

低升糖藜麦八宝粥的配比优化及其人体 GI 值测定

梁霞^{1,2}, 周柏玲^{1,2}, 王海平¹, 田翔²

(1. 山西农业大学山西功能食品研究院, 特色农产品加工山西省重点实验室, 山西太原 030031)

(2. 农业部黄土高原作物基因与种质创制重点实验室, 山西太原 030031)

摘要: 本研究旨在研制一款高营养 ($E/T \geq 0.40$)、低升糖指数 ($GI \leq 55$) 的藜麦八宝粥。以藜麦为主要原料, 复配其他升糖指数较低的谷物、豆类。采用氨基酸 E/T 营养模式、体外消化试验、感官评价优化原料配比。在此基础上通过人体试验测定产品 GI 值。优化试验得出最佳原料配比为: 谷物与豆类比例为 35:65, 谷物中藜麦、大麦仁、燕麦比例为 22:6.5:6.5, 豆类中鹰嘴豆、花生、绿豆、白芸豆、红小豆比例为 15:15:12.5:12.5:10。在此条件下, 藜麦八宝粥人体试验 GI 值为 48, 为低升糖食品, 具有稳定血糖的作用; 氨基酸 E/T 为 0.41, 达到 FAO/WHO (1973) 推荐氨基酸 E/T 模式 ≥ 0.40 水平, 具有较高的营养价值; 感官评分 82.0, 八宝粥滋味丰富、色泽鲜艳、口感较好。本研究所提供的研究内容旨在为低升糖八宝粥产品研制提供试验基础。

关键词: 低升糖; 藜麦; 八宝粥; 配比; GI; 人体实验

文章编号: 1673-9078(2021)07-162-168

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.7.1065

Optimization of the Ratio of Low-Glycemic Quinoa Eight-Treasure

Porridge and Determination of GI Value in Human Body

LIANG Xia^{1,2}, ZHOU Bai-ling^{1,2}, WANG Hai-ping¹, TIAN Xiang²

(1. Shanxi Functional Food Research Institute of Shanxi Agricultural University, Shanxi Key Laboratory of Special Agricultural Products Processing, Taiyuan 030031 China)(2. Key Laboratory of Crop Gene Resources & Germplasm Enhancement on Loess Plateau, Ministry of Agriculture, Taiyuan 030031, China)

Abstract: The purpose of this research was to develop a kind of quinoa eight-treasure porridge with high nutrition ($E/T \geq 0.40$) and low glycemic index ($GI \leq 55$). Quinoa was used as the main raw material, which was mixed with other cereals and beans. Amino acid E/T nutrition mode, *in vitro* digestion test and sensory evaluation were used to guide the optimization of the raw material ratio. On this basis, GI value of the product was determined through a human trial. The optimal ratio of raw materials was obtained through the optimization experiments: the ratio of grains to beans was 35:65, with the ratio of quinoa, barley kernel and oat as 22:6.5:6.5 in grains, and the ratio of chickpea, peanut, mung bean, white kidney bean and adzuki bean as 15:15:12.5:12.5:10 in beans. Under these conditions, the GI value of the quinoa eight-treasure porridge was 48, which was a low-glycemic food and could stabilize blood sugar; The amino acid E/T was 0.41, which reached the level of E/T amino acid recommended by FAO/WHO (1973) (≥ 0.40 , indicating high nutritional value); The eight-treasure porridge gained a sensory score of 82.0, and had rich flavor, bright color and good mouthfeel. The purpose of this research was to provide an experimental basis for the development of low-glycemic eight-treasure porridge products.

Key words: low-glycemic sugar; quinoa; eight-treasure porridge; ratio; GI; human experiment

引文格式:

梁霞,周柏玲,王海平,等.低升糖藜麦八宝粥的配比优化及其人体 GI 值测定[J].现代食品科技,2021,37(7):162-168,+100

LIANG Xia, ZHOU Bai-ling, WANG Hai-ping, et al. Optimization of the ratio of low-glycemic quinoa eight-treasure porridge and determination of GI value in human body [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(7): 162-168, +100

收稿日期: 2020-11-19

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2017YFD0401201); 山西省科技厅重点研发计划项目 (201803D221008-10); 山西省农业科学院科技创新项目 (YCX2018D2T06)

作者简介: 梁霞(1970-), 女, 副研究员, 研究方向: 农产品主食化加工技术

随着生活水平的提高, 我国糖尿病人数已超过1个亿, 是世界上糖尿病患者绝对人数最多的国家, 且以惊人的速度发展, 患者生活、工作质量下降的同时加重了社会负担^[1]。不合理的膳食结构是影响健康的重要因素, 糖尿病人在避免摄入升糖指数快的食品同时, 还要保证自身的生活质量。糖尿病的基础治疗是饮食

