南瓜粉对挤压米膳食血糖指数及品质的影响

李 卢[1]， 刘震远[1]， 李喜宏*[1]， 李 聪[2]， 宋建新[1]， 李悦明[2]

（1. 天津科技大学 食品科学与工程学院/食品营养与安全国家重点实验室，天津 300457；2. 长融汇通（天津）食品科技研发有限公司，天津 300457）

摘要： 针对稻米中可溶性碳水化合物含量高，食用后极易引起血糖升高，不适于糖尿病患者食用等问题。作者以燕麦粉、马铃薯全粉等为主要原料，研制一款适合糖尿病人的食疗挤压米。结果表明：南瓜粉添加量为质量分数 15%时，体外消化实验血糖指数最低，GI 值为 68.36；扫描电镜观测到其截面平整，结构紧密；蒸煮后测其加热吸水率、膨胀率分别高至 191.35%、266.67%，米汤可溶性固形物质量分数仅为 26.042 mg/g；质构特性良好，米粒饱满，感官评分最高。

关键词： 挤压米；南瓜粉；降血糖；质构特性；扫描电镜

中图分类号：TS 213.3　**文章编号：**1673-1689(2021)11-0039-07　**DOI：**10.3969/j.issn. 1673-1689.2021.11.005

Contribution of Pumpkin Powder Addition on Dietary Glycemic Index and Quality of Fresh Extruded Rice

LI Lu[1]， *LIU Zhenyuan*[1]， *LI Xihong*[*1]， *LI Cong*[2]， *SONG Jianxin*[1]， *LI Yueming*[2]

(1. College of Food Science and Engineering/State Key Laboratory of Food Nutrition and Safety, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China; 2. Changrong Huitong (Tianjin) Food Science and Technology Research and Development Co., Ltd., Tianjin 300457, China)

Abstract: The high content of soluble carbohydrates in rice causes the blood sugar to rise quickly after eating, and thus rice is not suitable for diabetic patients. In this experiment, oat flour and potato whole powder were used as the main raw materials to develop a kind of fresh extruded rice (FER) suitable for diabetics. The results showed that the glycemic index of *in vitro* digestion experiment was the lowest and the GI value was 68.36 when the addition of pumpkin powder was 15%. The cross section was smooth and the structure was tight under scanning electron microscopy. After cooking, the heating water absorption rate and expansion rate were as high as 191.35% and 266.67%, respectively. The soluble solid content of rice soup was only 26.042 mg/g. The texture of FER was good, the grains were full and the sensory score was the highest.

Keywords: extruded rice, pumpkin powder, hypoglycemic, texture characteristics, scanning electron microscopy

收稿日期： 2020-05-30

基金项目： 国家“十三五”重点研发计划项目（2017YFD0401305）；国家创新方法工作专项（2017IM010800）。

* **通信作者：** 李喜宏（1960—），男，博士，教授，博士研究生导师，主要从事农产品加工与贮藏研究。E-mail：lixihong@tust.edu.cn

糖尿病是一种缓慢发展的代谢疾病,为减少发病率,需要从饮食习惯和药物治疗方面控制[1]。南瓜粉含有多糖、果胶、氨基酸、维生素及多种微量元素,是中老年人食用的理想食品[2]。研究发现,南瓜中铬元素和多糖可以增强胰岛素分泌[3],抑制醛糖还原酶活性[4],并通过小鼠实验证实其降血糖功效[5]。杨依婷等[6]研究发现喂食适当剂量的南瓜粉对患糖尿病小鼠的降血糖效果较好。

食疗挤压米也是当今研究难点,国内外研究主要有喷涂[7]、浸泡[8]、覆膜[9]等工艺,在后期的大米食用前处理过程中营养成分往往大量流失,因此从米粒内部结构组成研究挤压米显得尤为重要,利用淀粉之间的交联、蛋白质与淀粉结合以及分子熔融共挤机理可以提高产品品质,降低营养成分流失。

