

杂粮特膳米血糖生成指数及血糖负荷的研究

柳嘉¹, 杜玉兰², 刘国玉¹, 周文萱¹, 欧阳道福², 喻勤², 严建刚², 孙忠伟², 刘士伟¹, 刘亚旭¹, 林静¹, 段盛林¹

(1. 中国食品发酵工业研究院, 北京 100015) (2. 完美中国有限公司, 广东广州 528402)

摘要: 本文研究了杂粮特膳米血糖生成指数及血糖负荷, 为糖尿病等慢性患者的饮食选择提供参考。通过测定杂粮特膳米饭、泰国香米饭、馒头和香米粥的血糖生成指数 (Glycemic index, GI) 和血糖负荷 (Glycemic load, GL) 值, 同时测定各个受试物的升糖速率和降糖速率, 对杂粮特膳米的控糖优势进行评估。结果表明, 杂粮特膳米饭的 GI 值为 65.8, GL 值为 9.83; 泰国香米饭的 GI 值为 76.3, GL 值为 15.09; 馒头的 GI 值为 85.4, GL 值为 15.82; 香米粥 GI 值为 79.7, GL 值为 15.76, 与葡萄糖、泰国香米饭、馒头和香米粥相比, 杂粮特膳米饭的 GI 和 GL 值最低, 升糖速率和降糖速率亦最低, 因此, 其引起人体餐后血糖的反应更小, 更适合糖尿病等慢性病患者食用。本文结果表明杂粮特膳米具有较低的 GI 和 GL 值, 食用后有助于维持餐后血糖的稳定。

关键词: 杂粮特膳米; 泰国香米; 馒头; 香米粥; 血糖生成指数; 血糖负荷

文章编号: 1673-9078(2018)03-19-24

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.03.003

Glycemic Index and Blood Glucose Load of Coarse Cereal Functional Rice

LIU Jia¹, DU Yu-lan², LIU Guo-yu¹, ZHOU Wen-xuan¹, OUYANG Dao-fu², YU Qin², YAN Jian-gang², SUN Zhong-wei², LIU Shi-wei¹, LIU Ya-xu¹, LIN Jing¹, DUAN Sheng-lin¹

(1.China National Research Institute of Food & Fermentation Industries, Beijing 100015, China)

(2.Perfect (China) Co., Ltd, Guangzhou 528402, China)

Abstract: The glycemic index and blood glucose load of coarse cereal functional rice were investigated in this study, to provide reference for the diet selection of patients with chronic diseases such as diabetes mellitus. The glycemic index (GI), glycemic load (GL), as well as increased and decreased blood glucose rate of different staples (coarse cereal functional rice, thai fragrant rice, steamed bread and rice porridge) were measured to assess the blood glucose controlling ability of coarse cereals functional rice. The results showed that the GI values of coarse cereal functional rice, thai fragrant rice, steamed bread and rice porridge were 65.8, 76.3, 85.4, and 79.7, respectively, and the GL values of those were 9.83, 15.09, 15.82, and 15.76, respectively. Compared with the glucose, thai fragrant rice, steamed bread, and rice porridge, the GL value and the rate of blood glucose increase or decrease for coarse cereal functional rice were all the lowest. Therefore, its blood glucose response was the smallest, it was more suitable as the healthy staple food for diabetic patients. The results showed that coarse cereal functional rice had lower GI and GL values, which would help maintaining the stability of postprandial blood glucose.

Key words: coarse cereal functional rice; thai fragrant rice; steamed bread; rice porridge; glycemic index; glycemic load

近年来, 我国居民的饮食结构发生了巨大变化: 谷物摄入量减少且从粗粮向精米精面转变, 脂肪和蛋类制品的消费大幅增加, 脂肪供能比明显上升^[1]。2006~2015年, 居民膳食结构逐渐由低脂膳食向高脂膳食转变, 至2011年底, 居民谷物供能占总能量的比高, 因此, 科学积极的饮食干预成为人们关注的重点。食物血糖生成指数 (glycemic index, GI) 的概念由加

收稿日期: 2017-09-27

基金项目: 北京市科技计划 (D171100001917003)

