

复合苦荞粉通便作用的研究

孟雪梅, 马文芳, 张玲玲, 王敏

(西北农林科技大学食品科学与工程学院, 陕西杨凌 712100)

摘要: 通过对小鼠做通便药效试验, 研究复合苦荞粉的通便作用。以小鼠为试验对象, 随机分为 5 组, 即空白对照组、模型对照组和复合苦荞粉低、中、高 3 个剂量组。采用复方地芬诺酯灌胃建立小鼠便秘模型, 通过测定小肠推进率、首次排黑便时间、排黑便粒数以及排黑便质量, 判断复合苦荞粉对小鼠肠道蠕动和排便功能的影响。在连续灌胃 14 d 后, 高剂量组小鼠的墨汁推进显著高于模型对照组($p<0.05$); 高剂量组的小鼠排黑便粒数高于模型对照组, 呈极显著差异($p<0.01$), 低、中剂量组的排黑便粒数显著高于模型对照组($p<0.05$); 各剂量组的排黑便质量均极显著高于模型对照组 ($p<0.01$); 而首次排黑便时间各剂量组与模型组之间无显著差异。复合苦荞粉能有效增强肠道蠕动并促进排便, 改善便秘。

关键词: 复合苦荞粉; 便秘模型; 润肠通便; 动物试验

文章编号: 1673-9078(2018)01-19-23

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.1.004

Effect of the Compound Tartary Buckwheat Flour on the Defecation in Mice

MENG Xue-mei, MA Wen-fang, ZHANG Ling-ling, WANG Min

(College of Food Science and Engineer, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, China)

Abstract: Compound buckwheat powder can effectively improve intestinal peristalsis and promote defecation, improve constipation. Effects of the compound tartary buckwheat flour on the defecation were investigated by the laxative efficacy test in mice. Kunming mice were randomly divided into 5 groups, including blank control group, constipation model group, and compound tartary buckwheat flour in the low, middle and high dose groups. The mouse constipation model was established by intragastric administration of diphenoxylate. The effect of compound tartary buckwheat flour on the defecation function was evaluated by measuring the intestinal propulsion rate, first black feces time, the number of black feces in 6 hours and feces weight. After the mice were subjected to continuous intragastric infusion for 14 days, ink-pushing rate in high dose group was significantly higher than that in the constipation model group ($p<0.05$); the number of black feces in high dose groups was higher than that in the constipation model group ($p<0.01$), and the number of black feces in low and middle dose group revealed a significant increase when compared with that in the constipation model group ($p<0.05$); compared with the model group, the feces weight in each compound tartary buckwheat flour treatment groups were higher ($p<0.01$); however, there were no significant differences on the first defecation time between the compound tartary buckwheat flour treatment groups and the constipation model group. Compound tartary buckwheat flour could effectively improve defecation and intestinal peristalsis.

Key words: compound tartary buckwheat flour; constipation model; defecation function; animal experiment

便秘是临床常见的复杂症状,随着人们饮食结构、工作生活方式及心理和社会因素的影响,便秘发病率有增高趋势^[1]。流行病学研究发现,便秘一般人群的患病率约为 20%,根据定义和人口研究的不同,它的范围在 0.7%~29.6%之间^[2]。女性慢性便秘患病率高于男性,全球女性和男性患病率比值为 1.1~10.0^[3]。便秘

收稿日期: 2017-08-06

基金项目: 国家现代农业(燕麦荞麦)产业技术体系建设专项(CARS-08-D2)

作者简介: 孟雪梅(1993-),女,在读硕士,研究方向: 食品科学

通讯作者: 王敏(1967-),女,博士,教授,研究方向: 食品功能化学与营养

的发生率随年龄增加而增加,特别是 65 岁以上便秘发生率明显增高^[2]。我国成年人患病率在 7.0%~20.3%^[2]。老年人慢性便秘总患病率为 11.5%,其中年龄在 60~65 岁患病率为 8.7%,而>85 岁的老人患病率则高达 19.5%^[3]。排便困难和排便次数减少是便秘的两类主要表现,另外还伴有排便费力,大便坚硬以及产生排便不尽感等症状。便秘会诱发或加重冠心病、心绞痛及中风等心血管疾病患者的病情,严重时导致其猝死^[4]。