作者从挤压米原料组成进行营养搭配,具有稳定性强、营养价值高、工艺灵活简单等特点。以燕麦粉、马铃薯全粉为主料,辅以南瓜粉、谷朊粉等多种辅料,利用双螺杆挤压工艺生产不同南瓜粉添加量的食疗挤压米,测定膳食血糖升高指数,并对蒸煮品质、内部结构、感官等进行评定,选出品质较好的挤压米,为以后的食疗挤压米研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

大米粉、燕麦粉、马铃薯全粉、南瓜粉、谷朊粉:兴化市东奥食品有限公司产品。

南瓜粉加工方法:南瓜→清洗去皮→去芯切片(5~7 mm)→热风干燥 (60 ℃、8 h)→粉碎 (100 目筛)→南瓜粉

磷酸二氢钾、氢氧化钠、瓜儿豆胶、胰酶、DNS、酒石酸钾钠、麦芽糖:天津百奥泰科技发展有限公司产品。

1.2 仪器与设备

SLG32-Ⅱ双螺杆挤压熟化机:济南盛润机械有限公司产品;TA-XT plus 质构仪: 英国 StableMicro Systems 公司产品;HITACHIS-3000N 扫描电子显微镜:日本日立公司产品;LDS-1G 讯田谷物水分测定仪:天津瞭望光电科技有限公司产品;SBC-12 小型离子溅射仪:北京中科科仪股份有限公司产品。

1.3 方法

工艺流程:原料→拌料→过筛→双螺杆挤压熟化→热风干燥→测水分→成品

原料:实验以大米粉、燕麦粉、马铃薯全粉、谷朊粉为原料, 南瓜粉添加量依次为质量分数 5%、10%、15%、20%、25%, 其他原料按 2:3:3:1 的质量配比。

拌料:将上述粉剂混合均匀,加入 20%~23%的纯净水,充分搅拌。

过筛:湿物料混匀后过 60 目筛,投入挤压设备进料舱。

挤压熟化参数:进料区温度 80 ℃,熟化区温度 110 ℃,出料区温度 90 ℃,喂料控制频率 6 Hz,主轴控制频率 17 Hz,切断控制频率 32 Hz。

干燥:采用 60 ℃恒温箱干燥。

水分测定:样品每隔半小时取样测一次水分质量分数, 当水分质量分数在 12%~14%时取出冷却测定各种指标。

1.4 测定指标

1.4.1 体外消化 可利用碳水化合物水解率及水解指数的测定:参照文献[10]进行。

$$水解率(\%)=\frac{M_t\times 0.95}{1\ 000}\times 100\% \quad (1)$$

$$水解指数(HI)=\frac{A_0}{A}\times 100\% \quad (2)$$

$$血糖指数(GI)=39.71+0.549HI(相关系数\ r=0.894) \quad (3)$$

式中:M_t 为可利用碳水化合物水解 t 时间后释放的麦芽糖含量,mg;A_0 为不同样品在 0~180 min 期间可利用碳水化合物水解曲线下的面积;A 为参照样品在 0~180 min 期间可利用碳水化合物水解曲线下的面积。

1.4.2 内部结构的测定 选取大小均匀的挤压米,用手掰去头部和尾部,剩余中间厚度约 2 mm,每一样品选取 3 份断层较平整的米粒中间部分,在溅射仪载板上固定、编号,真空镀金 60 s 后用电镜扫描,观察挤压米横截面内部结构。

1.4.3 质构的测定 挤压米蒸煮冷却 1 h 后用镊子选取颗粒饱满,大小均匀的米粒,每一样品取 3 粒,放入密封袋编号进行质构测定,测其硬度、弹性、黏聚性、胶着度、咀嚼度和回复性指标。质构参数为:探头类型 P/36R, 测前速度 2.00 mm/s, 测试速度 1.00 mm/s,测后速度 1.00 mm/s,触发值 5.0 g,压缩程度 60.0%,压缩时间间隔 5.00 s。