作者简介: 柳嘉 (1985-), 女, 高级工程师, 博士, 食品营养; 杜玉兰 (1981-), 女, 食品工程师, 硕士, 制糖工程 (共同第一作者)

通讯作者: 段盛林 (1968-), 男, 教授级高级工程师, 硕士, 研究方向: 功能食品

例为 40.74%, 已低于平衡膳食模式推荐的 50%~60%^[2]。饮食结构的改变使糖尿病发病率逐年升拿大学者 Jenkins 等^[3]提出, 用于描述人体对食物的消化吸收速率和由此引起的血糖应答, 是食物的生理学参数。以葡萄糖 GI 为 100, 根据 GI 值不同, 又分为低 GI 食物 (GI<55)、高 GI 食物 (GI>70) 和中 GI 食物 (55<GI<70)^[4]。食物血糖负荷 (glycemic load, GL) 是指实际摄入的有效碳水化合物质量与其 GI 的乘积, GL 值可以将摄入碳水化合物的“质”和“量”结合起来衡量, 用来推算膳食总血糖效应^[5]。大量研究表明, 高 GI 和高 GL 食物是引起糖尿病等慢性疾病发病率逐年升高的重要原因^[6-8]。传统饮食干预关注的是单一营养素的作用, 而实际生活中, 摄入的是含有

多种营养素的混合膳食。因此,研究整体膳食模式在人类疾病中的作用更为科学合理。影响食物血糖反应的因素很多,包括淀粉比例、膳食纤维含量、抗性淀粉、蛋白质与脂肪、抗营养素和糖元种类、有机酸、矿物质、加工方式和食物结构等^[9-14],研究发现,青稞等杂粮含有丰富的膳食纤维及营养因子,GI 值较低。本研究中的杂粮特膳米是以青稞、燕麦等粗杂粮经挤压重组技术制成的一种工程米,具有低碳水化合物、高膳食纤维及高蛋白等特点。因此,本研究利用国际测量方法对杂粮特膳米饭、泰国香米饭、馒头和香米粥的 GI 和 GL 值进行测定和比较,明确杂粮特膳米的控糖优势,旨在为糖尿病患者的饮食提供参考。用于描述人体对食物的消化吸收速率和由此引起的血糖应答。

1 材料与方法

1.1 受试对象

受试对象均为实验室职工和学生,符合以下条件:
(1)身体健康、无糖尿病家族史或其他代谢性疾病史;
(2)年龄 21~34 岁,体重指数(BMI)18.5~23.9 kg/m²;
(3)近期末服用影响糖代谢药物和保健品(包括避孕药);
(4)近三个月内未患重病住院治疗或手术治疗。每种受试物均有 10 名志愿者(男女各半)参加,试验前均签署知情同意书。

表 1 受试物的原料和营养成分含量

Table 1 The raw material and nutrient content of the test samples

受试物	可利用碳水化合物/g	食用量/g	蛋白质/g	脂肪/g	总膳食纤维/g
杂粮特膳米饭	25	41.8	9.2	1.1	2.0
泰国香米饭	25	31.6	2.1	0	-
香米粥	25	31.6	2.1	0	-
馒头	25	47.2	3.9	0	-

注:可利用碳水化合物是指可以被吸收到血液中并能在消耗时增加血糖水平的碳水化合物。

表 2 受试物加工方式

Table 2 The processing methods of the test samples

受试物	加热方式	加水量/g	加热时间/min
杂粮特膳米饭	蒸	31.6	30
泰国香米饭	蒸	41.8	30
香米粥	煮	250	50
馒头	蒸	-	20

1.3.2 受试物血糖应答试验

糖耐量试验合格者,进行受试物血糖应答试验,三种受试物测定间隔一周,试验当天清晨测定空腹血糖后,进食受试物,于 15, 30, 45, 60, 90 及 120 min 各采血一次,用血糖仪测定血糖,并记录。