苦荞(*F.tataricum Gaertn.*)属于蓼科荞麦属谷类作物,在中国粮食作物中属小宗作物,是重要的救灾填闲作物和蜜源作物^[5]。苦荞麦的药用情况我国医书多

有记载,《本草纲目》记载苦荞麦能练五脏滓秽,降气宽肠。磨积滞,消热肿风痛,除万浊^[6]。苦荞拥有多种营养物质,富含蛋白质、芦丁、多糖、膳食纤维、脂类、多酚和微量元素等。荞麦中总膳食纤维(TDF)的含量丰富。时政等^[6]人研究发现不同产地的30份苦荞的TDF含量平均值为17.18%;不可溶性膳食纤维(IDF)平均值为9.65%;可溶性膳食纤维(SDF)平均值为7.53%。荞麦粉中包含20~240 mg/g的TDF,带壳麸皮中包含400 mg/g的TDF, SDF为250 mg/g;无壳麸皮中含有160 mg/g的TDF, SDF的含量为750 mg/g。纤维摄入不足可导致便秘、痔疮、血液中胆固醇和糖水平升高;相反,过量的摄入纤维有时会导致肠梗阻、腹泻甚至脱水^[7]。适当地摄入膳食纤维有助于人体消化食物,维护胃肠道功能,增加食物的体积,增强饱腹感并减轻体重,同时对肥胖和II型糖尿病患者具有十分重要的意义^[8]。本试验以苦荞麦为原料制备复合苦荞冲剂,研究其润肠通便的功效,为进一步开发苦荞功能食品提供依据。

1 材料与试剂

1.2 试剂及药品

复方地芬诺酯片(每片含复方地芬诺酯2.5 mg),国药准字H32022716,常州康普药业有限公司;活性炭(粉状),天津市科密欧化学试剂有限公司;阿拉伯树胶粉,天津市天力化学试剂有限公司;以上均为分级纯试剂。

复方地芬诺酯混悬液的配制:浓度为0.025%。取复方地芬诺酯片25 mg(10片),用研钵研碎呈粉末后加水至100 mL,小肠运动试验临用前配制。浓度为0.05%。取复方地芬诺酯片50 mg(20片),用研钵研碎呈粉末后加水至100 mL,排便试验临用前配制。

墨汁的配制:准确称取阿拉伯树胶100 g,加水800 mL,煮沸至溶液透明,称取活性炭(粉状)50 g加至上述溶液中煮沸三次,待溶液凉后加水定容到100 mL,于冰箱中4℃保存,用前摇匀。

1.3 试验方法

1.3.1 试验分组

选用成年雄性昆明小鼠,体重20±2 g,每组10只。试验中复合苦荞粉摄入量为人推荐量(0.175/日

1.1 材料

1.1.1 样品

复合苦荞粉以熟化后的苦荞麦全粉为基础,辅配糊精、桑叶粉等,混合均匀;加入75%的医药乙醇将混合好的原料制成适宜软材,再经40目的筛网振荡搓压过筛,制成湿颗粒;湿颗粒于40℃烘干,分装。浅棕色颗粒剂,临用时用蒸馏水配成所需浓度。

1.1.2 试验动物

SPF级昆明种小鼠100只,雄性,(20±2)g,购于中国人民解放军第四军医大学实验动物中心,许可证号:SCXK(军)2012-0007。

1.1.3 试验环境及饲料

小鼠购入后于西北农林科技大学清洁级实验动物房;适应性喂养3 d后开始试验,室温控制在23~26℃,湿度控制在(60±20)%,12 h照明,12 h黑暗。试验期间各组动物均自由进食、饮水。大小鼠配合饲料配制参考《GB 14924.3-2010 实验动物配合饲料营养成分》,如表1所示,由中国人民解放军第四军医大学实验动物中心提供。