1.4.4 蒸煮品质的测定 膨胀率、吸水率、可溶性固形物含量测定:参照阮少兰等的方法[11]。

1.4.5　感官评价　挤压米与水采用质量比 2:1，蒸煮 15 min，保温 10 min。挑选 10 名食品专业人士对米饭气味、外观、适口性、滋味和冷饭质地进行感官评价，每个样品重复 3 次，取平均值，品尝前后用 37 ℃纯净水漱口。参照 GB/T 15682—2008 制定感官评分标准[12]，并作修改。最终得分情况：50 分以下很差，51~60 差，61~70 一般，71~80 较好，81~90 好，90 分以上优，见表 1。

表 1　感官评价评分规则及分值表

Table 1　Sensory evaluation scoring rules and scores

评定项目	评定标准	分值
气味 20 分	南瓜香浓郁	15~20
	有南瓜香但不明显	10~15
	没有南瓜香甚至有其他异味	0~10
外观结构 20 分	颜色金黄有光泽，结构紧密	13~20
	颜色发暗，部分结构紧密	7~12
	颜色发灰无光泽，饭粒爆花	0~6
适口性 30 分	软硬适中，有嚼劲	20~30
	偏软，无嚼劲	10~19
	很软，无嚼劲	0~9
滋味 25 分	咀嚼时有甜味	18~25
	咀嚼时有甜味并夹杂其他气味	9~17
	咀嚼时无甜味	0~8
冷饭质地 5 分	质地松散，黏弹性好，软硬适中	4~5
	质地较硬，黏弹性较差	2~3
	米粒结团，黏弹性差，较硬	0~1

1.4.6　数据分析　利用 Origin94 软件对试验数据进行图表绘制，IBM SPSS13.0 进行差异性分析。

2 结果与分析

2.1 南瓜粉对挤压米膳食血糖指数的影响

THIRANUSORNKIJ 等发现血糖指数(GI)与水解指数(HI)存在如下关系[10]：GI=39.71+0.549HI，因此通过体外消化实验测定 HI 值可初步反映人体胃肠道消化后血糖指数变化情况。图 1 为消化 3 h 麦芽糖释放量曲线，0~30 min 曲线斜率较大，说明 GI 值变化较快，30 min 后曲线逐渐平稳，说明胰酶活性达到最大。由表 2 可以看出，南瓜粉添加量对血糖指数有影响，随着南瓜粉添加量的增加，血糖指数先降低后升高。当南瓜粉添加量为 15%时，GI 低至 68.36，可能因为南瓜粉中的大量果胶在消化过程中形成胶状物质，包埋挤压米中的糊精[13]，胰酶作用底物浓度降低，导致 GI 降低。当添加量高于质量分数 15%时，随着南瓜粉比例增大，GI 缓慢升高，此时南瓜粉中的裸露的可溶性碳水化合物参与消化过程，引起 GI 增大。当南瓜粉添加量质量分数低于 15%时，南瓜粉活性物质量少没有充分发挥抑制血糖升高作用，这与杨依婷等的实验结果一致[6]。

表 2　南瓜粉添加量对挤压米膳食血糖指数的影响

Table 2　Effect of pumpkin powder addition on dietary glycemic index of FER

血糖指数	南瓜粉质量分数/%				
	5	10	15	20	25
HI	55.14	54.88	52.18	55.99	57.74
GI	69.98	69.84	68.36	70.45	71.41