治疗, 饮食治疗对疾病预防控制有重要作用^[2]。低升糖指数食物可减缓机体对碳水化合物的消化和吸收, 有助于控制食欲及延缓饥饿, 有利于糖尿病患者的血糖控制^[3,4]。低血糖生成指数 (glycemic index, GI) 食品, 即为低GI食品。随着基础研究的深入, 目前市场上逐渐出现可供糖尿病患者食用的低GI食品, 且种类不断增多, 由此可预见低GI食品将是未来功能食品领域的又一大发展方向。

国人素有爱喝粥的习惯, 八宝粥集营养性、方便性于一身, 好消化易吸收, 符合中国食疗养生的传统理念。普通八宝粥一般以糯米、粳米为原料, 产品甜香软糯, 但大多数八宝粥的淀粉和蔗糖含量高、升糖快^[5], 糖尿病人群对其望而却步。藜麦是低升糖食品, 具有降低血糖、控制体重的作用^[6]。藜麦赖氨酸含量在谷物中是较高的, 必须氨基酸与总氨基酸比例与联合国粮农组织提出的蛋白质评价人体氨基酸 E/T 比值模式更为接近^[7]。藜麦作为功能性保健食品具有很高的开发和利用价值, 目前国内尚无低升糖藜麦八宝粥类产品的研制报道。

课题组前期已进行藜麦八宝粥加工技术研究, 确立了加工工艺并进行放大生产。本文在上述工艺基础上, 以藜麦为主要原料, 复配其他升糖指数较低的谷物、豆类原料如燕麦、大麦仁、白芸豆、花生、绿豆、红小豆、鹰嘴豆, 研发一款适合糖尿病人群食用的高营养、低升糖八宝粥产品。原料中不同蛋白质混合食用可能比单独食用营养价值更高^[8], 本文采用氨基酸 E/T 营养模式、体外消化试验、人体感官评价综合优化八宝粥原料配比, 在此基础上通过人体试验测定产品 GI 值。本研究旨在为糖代谢异常人群提供一款高营养价值、低升糖指数的八宝粥产品。

1 材料与方法

1.1 原料和试剂

藜麦 (青藜 1 号), 由静乐县田园农业综合开发有限公司提供; 大麦仁、燕麦、花生、白芸豆、红小豆、绿豆、鹰嘴豆购买于太原市美特好超市; EDTA-2Na、蔗糖酯、三聚磷酸钠、CMC、魔芋胶、黄原胶、木糖醇、瓜尔豆胶, 河南万邦实业有限公司; 胃蛋白酶、胰酶、淀粉葡萄糖苷酶, Sigma 公司; 鱼跃 590 血糖仪及配套试纸、针头; 葡萄糖、磷酸: 天津化工有限公司。

1.2 仪器与设备

SHA-C 水浴恒温振荡器: 常州润华电器有限公司; 756 紫外可见分光光度计: 上海光谱仪器有限公司;

S-433D 型全自动氨基酸分析仪: 德国赛卡姆公司; BSA224S-CW 分析天平: 赛多利斯科学仪器 (北京) 有限公司恒温箱 (DK-8D), 上海博讯实业有限公司; 自动封罐机 SM-24: Can Need 嘉仪仪器公司; YXQ-LS-50A 立式高压灭菌锅: 上海博讯实业有限公司医疗设备厂。

1.3 八宝粥制备技术路线

稳定剂、护色剂、甜味剂等→混合、溶解

↓

原料清洗、浸泡→原料预煮、混合→灌装、封口→杀菌→冷却→成品

1.4 试验方法

1.4.1 原理想理化指标测定

水分测定参照 GB/T 5009.3-2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》; 灰分测定参照 GB/T 5009.4-2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》; 粗蛋白测定参照 GB/T 31578-2015《粮油检验 粮食及制品中粗蛋白测定 杜马斯燃烧法》; 粗纤维测定参照 GB/T 5009.10-2003《食品中粗纤维的测定方法》; 粗脂肪测定参照 NY/T 4-1982《谷类、油料作物种子粗脂肪测定方法》; 氨基酸含量参照 GB 5009.124-2016《食品中氨基酸的测定》。