表1 试验小鼠配合饲料营养成分表(每千克饲粮含量)

Table 1 Nutrients for formula feeds of mice (/kg formula feeds)

主要指标	水分/g≤	粗蛋白/g≥	粗脂肪/g≥	粗纤维/g≤	粗灰分/g≤	钙/g	总磷/g	赖氨酸/g≥	蛋氨酸+胱氨酸/g≥
含量	100	200	40	50	80	10~18	6~12	13.2	7.8

/kg·BW)的5倍(0.875/kg·BW)、10倍(1.75/kg·BW)和30倍(5.25/kg·BW)共三个剂量组并设1个空白对照组和1个便秘模型组,空白对照组和便秘模型组用蒸馏水灌胃,给予时间14 d。

1.3.2 小肠运动试验

连续灌胃给予小鼠不同浓度受试物14 d后,各组小鼠禁食16 h,期间自由饮水。便秘模型组和三个剂量组灌胃给予复方地芬诺酯(5 mg/kg·BW)。空白对照组给蒸馏水。给予复方地芬诺酯30 min后,低、中、高剂量组分别灌胃给予含相应剂量受试物的墨汁悬液,空白对照组和便秘模型组灌胃给予空白墨汁。25 min后立即脱颈椎处死动物,打开腹腔分离肠系膜,剪取上端自幽门、下端至回盲部的肠管,置于托盘上,轻轻将小肠拉成直线,测量肠管长度为“小肠总长度”,从幽门至墨汁前沿为“墨汁推进长度”。按下式计算墨汁推进率^[9-12]:

墨汁推进率(%)=墨汁推进长度(cm)/小肠总长度(cm)×100

1.3.3 排便试验

灌胃给予受试样品14 d后,各组小鼠禁食16 h,期间自由饮水。便秘模型组和三个剂量组灌胃给予复

方地芬诺酯(10 mg/ kg·BW)。空白对照组给蒸馏水。给予复方地芬诺酯 30 min 后,低、中、高剂量组灌胃给予含相应剂量受试物的墨汁悬液。空白对照组和便秘模型组给予空白墨汁。动物均单笼饲养,正常饮水进食。从灌胃墨汁开始,记录每只动物首粒排黑便时间、6 h 内排黑便粒数及重量,并同时观察记录动物的粪便性状^[9-12]。

1.3.4 数据处理及结果判定

用 SPSS18.0 统计软件对试验数据进行处理。墨汁推进率需进行数据转换,

$$\text{墨汁推进率转换值}(X) = \sin^{-1} \sqrt{P}$$

式中 P 为墨汁推进率,用小数表示。各组以变异数(ANOVA)进行比较,需按方差分析的程序先进行方差齐性检验,方差齐采用 Least-Significant Difference 方法分析;对非正态或方差不齐的数据进行适当的变

量转换,待满足正态或方差齐要求后,用转换后的数据进行统计;若变量转换后仍未达到正态或方差齐的目的,改用秩和检验进行统计。

在模型成立的前提下,当受试样品组小鼠的墨汁推进率显著高于模型对照组的墨汁推进率时,可判定该项试验结果阳性。在小肠便秘模型成立的前提下,受试样品组小鼠的首粒排黑便时间明显短于模型对照组,即可判定该项指标结果阳性。5 或 6 h 内排粪便质量和粪便粒数任一项结果阳性,同时小肠运动试验和排便时间任一项结果阳性,可判定该项试验结果阳性。

2 结果与讨论

试验期间,各组小鼠无死亡,生长情况良好,无腹泻等各种不良反应。表 2 表明:各组小鼠间体重增长无差别无统计学意义($p>0.05$),复合苦荞粉对小鼠体重质量无影响。

表 2 复合苦荞粉对小鼠体质量的影响

Table 2 The effect of compound tartary buckwheat flour on the bodyweight of mice

组别	动物只数/个	小肠运动试验		排便试验	
		初重/g	终重/g	初重/g	终重/g
空白对照组	10	21.23±1.01	30.53±3.10	21.08±1.36	30.80±2.23
便秘模型组	10	21.87±1.58	30.03±3.09	22.03±0.96	29.98±1.61
高剂量组	10	21.11±1.16	29.90±3.52	21.26±1.08	31.38±2.17
中剂量组	10	21.01±1.34	27.91±4.00	21.26±1.35	31.77±2.21
低剂量组	10	21.11±1.78	29.22±3.77	21.78±1.37	30.59±2.54