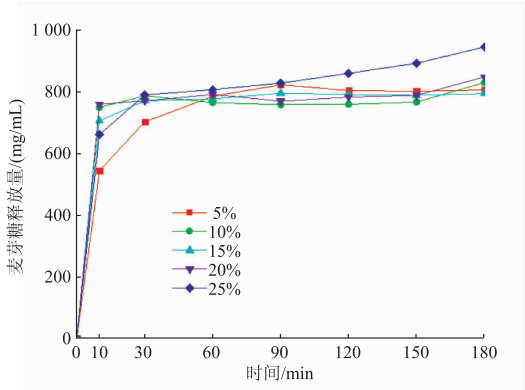


图 1　南瓜粉质量分数对挤压米膳食血糖指数的影响

Fig. 1　Effect of pumpkin powder addition on dietary glycemic index of FER

2.2 南瓜粉对挤压米内部结构的影响

图 2 为不同南瓜粉添加量的挤压米横截面放大 1 000 倍扫描电镜图。随着南瓜粉添加量的增多，裂痕依次增多，组织由致密变疏松。添加量为质量分数 15%时，横截面较平整，组织紧密性适中，有少量浅痕，此时挤压大米的内部结构良好。添加量低于质量分数 15%时，米粒内部过于紧密，致使加热吸水率和膨胀率降低，不利于消化吸收；添加量高于质量分数 15%时，米粒内部松散，截面凹凸不平，易溃败，黏度大，口感差。当南瓜粉添加量为质量分数 5%时，横截面有孔眼，可能是组织过于紧密，水分子被迫汇聚，在高温挤压状态下，气态水分子突破米粒表面形成的小通道[14]。添加量为质量分数 25%时，横截面粗糙不平，大面积出现裂痕，是因为南瓜粉添加量过多，使挤压米组织分散，在挤压膨化过程中水分子由米粒内部急剧迁移到表面引起的消极反应[15]。

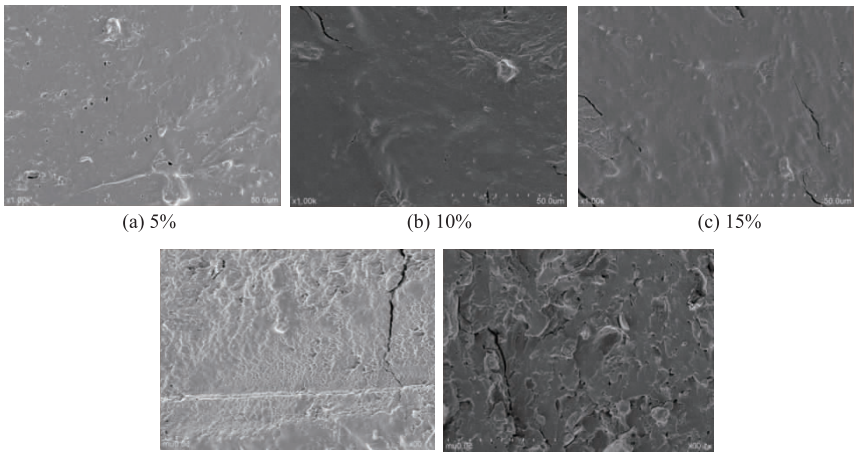


图 2　南瓜粉质量分数对挤压米内部结构的影响

Fig. 2　Effect of pumpkin powder addition on the internal structure of FER

2.3　南瓜粉对挤压米质构品质的影响

质构测定是模拟人对食品进行感官分析检验中的力学过程,对食品的物性概念做出数据化的客观表述[16]。由表 3 可以看出:随着南瓜粉添加量增加,硬度、胶着度、咀嚼度指标变化较大,且呈现先升高后降低再升高的趋势。当南瓜粉添加量为质量分数 25%时,上述 3 种指标均达到最高值,可能是因为南瓜粉中含有的大分子蛋白质和果胶类物质在挤压和高温的作用下形成多个结构凝胶[17],使其内部组织结构极不均匀,蒸煮过程中,水分子只进入大米表层和凝胶间隙,对米粒整体质构特性影响较小。其他 4 种样品中添加量为质量分数 15%的大米,各项指标居高峰,由差异性分析得出:添加量质量分数为 15%与 5%的挤压米弹性指标差异显著(P<0.05),与质量分数 10%添加量回复性指标差异不显著(P>0.05),与质量分数 20%添加量除回复性外其他指标均差异显著(P<0.05),综合以上得出南瓜粉添加量为质量分数 15%时,挤压米的质构品质较好。

