙彩玲,田纪春,张永祥. TPA 质构分析模式在食品研究中的应用[J]. 实验科学与技术,2007(2):1-4.

[13]魏跃胜,李茂顺,易中新. 质构剖面分析与感官评定的相关性分析[J]. 食品研究与开发,2016,24:34-37.

[14]马永强,韩春然,刘静波. 食品感官检验[M]. 北京:化学工业出版社. 2014:101-103

[15]刘娟,郝丹丹,安阳,等. 不同配方米饭血糖生成指数和血糖负荷的测评[J]. 临床医药实践,2015(6):403-406.

[16]杨其林,陈海峰,罗晓影,等. 维生素 C 对面团特性影响研究[J]. 粮食与油脂,2007(12):24-26.

[17]裴艳花,刘长虹,黄松伟,张新奎. 维生素 C 对馒头品质影响的研究[J]. 粮食科技与经济,2010(6):43-44.

[18]衣杰荣,姚惠源. 低血糖指数食品的研究进展[J]. 粮食与饲料工业,2001,13(4):41-43.