1.4.2 低 GI 藜麦八宝粥基础配方及生产工艺

参照梁霞^[9]藜麦八宝粥制备试验结果, 八宝粥液比为 32% (固料为浸泡预煮过的谷物、豆类原料), 原料采用常温浸泡, 谷物浸泡 4 h, 豆类浸泡 10 h, 原料达到饱和吸水状态, 再经 121 °C 灭菌 40 min。灭菌后, 各个原料分别预煮, 时间分别为: 藜麦 4 min、大麦仁 6 min、燕麦 8 min, 绿豆 6 min、花生及红小豆 8 min、红芸豆及白扁豆 10 min。食品添加剂为: EDTA-2Na 添加量 0.05%、蔗糖酯添加量 0.16%、三聚磷酸钠添加量 0.11%、CMC 添加量 0.02%、魔芋粉添加量 0.08%、黄原胶添加量 0.18%、木糖醇添加量 7%、121 °C 灭菌熟化 20 min。

1.4.3 低 GI 藜麦八宝粥营养评价

以 FAO/WHO 模式 (1973) 中 E/T 氨基酸模式进行营养评价。

$$E/T = \frac{\text{样品中必须氨基酸含量}}{\text{样品中总氨基酸含量}} \geq 0.4$$

1.4.4 低 GI 藜麦八宝粥感官评价

按照《GB/T 31116-2014 八宝粥罐头》要求, 以及参考相关文献^[10]制定感官评价表, 由 10 人组成品尝评价小组进行评分, 取平均值。

表 1 低 GI 藜麦八宝粥感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation standard of low GI quinoa eight-ingredient porridge		
项目	特征	标准 (分)
气味 (25 分)	有原料香味	17~25
	香味不明显	8~16
	无香味, 有异味	1~7
色泽 (10 分)	物料及粥体色泽鲜艳、明亮	8~10
	色泽暗淡	4~7
	褐变、颜色异常	1~3
形态 (10 分)	籽粒完整, 粥体有轻微分层	8~10
	籽粒不完整, 粥体有明显分层	4~7
	籽粒破损、粥体严重分层	1~3
口感 (30 分)	谷物有咬劲, 豆类绵软, 有粘稠感	24~30
	谷物咬劲稍差, 豆类稍硬, 粘稠度较高或较低	16~23
	谷物、豆类过硬或过软, 粘稠度过高或过低	1~15
滋味 (25 分)	滋味丰富, 饱满	19~25
	滋味清淡	10~18
	有异味	1~9
总分	100	

1.4.5 体外消化试验测定低 GI 藜麦八宝粥的 GI 值

(a) 参照李铁梅^[11]、康晶燕^[12]的方法并稍作改进。取含 1 g 可利用的碳水化合物的样品放入烧杯中, 加入 3 mL 0.1 mol/L 的磷酸缓冲液和 1 mL 预先加热到 37 °C 的淀粉酶, 加入 4 mL 0.1 mol/L 的磷酸缓冲液, 再分别加入 2.4 g 的 NaCl (0.4 g/L) 溶液、0.05 g 胃蛋白酶和 0.05 g 瓜尔豆胶和 3.6 g 磷酸缓冲液 (0.1 mol/L), 利用 2 mol/L HCl 溶液调到 pH 1.5, 放入 5 颗玻璃球, 然后放在 37 °C 摇床中保温 30 min。将 10 mL 磷酸缓冲液 (pH 6.9, 0.5 mol/L) 加入到上述溶液中, 利用 50% 的 NaOH 溶液调节 pH 为 6.9; 然后加入 125 μL MgCl₂-CaCl₂ 溶液、125 μL 胰酶溶液、400 μL 淀粉葡萄糖苷酶, 补充蒸馏水至 50 mL, 在 37 °C 摇床中保温 120 min。分别于 0、15、30、45、60、90、120 min 取 1 mL 样品放入含有 4 mL 95% 的乙醇溶液中 (预热至 60 °C), 沸水浴灭酶后自然冷却, 4000 r/min 离心 10 min, 取上清液利用 DNS 还原法测定还原糖的含量。

(b) 分别吸取葡萄糖标液 (1 mg/mL) 0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL 于 15 mL 试管中, 用蒸馏水补充到 1 mL。分别加入 DNS 溶液 2 mL, 沸水浴加热 2 min, 冷却至室温。加入 12 mL 蒸馏水, 混合均匀, 在 540 nm 波长下测定其吸光度, 建立标准曲线。

(c) 样品的测定方法

取适量的样品溶液 1.0 mL 于 15 mL 试管中, 加

入 DNS 溶液 2.0 mL, 沸水浴 2 min, 冷却后用蒸馏水补充到 15 mL, 在 540 nm 波长下测定吸光度, 从标准曲线中计算样品中还原糖的浓度。

$$GI = \frac{\text{含 50 g 碳水化合物食物 2 h 内血糖曲线下增值面积}}{\text{含等量葡萄糖标品 2 h 内血糖曲线下增值面积}} \times 100$$