表 3　南瓜粉质量分数对挤压米质构的影响

Table 3　Effect of pumpkin powder addition on the texture of FER

添加量质量分数/%	硬度/g	弹性/mm	粘聚性/(g·s)	胶着度/g	咀嚼度/g	回复性/(g·s)
5	861.454±28.079^{d}	0.998±0.071^{a}	0.828±0.021^{a}	713.112±5.762^{e}	711.360±7.696^{d}	0.314±0.007^{b}
10	1415.531±18.091^{b}	0.793±0.014^{e}	0.712±0.014^{b}	1007.356±9.970^{c}	799.287±10.490^{c}	0.348±0.049^{a}
15	1487.346±2.825^{b}	0.912±0.035^{b}	0.780±0.085^{a}	1160.177±9.904^{b}	1057.534±1.482^{b}	0.344±0.007^{a}
20	1030.716±15.344^{c}	0.871±0.056^{c}	0.739±0.040^{b}	761.775±11.886^{d}	663.866±0.697^{e}	0.320±0.064^{ab}
25	2541.640±24.500^{a}	0.859±0.056^{d}	0.720±0.177^{b}	1830.717±25.456^{a}	1572.072±12.653^{a}	0.330±0.019^{ab}

注:同一列的相同字母表示在 P=0.05 水平差异不显著,不同字母表示差异显著。

由表 4 可见,南瓜粉添加量与挤压米质构指标成正相关,且南瓜粉添加量对硬度影响最大,相关系数为 0.516;胶着度、咀嚼度次之,对回复性的影响最小,相关系数为 0.002。

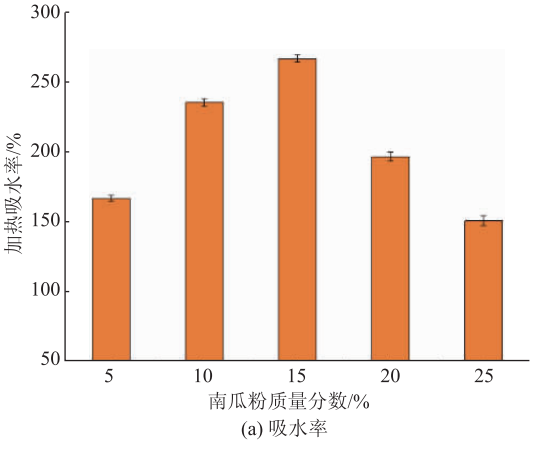
表 4　挤压米内部结构相关性分析

Table 4　Correlation analysis of internal structure of FER

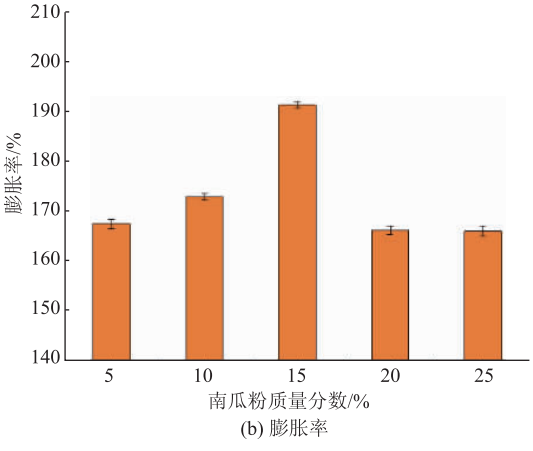
硬度/g	弹性/mm	粘聚性/(g·s)	胶着度/g	咀嚼度/g	回复性/(g·s)
0.516	0.175	0.385	0.489	0.450	0.002