表 3 复合苦荞粉对小鼠小肠墨汁推进率的影响

Table 3 The effect of compound tartary buckwheat flour on the ink-pushing rate of small intestine in mice

组别	剂量/(g/ kg·BW)	小肠总长度/cm	墨汁推进长度/cm	转化后墨汁推进率/%
空白对照组	0	46.31±6.40	40.75±5.80**	1.24±0.03**
便秘模型组	0	42.91±5.07	22.82±2.75	1.45±0.14
高剂量组	5.25	42.74±4.15	29.41±8.18*	1.34±0.11*
中剂量组	1.75	45.57±3.85	26.17±4.04	1.46±0.09
低剂量组	0.875	44.24±1.81	24.37±4.01	1.49±0.13

注: *与模型组相比, $p<0.05$; **与便秘模型组相比, $p<0.01$ (下同)。

表 3 显示,5 组实验小鼠的小肠总长度最短为 42.74 cm,最长为 46.31 cm,无差异性;便秘模型组墨汁推进长度为 22.82 cm、墨汁推进率为 1.45,与空白对照组(这 2 项指标分别为 40.75 cm、1.24)相比有显著性差异($p<0.01$),说明造模成功。高剂量组转化后墨汁推进率与便秘模型组的差异显著;中、低剂量组转化后墨汁推进率增加,但无统计学意义。上述结果表明,复合苦荞粉摄入量达到 5.25 g/ kg·BW 及以上剂量时可以明显缩短食糜在小肠中的停留时间,促进小肠蠕动。这一效果可能受两方面因素的影响。其一,荞麦本身对食糜在小肠中的移动具有促进作用。Bo

Kyung Son 等^[13]人以白米饭为对照,研究摄入薏苡、荞麦、糯大麦对肥胖大鼠的血脂指数、肠道转运时间、主动脉壁厚度的影响,在肠道转运时间上白米饭为 9.4 h,薏苡、荞麦和糯大麦分别为 7.4 h、7.8 h 和 5.8 h。马挺军等^[11]人研究了苦荞颗粒冲剂对小鼠的润肠通便作用,其中小肠墨汁推进率高剂量组和中剂量组分别为 46.2%和 44.4%,相比于模型对照组的 40.1%有所提高,但未达到显著差异。说明荞麦在促进肠道蠕动方面具有一定的影响。其二,荞麦熟粉中的可溶性膳食纤维和外源添加的膳食纤维补充剂可能在其中发挥着重要的作用。抗性糊精是将焙烤糊精的难消化成

分提取并精炼而成的一种低热量葡聚糖,属于可溶性膳食纤维补充剂,其持水性为 10.22 g/g^[14]。另一可溶性膳食纤维补充剂-菊粉,持水性 2.85 g/g^[15],当聚合度为 2~9 时又称为低聚果糖^[16],在摄入剂量为 0.5 g/mL(高剂量)、0.25 g/mL(中剂量)和 0.125 g/mL(低剂量)时,炭末推进率分别为 63.15%、46.57%和 66.98%,相较于模型对照组(50.92%),高剂量和低剂量组具有显著差异,而中剂量组无差异,这说明低聚果糖对小

肠蠕动具有促进作用,这与何为涛等^[17]人的研究结果相一致,但是用量是其润肠功效的关键^[1]。在苦荞熟粉的基础上适量添加抗性糊精,弥补了苦荞原粉中可溶性膳食纤维含量低的缺陷,使得复合苦荞粉中的膳食纤维配比更加均衡。结合前人的研究及本实验的结果,可以说明复合苦荞粉中的可溶性膳食纤维,是发挥润肠作用的关键成分。