1.4.6 人体试验测定低 GI 藜麦八宝粥的 GI 值

根据我国卫健委发布的行业标准《食物血糖生成指数测定方法 WS/T 652-2019》进行人体试验, 测定藜麦八宝粥 GI 值。

受试者: 16 人, 年龄 18 岁~60 岁, 男女各半; 体质指数在正常范围, 无糖尿病史, 近 3 个月内未服用影响糖耐量的营养补充剂及避孕药、蛋白酶抑制剂、抗精神病药等药物。

测定原则: 3 次试食测定, 其中参考食物葡萄糖 2 次, 待测食物藜麦八宝粥一次。测定间隔 3 d, 八宝粥测定安排在 2 次葡萄糖测定之间。

采血部位: 指尖采血, 测定周期内保证采血部位一致。

测定方法: 受试者测定前一晚避免高糖、高纤维饮食, 22:00 之后禁食, 测定当日清晨避免剧烈运动, 静坐 10 min 后开始测定。先测定 2 次空腹血糖浓度, 之后分别于餐后 15、30、45、60、90、120 min 采集血样, 测定血糖浓度。GI 值计算公式为:

$$GI = \frac{\text{受试物餐后 2 h 内血糖曲线下增值面积}}{\text{等量葡萄糖餐后 2 h 内血糖曲线下增值面积}} \times 100$$

按照 GI 值分类标准, GI ≤ 55, 为低 GI 食物;

55<GI≤70, 为中 GI 食物; GI>70, 为高 GI 食物。

2 结果与讨论

2.1 原物理化指标

蛋白质和碳水化合物是食物的重要营养元素。由表 2 可见, 豆类蛋白质含量在 22.42%~25.60%之间, 谷物含量在 10.73%~15.21%之间, 豆类明显高于谷物,

利用不同原料实现氨基酸互补, 是提高食物蛋白质营养价值的一条重要途径^[13]。豆类碳水化合物含量在 55.38%~57.76%之间, 谷物含量在 65.47%~69.65%之间, 豆类明显低于谷物。豆类生糖指数普遍低于谷物^[14], 除碳水化合物含量低外还和其淀粉中抗性淀粉含量高有关。本研究设计选用 3 种谷物、5 种豆类为主要原料制备藜麦八宝粥, 在充分提升产品营养特性的前提下, 尽可能降低产品 GI 值。

表 2 原物理化指标

Table 2 Physical and chemical indexes of raw materials

指标	蛋白质/%	粗脂肪/%	粗纤维/%	灰分/%	水分/%	碳水化合物/%
藜麦	15.21±0.15	2.76±0.09	2.80±0.06	1.62±0.02	12.30±0.11	65.47±1.31
大麦仁	10.73±0.11	2.45±0.12	3.32±0.08	1.55±0.05	12.52±0.14	69.65±1.22
燕麦	11.96±0.13	3.22±0.17	2.46±0.11	1.83±0.07	12.01±0.17	68.70±1.09
花生	25.60±0.25	1.58±0.08	4.27±0.09	3.36±0.11	10.19±0.21	55.38±1.07
白芸豆	22.42±0.15	1.63±0.06	4.46±0.10	3.75±0.07	9.98±0.20	57.76±1.25
绿豆	25.35±0.22	1.54±0.10	3.55±0.15	3.68±0.06	8.65±0.22	57.59±1.36
红小豆	23.47±0.28	1.97±0.15	3.71±0.08	3.50±0.02	10.35±0.17	56.46±1.14
鹰嘴豆	24.36±0.30	2.11±0.12	3.87±0.13	3.44±0.05	9.99±0.17	56.23±1.33