2.4　南瓜粉对挤压米蒸煮品质的影响

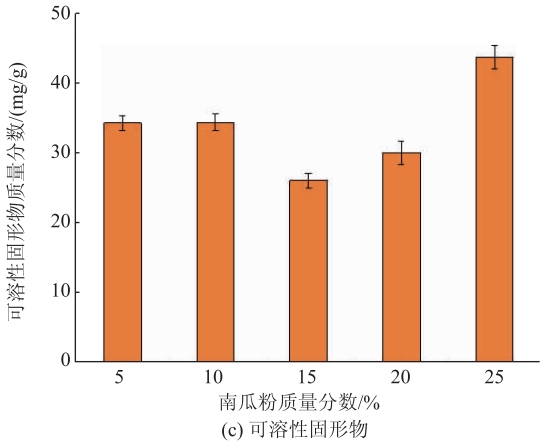
膨胀率、加热吸水率越高，可溶性固形物越少，挤压米的品质越好[18]。由图 3 可见，随着南瓜粉添加量的增加，膨胀率和加热吸水率先上升后下降，可溶性固形物先下降后上升。当南瓜粉添加量为质量分数 25%时，米饭的加热吸水率和膨胀率最低，分别为 150.69%、165.94%，米汤可溶性固形物质量分数最高，为 43.75 mg/g，此时挤压米品质最差。综合扫描电镜及质构结果，可得出其表层疏松易溃败，内部大分子结团，大小不一且排列不均匀。当添加量为质量分数 15%时，米饭的加热吸水率和膨胀率最高，分别为 266.67%、191.35%，米汤可溶性固形物质量分数最低，为 26.04 mg/g。此时，南瓜粉中的活性蛋白质分子填充到淀粉链中的数量最多，也可能是南瓜粉中的果胶在蒸煮过程中形成凝胶，使内部结构紧密。大分子物质及进入内部的水分被牢牢地锁在分子结构间，从而使加热吸水率和膨胀率增大，米汤可溶性固形物含量降低[19]。



(a) 吸水率



(b) 膨胀率



(c) 可溶性固形物

图 3　南瓜粉质量分数对挤压米蒸煮品质的影响

Fig. 3　Effect of pumpkin powder addition on cooking quality of FER

2.5　感官评价

感官评价在一定程度上反映挤压米的品质[20]。从表 5 可见，随着南瓜粉添加量的增加，大米的适口性和滋味变化明显，南瓜粉添加量为质量分数 5%时，外观极差，且米粒结团较硬；添加量为质量分数 10%和 20%时，呈金黄色，大米的气味、适口性等差别不大，相比较添加量为质量分数 20%的冷饭质地较硬，弹性差。添加量为质量分数 10%和 15%时，米粒有较好的外观和金黄色泽，弹性适中且有南瓜香味。当添加量为质量分数 25%时，米粒坍塌，冷饭粘连成片状，内有硬心。由显著性差异分析得出南瓜粉添加量为质量分数 15%与 5%的挤压米除气味外差异性显著（P<0.05），与添加量为质量分数 10%挤压米在外观结构和冷饭质地方面差异性显著（P<0.05），与添加量为质量分数 20%的挤压米仅在外观结构方面差异性显著（P<0.05），与添加量为质量分数 25%的挤压米在外观结构和适口性方面差异性显著（P<0.05），因此南瓜粉添加量为质量分数 15%时，可以获得较高品质。

2.6　稻谷米与挤压米对比分析

表 6 显示：南瓜粉添加量为质量分数 15%的挤压米与市售稻谷米各项指标差异性显著（P<0.05），体外消化实验测得其血糖指数显著低于稻谷米，可能南瓜粉与原料粉挤压过程中形成胶状物质，抑制血糖升高，这与胶着度数据显示结果一致；弹性、硬度、咀嚼度等质构指标高于市售稻谷米，可能因为挤压过程中发生分子重排，其品质得到改善；加热