表 4 复合苦荞粉对小鼠首粒排黑便时间、排黑便粒数和黑便质量的影响

Table 4 The effect of compound tartary buckwheat flour on the first black feces time, the number of black feces and feces weight in mice

组别	剂量/(g/kg-BW)	首粒排黑便时间/min	排黑便粒数/个	黑便质量/g
空白对照组	0	134.00±34.58**	21.50±2.27**	0.40±0.06**
便秘模型组	0	181.20±35.95	15.00±2.67	0.14±0.03
高剂量组	5.25	175.50±24.74	20.30±3.53**	0.56±0.06**
中剂量组	1.75	170.00±31.03	18.10±2.92*	0.39±0.04**
低剂量组	0.875	173.90±23.90	18.60±3.50*	0.36±0.04**

由表 4 可以看出,便秘模型组动物的首次排黑便时间,排黑便粒数和黑便质量与空白对照组相比具有显著的差异($p<0.05$),动物排便功能出现显著异常,表明复方地芬诺酯诱导小鼠便秘模型成立。给药后高、中、低剂量组小鼠的首粒排黑便时间(175.5 min、170.0 min和 173.9 min)与便秘模型组(181.2 min)相比有所减少但无显著差距,表明复合苦荞粉不能缩短首粒排黑便时间,这与肠推进试验结果产生差别。其原因可能是复合苦荞粉中的可溶性膳食纤维能够抵抗小肠中的消化酶的酶解,利用其粘性和高持水性,使食糜膨润光滑,提高推进速度,而进入大肠后被肠道微生物降解利用,产生乙酸、丙酸、丁酸等短链脂肪酸和气体,无法成为粪便的一部分,也无法利用本身的物理特性提高粪便含水量,改善粪便质地,也无法有效提高粪便在大肠中的推进速度。各剂量组与便秘模型组比较,排黑便粒数和黑便质量增加,均具有显著性差异。其中高剂量组的排黑便粒数和黑便质量与便秘模型组间有极显著差异($p<0.01$),中剂量组和低剂量组的排黑便粒数与便秘模型组相比有显著差异($p<0.05$),黑便质量与便秘模型组的差异有极显著性意义($p<0.01$)。上述结果表明,复合苦荞粉能明显增加便秘小鼠的排黑便粒数并增加其所排粪便质量。复合苦荞粉中的不可溶性膳食纤维在其中扮演重要角色。Marzanna等^[18]的研究表明荞麦全籽粒中总膳食纤维的含量为 12.18 g/100 g,其中可溶性膳食纤维为 2.21 g/100 g,不可溶性膳食纤维的含量为 9.97 g/100 g,以不可溶性膳食纤维为主,熟化后三者的含量均显著提高。纤维素、半纤维素和木质素的含量分别为 0.67 g/100 g、6.94 g/100 g和 2.39 g/100 g,半纤维素的含量最高。这与Danuta等^[19]

人的研究数据相一致。以上数据说明荞麦全籽粒中的膳食纤维含量较高且以不可溶性膳食纤维为主。Zhou等^[20]人测得的荞麦麸皮膳食纤维持水性和吸水膨胀性分别为 2.22 g/g和 2.33 g/g。酶法提取后的膳食纤维的持水性和吸水膨胀性有所提高变为 2.38 g/g和 4.67 g/g。荞麦中的不可溶性膳食纤维难以被肠道微生物分解利用,可以在肠道中保持其完整性,直接增加粪便质量,使排便量增大;另外,不可溶性膳食纤维颗粒可以机械性的刺激肠壁,通过局部反射促使大肠粘膜的上皮细胞和大肠腺中的杯状细胞分泌黏液中的黏液蛋白,粘液能保护黏膜、提高粪便含水量并润滑粪便,从而间接地增大粪便体积、改善粪便质量和质地,使粪便易于下行。复合苦荞粉能显著提高粪便粒数,改善粪便质量,重点在于荞麦不可溶性膳食纤维。