表 3 原料氨基酸含量

Table 3 Amino acid content of raw materials

氨基酸含量/%	藜麦	大麦仁	燕麦	花生	白芸豆	绿豆	红小豆	鹰嘴豆
天冬氨酸	1.07±0.09	0.60±0.07	1.25±0.12	2.16±0.14	3.17±0.05	3.98±0.22	4.36±0.05	1.35±0.11
丝氨酸	0.70±0.14	0.37±0.14	0.78±0.08	1.55±0.20	1.22±0.13	1.35±0.31	1.35±0.16	1.41±0.10
谷氨酸	2.97±0.42	2.24±0.33	2.03±0.36	1.86±0.28	1.34±0.14	1.21±0.29	1.25±0.29	1.60±0.16
脯氨酸	0.55±0.09	0.77±0.13	0.63±0.10	0.34±0.21	0.03±0.17	0.01±0.17	0.06±0.09	0.27±0.12
甘氨酸	0.64±0.21	0.45±0.07	0.70±0.06	1.62±0.14	1.78±0.19	1.46±0.17	1.70±0.18	1.33±0.25
丙氨酸	0.69±0.07	0.52±0.25	0.80±0.14	0.98±0.16	0.75±0.22	0.92±0.25	0.88±0.09	1.06±0.19
胱氨酸	0.15±0.15	0.66±0.15	0.44±0.18	3.11±0.13	2.41±0.26	2.75±0.20	2.17±0.19	3.08±0.25
缬氨酸	0.74±0.33	0.61±0.32	0.49±0.19	0.64±0.23	0.53±0.20	0.62±0.15	0.45±0.16	0.40±0.22
蛋氨酸	0.77±0.08	0.67±0.10	0.60±0.21	1.97±0.14	1.71±0.25	1.95±0.26	1.73±0.17	1.85±0.09
异亮氨酸	0.86±0.15	0.63±0.26	0.57±0.33	1.38±0.20	1.29±0.14	1.32±0.27	1.22±0.09	1.30±0.26
亮氨酸	1.07±0.08	0.92±0.12	1.20±0.10	2.56±0.22	2.18±0.14	2.54±0.07	2.22±0.25	2.87±0.16
酪氨酸	0.56±0.04	0.20±0.08	0.38±0.11	0.49±0.08	0.27±0.09	0.18±0.10	0.25±0.05	0.25±0.13
苯丙氨酸	0.85±0.09	0.76±0.11	0.67±0.07	1.63±0.26	1.61±0.37	1.75±0.17	1.57±0.25	1.78±0.24
赖氨酸	0.89±0.20	0.57±0.18	0.65±0.18	0.70±0.10	0.45±0.07	0.45±0.11	0.39±0.05	0.52±0.04
组氨酸	0.42±0.03	0.65±0.05	0.53±0.17	1.34±0.14	0.83±0.11	0.87±0.12	0.93±0.12	1.27±0.08
精氨酸	1.24±0.36	0.46±0.22	0.96±0.29	2.16±0.43	2.26±0.08	2.79±0.17	2.23±0.25	2.74±0.20
苏氨酸	0.78±0.10	0.65±0.24	0.57±0.14	1.85±0.31	1.74±0.26	1.96±0.33	1.55±0.24	1.73±0.18
氨基酸总量	14.95±0.27	11.73±0.39	13.25±0.28	26.34±0.33	23.57±0.30	26.11±0.54	24.31±0.42	24.81±0.36
E/T 氨基酸评价	0.40	0.41	0.36	0.41	0.40	0.41	0.38	0.42

2.2 原料氨基酸含量

氨基酸的种类和数量决定了蛋白质的质量, 尤其是食物中的必需氨基酸含量, 直接影响人体的生命活

动^[15]。FAO/WHO 模式要求食品中必需氨基酸含量与总氨基酸含量的比值 E/T 不小于 0.4^[16]。本文测定了所选原料中 17 种氨基酸含量(色氨酸未测), 检测结果表明, 燕麦及红小豆 E/T 值小于 0.4, 达不到标准,

其余原料均符合标准。谷物中大麦仁 E/T 值为 0.41，豆类中鹰嘴豆 E/T 值为 0.42，数值最高。利用原料氨基酸营养特性，将谷物与豆类按一定比例配比制作八宝粥，有利于提升产品营养品质。

2.3 低 GI 藜麦八宝粥原料配比

各原料配比设计如表 4 所示。因为本文做的是藜麦低 GI 八宝粥，因此藜麦的用量最多，定为 22；红小豆的 E/T 值为 0.38，是原料中最低的，如果提高红小豆的比例则会拉低产品的 E/T 值，因此给红小豆一

个较低的用量 10，其用量也保持恒定。其他的原料分为谷物和豆类两类，在谷物和豆类 3 个不同占比的条件下，谷物和谷物配比，豆类和豆类配比。例如，在谷物 40，豆类 60 的比例下，藜麦为 22，大麦仁和燕麦的和为 18，两者平均分，各是 9。是一个组合，大麦仁 12，燕麦 6 是一个组合，大麦仁 6，燕麦 12 是一个组合。以此类推。豆类来说，鹰嘴豆和花生的 E/T 值较高，在每个比例下，均按 20、15、10 来组合，剩下的绿豆和白芸豆平均分。按这样的原则来组合原料，以期通过后续实验获得最优配比。