吸水率和膨胀率较低,因为挤压过程中的高温破坏挤压米内部吸水性大分子,高压环境使挤压米组织结构紧密,不利于吸水膨胀;挤压米的米汤可溶性固形物质量分数是稻谷米的 1/3 倍,可能因为挤压米中活性蛋白较稻谷米多,形成活性蛋白–淀粉凝胶体系,牢牢锁住营养成分,使米汤固形物含量降低;感官评分两者处于同一等级,但挤压米分值稍低,可能因为品评员对大米有颜色抵触心理,导致评分略低。综合上述,该款米在功能性及品质方面均优于稻谷米,随着市场的普及,食疗挤压米将很快获得消费者喜爱。

表 5　感官评价得分表

Table 5　Sensory evaluation score table

质量分数/%	气味	外观结构	适口性	冷饭质地	滋味	总分
5	12.83±2.40^{b}	8.00±2.34^{c}	15.17±2.93^{c}	1.17±0.75^{c}	16.33±1.63^{c}	53.50
10	14.00±1.09^{ab}	12.67±1.51^{b}	19.67±2.50^{ab}	2.50±0.82^{bc}	19.83±2.50^{abc}	68.67
15	16.17±3.34^{ab}	14.00±2.10^{a}	23.00±2.19^{a}	3.83±0.75^{a}	21.00±2.19^{a}	78.00
20	14.50±2.81^{ab}	12.83±2.04^{b}	20.00±3.69^{ab}	2.33±0.82^{ab}	18.67±3.19^{ab}	68.33
25	16.33±0.82^{a}	10.50±2.17^{c}	17.17±2.79^{bc}	1.67±0.52^{ac}	17.17±2.56^{ab}	62.84

注:同一列的相同字母表示在 P=0.05 水平差异不显著,不同字母表示差异显著。

表 6　稻谷米与南瓜粉质量分数 15%的挤压米对比分析

Table 6　Comparison and analysis of rice and FER with 15% pumpkin powder

类别	血糖指数	硬度/g	弹性/mm	胶着度/g	咀嚼度/g	加热吸水率/%	膨胀率/%	可溶性固形物质量分数/(mg/m)	感官评分
稻谷米	93.45±0.71^{a}	1 094.47±5.94^{b}	0.26±0.02^{b}	932.80±6.99^{b}	263.17±1.49^{b}	302.00±1.15^{a}	207.33±2.03^{a}	83.33±0.88^{a}	80.86±0.89^{a}
挤压米	68.36±0.63^{b}	1 487.35±2.83^{a}	0.91±0.03^{a}	1 160.18±9.90^{a}	1 057.53±1.48^{a}	266.67±1.42^{b}	191.35±1.56^{b}	26.04±0.59^{b}	78.00±0.51^{b}

注:同一列的相同字母表示在 P=0.05 水平差异不显著,不同字母表示差异显著。

3 结　语

作者研究了南瓜粉添加量对挤压米膳食血糖指数及品质的影响,结果表明:南瓜粉添加量为质量分数 15%时,得到的食疗挤压米膳食血糖指数最低,为 68.36,横截面较平整,组织紧密性适中,有少量浅痕,各项质构指标适中,米饭的加热吸水率和膨胀率最高,米汤可溶性固形物含量最低,米粒有较好的完整性,呈金黄色泽,弹性适中且有浓厚的南瓜香味。该实验明确了南瓜粉添加量对挤压米的降血糖效果及食用品质的影响,但南瓜的品种以及成熟程度也可能对挤压米造成不同程度影响,需要进一步研究。

参考文献:

[1] KEILERS R K. A primary care approach to comprehensive care of patients with type 1 and type 2 diabetes mellitus[J]. **Journal of the American Osteopathic Association**,2003,103(8):3-7.

[2] 郭玉萍. 南瓜粉的加工工艺及特性研究[D]. 厦门:集美大学,2019.

[3] WANG S,LU A,ZHANGL,et al. Extraction and purification of pumpkin polysaccharides and their hypoglycemic effect[J]. **International Journal of Biological Macromolecules**,2017,98:182-187.