目前对于膳食纤维通便功效的作用机制,临床研究表明存在两方面:(1)膳食纤维能抵抗发酵并且在大肠内保持完整,成为粪便的一部分;(2)有效提高粪便含水量,进而增加粪便质量,使得粪便柔软,体积变大且易于排出。而提高增加粪便含水量的途径同样有两种:一种是具有粘性且在水中形成凝胶的非发酵纤维,这种纤维的持水性与膨胀力可以改善食糜的质地,通过大肠时可以保持其凝胶特性和持水能力,形成柔软、大体积、易于排出的粪便;二是不可溶性膳食纤维,如果纤维的颗粒足够大且粗糙,其在大肠中仍是完整的颗粒,可以机械性的刺激肠道粘膜,增加水分和粘液的分泌,从而提高粪便的含水量^[21-23]。复合苦荞粉中的可溶性膳食纤维和不可溶性膳食纤维,在消化吸收的过程中,相辅相成,通过不同的作用机制润滑肠道,促进排便。

3 结论

复合苦荞粉能显著提高墨汁在小鼠小肠中的推进速度,增加小鼠6 h内排黑便粒数和黑便质量。小肠运动试验结果为阳性,同时,6 h内排黑便粒数和黑便质量结果为阳性,可判定该项试验结果阳性。通过试验结果分析可知,复合苦荞粉具有润肠通便作用,复合苦荞粉中的总膳食纤维是润肠通便的主要成分,具体原因有待进一步的证实。

参考文献

- [1] 刘晓梅,彭芝榕,倪学勤,等.低聚果糖、乳酸杆菌对便秘模型大鼠的通便功能影响[J].食品科学,2013,34(11):296-299
LIU Xiao-mei, PENG Zhi-rong, NI Xue-qin, et al. Aperient effect of fructooligosaccharides and *Lactobacillus* on constipation model of rats [J]. Food Science, 2013, 34(11): 296-299
- [2] 单宝珍,李胜保.慢性便秘的流行病学研究概况与现状[J].医学新知,2016,26(3):160-162
SHAN Bao-zhen, LI Sheng-bao. Epidemiological survey and current situation of chronic constipation [J]. Journal of New Medicine, 2016, 26(3): 160-162
- [3] 王佩佩,罗雯,禹铮,等.慢性便秘的研究进展[J].中国全科医学,2017,20(3):370-374
WANG Pei-pei, LUO Wen, YU Zheng, et al. Research progress of chronic constipation [J]. Chinese General Practice, 2017, 20(3): 370-374
- [4] 陈亚非,葛亚中,罗琦珊.复合膳食纤维通便作用的研究[J].现代食品科技,2005,21(2):43-46
CHEN Ya-fei, GE Ya-zhong, LUO Qi-shan. Study the effects of dietary fiber complex on the function of defecating feces excretion [J]. Modern Food Science and Technology, 2005, 21(2): 43-46
- [5] 时政,宋毓雪,韩承华,等.苦荞的膳食纤维含量研究[J].中国农学通报,2011,27(15):62-66
SHI Zheng, SONG Yu-xue, HAN Cheng-hua, et al. Study on dietary fiber content of tartary buckwheat [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(15): 62-66
- [6] 胡一冰,杨敬东,邹亮,等.苦荞麦药理研究及临床应用概况[J].成都大学学报(自然科版),2006,25(4):271-276
HU Yi-bing, YANG Jing-dong, ZOU Liang, et al. Pharmacological research and clinical application of tartary buckwheat [J]. Journal of Chengdu University, 2006, 25(4): 271-276
- [7] Ahmed A, Khalid N, Ahmad A, et al. Phytochemicals and biofunctional properties of buckwheat: a review [J]. Journal of Agricultural Science, 2014, 152(3): 349-369
- [8] Malgorzata Wronkowska, Maria Soral-Smietana, Urszula Krupa-Kozak. Buckwheat, as a food component of a high nutritional value, used in the prophylaxis of gastrointestinal diseases [J]. The European Journal of Plant Science and Biotechnology, 2010, 4(Special Issue 1): 64-70
- [9] 董文彦,张东平,伍立居,等.三种膳食纤维降血脂、通便与减肥作用的比较研究[J].中国粮油学报,2000,15(1):40-44
DONG Wen-yan, ZHANG Dong-ping, WU Li-ju, et al. Comparative study on the effects of three kinds of dietary fiber on reducing blood lipid, easing constipation and reducing weight [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2000, 15(1): 40-44
- [10] Shan J J, Zhang Y, Diao Y L, et al. Effect of an antidiabetic polysaccharide from *Inula japonica* on constipation in normal and two models of experimental constipated mice [J]. Phytotherapy Research, 2010, 24(11): 1734-8
- [11] 马挺军,贾昌喜.苦荞颗粒冲剂润肠通便作用研究[J].中国粮油学报,2014,29(3):16-18
MA Ting-jun, JIA Chang-xi. Study on laxative effect of *Tartary Buckwheat* granule [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2014, 29(3): 16-18
- [12] Xu J, Zhou X, Chen C, et al. Laxative effects of partially defatted flaxseed meal on normal and experimental constipated mice [J]. BMC Complementary and Alternative Medicine, 2012, 12(1): 14
- [13] Bo kyung Son, Kim Jung-yun, Lee Sun-sang. Effect of adlay, buckwheat and barley on lipid metabolism and aorta histopathology in rats fed an obesogenic diet [J]. Annals of Nutrition & Metabolism, 2008, 52(3): 181-187
- [14] 朱洁.抗性糊精的工艺及特性研究[D].天津:天津科技大学,2010
ZHU Jie. Study on the technology and characteristics of resistant dextrin [D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2010
- [15] 罗登林,姚金格,徐宝成,等.不同聚合度菊粉的吸附特性[J].食品科学,2017,38(1):67-73
LUO Deng-lin, YAO Jin-ge, XU Bao-cheng, et al. Adsorption characteristic of different polymerization inulins [J]. Food Science, 2017, 38(1): 67-73
- [16] 曹敏,雷光鸿,米运宏,等.低聚果糖的研究进展[J].轻工科技,2017,3:19-21
CAO Min, LEI Guang-hong, MI Yun-hong, et al. Research progress of fructooligosaccharides [J]. Light Industry Science