表 4 低 GI 藜麦八宝粥原料配比

Table 4 Raw material ratio of low GI quinoa eight-ingredient porridge

谷物与豆类比例	藜麦	大麦仁	燕麦	鹰嘴豆	花生	绿豆	白芸豆	红小豆	E/T 氨基酸评价模式	体外消化 GI 值	感官评价
40:60	22	12	6	20	20	5	5	10	0.38	51.1	79.7±0.7 ^b
	22	9	9	15	15	10	10	10	0.39	50.6	81.5±0.8 ^{ab}
	22	6	12	10	10	15	15	10	0.38	49.7	80.9±1.1 ^{ab}
35:65	22	9	4	20	20	7.5	7.5	10	0.39	48.3	83.3±1.2 ^a
	22	6.5	6.5	15	15	12.5	12.5	10	0.41	46.6	82.0±0.8 ^{ab}
	22	4	9	10	10	17.5	17.5	10	0.40	47.2	82.8±1.2 ^{ab}
30:70	22	6	2	20	20	10	10	10	0.41	46.4	78.6±0.8 ^b
	22	4	4	15	15	15	15	10	0.41	45.6	80.3±0.9 ^b
	22	2	6	10	10	20	20	10	0.41	44.8	79.4±0.9 ^b

注：表中数值为平均值±标准差 (n=3)，同一列中不同字母表示有显著性差异 (p<0.05)。

由表 4 可知，影响八宝粥 E/T 比值的主要因素是谷物与豆类的比例。当豆类比例增大时，八宝粥 E/T 比值由 0.38 上升到 0.41，逐渐达到 FAO/WHO 推荐氨基酸模式 E/T≥0.4 的要求，豆类较高的氨基酸营养特性提升了八宝粥营养品质。与此同时，八宝粥体外消化 GI 值降低，这是由于豆类淀粉含量低，淀粉中抗性淀粉含量高。感官评价结果得出，当原料中谷物与豆类比例为 35:65 时，八宝粥感官评价得分较高，此时八宝粥滋味丰富、饱满，色泽呈鲜艳的棕红色；谷物籽粒完整、有嚼劲；豆类口感绵软，少量籽粒有轻微裂口；八宝粥有粘稠度，静置后有轻微分层。综合考虑八宝粥氨基酸 E/T 比值、体外消化 GI 值及感官评分，优选谷物与豆类比例为 35:65，谷物中藜麦、大麦仁、燕麦比例为 22:6.5:6.5，豆类中鹰嘴豆、花生、绿豆、白芸豆、红小豆比例为 15:15:12.5:12.5:10，作为最佳配比。此配比下，藜麦八宝粥体外消化 GI 为 46.6、氨基酸 E/T 为 0.41、感官评分 82.0。

夏金丹^[17]通过原料优化，使青稞、黄豆八宝粥的氨基酸 E/T 达到 0.40~0.42，但没有结合感官评价。刘凤仪^[18]利用粥体汤汁的粘度进行了自稳定体系低 GI 八宝粥产品开发，但未对产品蛋白质营养特性进