[4] 赵一秀,王烜,赵占义,等. 南瓜多糖特征官能团检测及其与抗蛋白质非酶糖基化关系的研究[J]. 哈尔滨医科大学学报,2013,47(2):122-125.

[5] LIU G,LIANG L,YU G,et al. Pumpkin polysaccharide modifies the gut microbiota during alleviation of type 2 diabetes in rats[J]. **International Journal of Biological Macromolecules**,2018,115:711-717.

[6] 杨依婷,程永安,郭晟,等. 富铬南瓜粉对四氧嘧啶糖尿病大鼠的降糖作用初报[J]. 陕西农业科学,2013,59(3):103-105.

[7] KYRITSI C，TZIA VT，KARATHANOS. Vitamin fortified rice grain using spraying and soaking methods[J]. **LWT–Food Science and Technology**，2010，44(1)：312-320.
[8] MRIDUAL D，POOJA J. Preparation of iron-fortified rice using edible coating materials[J]. **Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology**，2014，49(1)：246-252.
[9] 胡新星. 浅谈涂膜剂在食品保鲜中的应用[J]. 南方农业，2018，12(22)：77-79+82.
[10] THIRANUSORNKIJ L，THAMNARATHIP P，CHANDRACHAI A，et al. Comparative studies on physicochemical properties，starch hydrolysis，predicted glycemic index of Horn Mali rice and Riceberry rice flour and their applications in bread[J]. **Food Chemistry**，2019，283(JUN.15)：224-231.
[11] 阮少兰，毛广卿. 大米蒸煮品质的研究[J]. 粮食与饲料工业，2004(10)：25-26.
[12] GB/T 15682—2008. 稻谷、大米蒸煮食用品质感官评价方法[S]. 北京：中国标准出版社，2008.
[13] 杨凌辉. 南瓜粉治疗非胰岛素依赖型糖尿病 32 例[J]. 中国中西医结合杂志，1997(9)：569-570.
[14] 刘超，贺稚非，李雪，等. 谷物组成对挤压膨化产品品质的影响[J]. 食品与发酵工业，2019，45(24)：105-110.
[15] 马文静，张瑞，周荣雪，等. 膨化技术及其在谷物淀粉制品中的应用研究进展[J]. 食品工业，2018，39(11)：226-230.
[16] GAVAHIAN M，CHU Y H，FARAHNAKY A. Effects of ohmic and microwave cooking on textural softening and physical properties of rice[J]. **Journal of Food Engineering**，2019，243：114-124.
[17] 胡小雪，刘成梅，梁瑞红，等. 淀粉直 / 支比对高酯果胶凝胶性质的影响[J]. 中国食品学报，2019，19(11)：31-37.
[18] 张凡，李书田，王显瑞，等. 不同品种小米蒸煮食味品质评价及比较[J]. 食品科学，2020，41(9)：23-29.
[19] 马文，李喜宏，刘霞，等. 支链淀粉与直链淀粉比例对重组营养强化米品质的影响[J]. 中国食品学报，2014，14(11)：42-48.
[20] KONO S，KAWAMURA I，ARAKI T，et al. ANN modeling for optimum storage condition based on viscoelastic characteristics and sensory evaluation of frozen cooked rice[J]. **International Journal of Refrigeration**，2016，65：218-227.

科　技　信　息

欧盟重新批准活性物质碳酸氢钾为低风险物质

2021 年 9 月 3 日，欧盟委员会发布法规(EU)2021/1452 号条例，重新批准活性物质碳酸氢钾(potassium hydrogen carbonate)为低风险物质。

碳酸氢钾的批准期限为 2036 年 10 月 31 日。本条例自发布之日起第 20 天生效。

[信息来源]食品伙伴网.欧盟重新批准活性物质碳酸氢钾为低风险物质

[EB/OL]. (2021-9-9). http://news.foodmate.net/2021/09/605651.html