- and Technology, 2017, 3: 19-21
- [17] 何为涛,赵鹏,刘荣珍,等.低聚果糖通便作用的研究[J].中华中西医杂志,2006,7(9):27
- HE Wei-tao, ZHAO Peng, LIU Rong-zhen, et al. Study on the effect of fructooligosaccharide facilit-yating feces excretion [J]. Chinese Journal of Chinese and Western Medicine, 2006, 7(9): 27
- [18] Marzanna Hęś, Krzysztof Dziedzic, Danuta Górecka, et al. Effect of boiling in water of barley and buckwheat groats on the antioxidant properties and dietary fiber composition [J]. Plant Foods for Human Nutrition, 2014, 69(3): 276-282
- [19] Danuta Górecka, Krzysztof Dziedzic, Marzanna Hęś. A characteristic of dietary fiber in barley and buckwheat groats and its bile acid binding capacity [J]. Italian Journal of Food Science, 2014, 26(1): 103-108
- [20] Zhou Xiao-li, Qian Yun-fang, Zhou Yi-ming, et al. Effect of enzymatic extraction treatment on physicochemical properties, microstructure and nutrient composition of tartary buckwheat bran: a new source of antioxidant dietary fiber [J]. Advanced Materials Research, 2011, 396-398(26): 2052-2059
- [21] Johnson W McRorie, PhD, FACG, et al. Evidencebased approach to fiber supplements and clinically meaningful health benefits, part 1 [J]. Nutrition Today, 2015, 50(2): 82-89
- [22] Johnson W McRorie, PhD, FACG, et al. Evidencebased approach to fiber supplements and clinically meaningful health benefits, part 2 [J]. Nutrition Today, 2015, 50(2): 90-97
- [23] McRorie J W, Chey W D. Fermented fiber supplements are no better than placebo for a laxative effect [J]. Digestive Diseases & Sciences, 2016, 61(11): 3140