行评价。本文对产品氨基酸 E/T 值、口感、体外消化 GI 值进行综合评价以确定最佳原料配比，更具有合理性。

2.4 低 GI 藜麦八宝粥人体 GI 值测定

2.4.1 参考食物及受试物血糖浓度

碳水化合物是人体能量的重要来源，在人体内被酶解成单糖进入血液，通常情况下食用 30 min 后会使人体的血糖浓度上升到最大值。

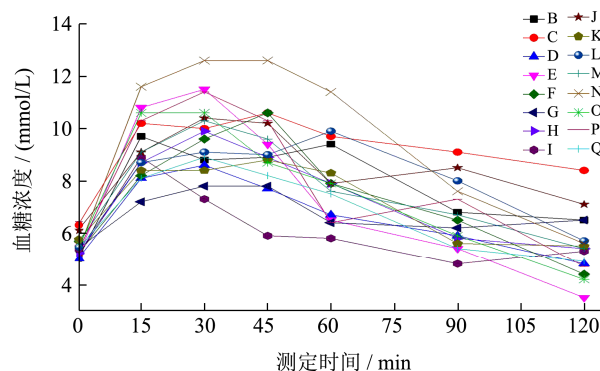


图 1 第一次食用葡萄糖的血糖浓度

Fig.1 The blood glucose concentration of the first consumption of glucose

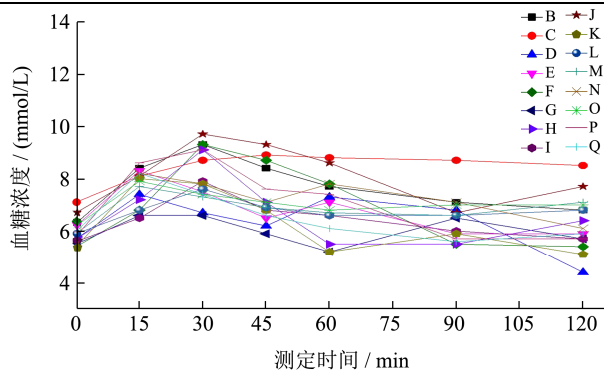


图2 食用低GI藜麦八宝粥的血糖浓度

Fig.2 The blood glucose concentration of low GI quinoa eight-ingredient porridge

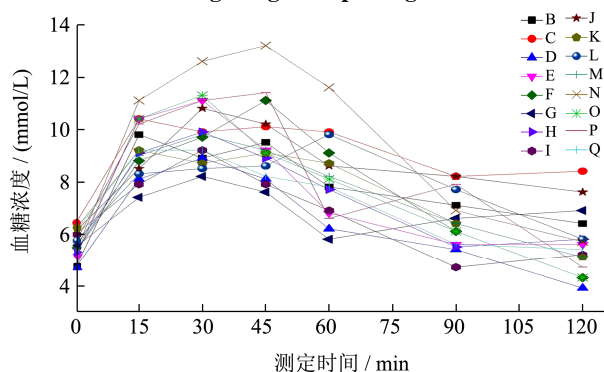


图3 第二次食用葡萄糖的血糖浓度

Fig.3 The blood glucose concentration of the second consumption of glucose

本试验设计参考食物为50g葡萄糖,受试物为含50g碳水化合物的藜麦八宝粥,受试者16人,男女各半。

由图1、图3可见,食用葡萄糖后,多数受试者血糖浓度在30min内迅速升高到最大值,另有3~4名受试者于45min内达到最大值;受试者峰值血糖浓度为13.0mmol/L。由图2可以知道,食用藜麦八宝粥后,受试者血糖浓度上升较为平缓,除1人外其他15人血糖浓度在30min时达到最大值,受试者峰值血糖浓度为9.7mmol/L,食用藜麦八宝粥血糖浓度的增幅程度显著低于食用对照物葡萄糖。餐后血糖上升缓慢有利于饱腹感的维持,减缓饥饿感的产生^[19]。从3组曲线整体走势分析,藜麦八宝粥的餐后血糖浓度曲线变化较葡萄糖曲线平稳,因此藜麦八宝粥有稳定餐后血糖浓度的效果,这一结论与刘义凤^[18]的结论相同。

2.4.2 低GI藜麦八宝粥的GI值

受试人员共计16人,男女各半,根据《食物血糖生成指数测定方法WS/T 652-2019》计算各受试者GI值,并以所有受试者GI平均值作为最终结果。由测定结果可见,16名受试者中2人GI值高于55,其余14人GI值在26~55之间,16人GI平均值为48。人体试验测定结果显示藜麦八宝粥GI值为48,属于低GI食品,具有延缓血糖生成的作用。

表5 低GI藜麦八宝粥的GI值

Table 5 GI value of low GI quinoa eight-ingredient porridge

指标	第一次葡萄糖血糖曲线下增值面积	第二次葡萄糖血糖曲线下增值面积	两次葡萄糖面积平均值	八宝粥血糖曲线下增值面积	GI
1	350	379	365	182	50
2	371	331	351	206	59
3	203	208	206	86	42
4	263	290	277	145	52
5	280	300	290	142	49
6	162	161	162	74	46
7	260	248	254	125	49
8	152	169	161	87	54
9	299	310	305	163	53
10	180	172	176	102	58
11	354	278	316	136	43
12	258	254	256	98	38
13	524	500	512	174	34
14	259	307	283	137	48
15	317	305	311	150	48
16	175	137	156	67	43
GI 平均值					48

3 结论

3.1 本文以低 GI 藜麦八宝粥为研究对象,以高营养低升糖为目的,利用谷物和豆类的淀粉、蛋白质特性对产品进行蛋白质 E/T 营养评价、体外消化 GI 值测定及感官评价,以优化原料配比;并通过规范的人体试验测定最终产品 GI 值。实验结果表明,原料最佳配比为谷物与豆类比例 35:65,谷物中藜麦、大麦仁、燕麦比例为 22:6.5:6.5,豆类中鹰嘴豆、花生、绿豆、白芸豆、红小豆比例为 15:15:12.5:12.5:10。此条件下藜麦八宝粥体外消化值为 46.6、氨基酸 E/T 为 0.41、感官评分 82.0。在此配比下通过人体试验测得产品 GI 值为 48,属于低 GI 食品,具有稳定血糖的作用。该八宝粥滋味丰富、饱满,色泽呈鲜艳的棕红色,兼具高营养、低升糖特性。

3.2 摄取低升糖指数食物以有效控制血糖,是治疗糖尿病最基本的方法。糖代谢异常人群对食品的需求在追求低升糖特性的基础上越来越注重产品的营养品质,八宝粥以其方便、营养的特点深受消费者喜爱。低 GI 藜麦八宝粥的研制为其他低升糖食品的开发提供了借鉴,未来低 GI、体重控制等功能性食品,将具有很好的市场前景。

参考文献

- [1] 于洋,苑琳琳,史海燕,等.既是食品又是中药材物质调节血糖研究进展[J].营养学报,2018,40(5):498-502
YU Yang, YUAN Lin-lin, SHI Hai-yan, et al. Advances on regulating blood sugar by homologues of drug and food [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2018, 40(5): 498-502
- [2] 王贞,陈和清.低升糖指数饮食与心血管疾病的关 系[J].实用心脑血管病杂志,2015,23(2):159-160
WANG Zhen, CHEN He-qing. Relationship between low glycemic index diet and cardiovascular diseases [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2015, 23(2): 159-160
- [3] Brand-Miller J, Hayne S, Petocz P, et al. Low-glycemic index diets in the management of diabetes: a meta-analysis of randomized controlled trials [J]. Diabetes Care, 2003, 26(8): 2261-2267
- [4] Qiong Wang, Wei Xia, Zhigang Zhao, et al. Effects comparison between low glycemic index diets and high glycemic index diets on Hb A1c and fructosamine for patients with diabetes: a systematic review and meta-analysis [J]. Prim Care Diabetes, 2015, 9(5):362-369
- [5] Kaur B, Ranawana V, Teh A L, et al. The impact of a low glycemic index (GI) breakfast and snack on daily blood glucose profiles and food intake in young Chinese adult males [J]. J Clin Transl Endocrinol, 2015, 2(3): 92-98
- [6] Tang Y, Zhang B, Li X, et al. Bound phenolics of quinoa seeds released by acid, alkaline, and enzymatic treatments and their antioxidant and α -glucosidase and pancreatic lipase inhibitory effects [J]. Agric Food Chem, 2016, 64: 1712-1719
- [7] 王玉玲.藜麦基本营养成分分析及黄酮提取物的生物活性研究[D].太原:山西大学,2018
WANG Yu-ling. Research on basic nutritional components of quinoa and the biological activity of their flavonoids extracts [D]. Taiyuan: Shanxi University, 2018
- [8] 兰景波.氨基酸互补作用存在的判别标准及互补的优化[J].食品科学,1988,4:10-16
LAN Jing-bo. Criteria for the existence of amino acid complementation and optimization of their complementation [J]. Food Science, 1988, 4: 10-16
- [9] 梁霞,周柏玲,王海平,等.藜麦八宝粥的制备工艺[J].现代食品科技,2020,36(12):1-9
LIANG Xia, ZHOU Bai-ling, WANG Hai-ping, et al. Preparation technology of quinoa eight-ingredient porridge [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(12): 1-9
- [10] 杨文灿.苦荞八宝粥的加工工艺及功能成分研究[D].晋中:山西农业大学,2014
YANG Wen-can. The study on development of buckwheat eight ingredients porridge and its functional components [D]. Jinzhong: Shanxi Agricultural University, 2014
- [11] 李铁梅.马铃薯减肥代餐粉研究及消化特性评价[D].邯郸:河北工程大学,2019
LI Tie-mei. Study on potato weight loss meal replacement powder and evaluation of digestive properties [D]. Handan: Hebei University of Engineering, 2019
- [12] 康晶燕,傅楠,王勇,等.混合膳食组成对体外消化过程中 GI 与食物消解的影响[J].现代食品科技,2018,34(2):102-109
KANG Jing-yan, FU Nan, WANG Yong, et al. Effects of mixed dietary constituents on GI and food degradation during *in vitro* digestion [J]. Modern Food Science and Technology, 2018, 34(2): 102-109
- [13] Robbins C T, Felicetti L A, Florn S T. The impact of protein quality on stable nitrogen isotope ratio discrimination and assimilated diet estimation [J]. Biomedical and Life Sciences, 2010, 162(3): 571-579

(下转第 100 页)