1.2 受试食物

标准参照物:以食用级纯葡萄糖作为标准参照物,每人份 25 g,其余每种受试物的使用量按照含 25 g 可利用碳水化合物标准折算。

杂粮特膳米:杂粮特膳米为实验室制备,以玉米粉、粳米粉、大豆分离蛋白、青稞面、菊粉、燕麦粉、谷朊粉、南瓜粉、魔芋粉、玉米肽和纤维豆粉为原料挤压制成。

泰国香米和馒头:购自超市。实验受试物的食用量及主要营养成分含量见表 1,受试物加工方式具体见表 2。

1.3 研究方法

1.3.1 口服糖耐量试验

参考 ISO 26642:2010 国际标准方法进行测定,采集指尖血进行血糖测定^[15]。所有受试对象定于早 8 点进行空腹测试。测定受试者采血手指用酒精棉球消毒,挥干后用无菌采血针采血,用强生稳豪型血糖仪测定血糖。需测定空腹血糖 2 次,间隔不超过 5 min。然后,将备好的含 25 g 葡萄糖的葡萄糖水(250 mL)给与受试对象并在 12~15 min 内食用完毕,于 15, 30, 45, 60, 90 及 120 min 各采血一次,用血糖仪测定血糖,并记录。

1.4 数据计算

1.4.1 食物 GI 和 GL 的计算方法

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。食物 GI 值计算采用 Wolever^[4]的

方法。计算空腹血糖水平以上曲线下面积 IAUC (incremental area under the curve, IAUC), 如果血糖水平低于基线, 则低于空腹血糖水平面积忽略不计。食物 GI 以葡萄糖 (GI=100) 作为参考来计算^[8]。

$GI = (\text{被测食物餐后 } 2 \text{ h 内血糖曲线下增值面积} / \text{等量葡萄糖餐后 } 2 \text{ h 内血糖曲线下增值面积}) \times 100$

食物 GL 值是指摄入的食物中实际可利用碳水化合物的重量与其 GI 的乘积, 用来估计膳食总的血糖效应, 其计算公式为 $GL = GI \times (\text{摄入受试食物的质量} \times \text{受试食物中碳水化合物的百分含量}) / 100$ ^[4]。(本研究中摄入受试食物的质量按一个交换份 25 g 的质量计算。)

1.5 统计学方法

数据均采用 Excel 处理, 采用 SPSS 13.0 软件进行 t 检验两两比较, 以 $p < 0.05$ 表示有显著性差异。

2 结果与讨论

2.1 受试物的 GI 值和 GL 值

各受试物的 GI 值和 GL 值由表 3 所示, 以葡萄糖为参照物 (GI=100), 根据 GI 值分类, 55~70 为中 GI, 因此, 杂粮特膳米饭属于中 GI 食物, 而泰国香米饭、香米粥及馒头为高 GI 食物。杂粮特膳米饭 GI 值与葡萄糖 GI 值比较, 差异有统计学意义 ($p < 0.05$)。

食物 GL 值是食物中碳水化合物的性质和摄入量综合反映。GL 的提出对 GI 起到了补充的作用, 它衡量人体食用食物量下的食物血糖影响, 有的食物 GI 高但是食用时摄入的可利用碳水化合物低, 则 GL 相对低, 对人体的血糖影响便相对较小。因此, 在选择食物和搭配膳食结构时, 按照 GI 和 GL 相结合的理念去选择搭配膳食, 既考虑到食物可利用碳水化合物的消化特性-消化吸收的速度 (GI 值), 又要照顾到食物含碳水化物的总量及对血糖负荷的影响 (GL 值), 这样的食物选择方式才是更合理的。

在本研究中, 受试对象进食可利用碳水化合物的量为 25 g, 换算为食用一个交换份的质量后, 杂粮特膳米饭、泰国香米饭、馒头、香米粥的人体 GL 值分别为 9.83、15.09、15.82 和 15.76, 一般认为 $GL \geq 20$ 为高负荷饮食, 表示对血糖影响很大, $10 \leq GL \leq 19$ 为中负荷饮食, 表示对血糖影响不大, $GL < 10$ 为低负荷饮食, 表示对血糖的影响很小。由此可知, 杂粮特膳米饭为低 GL 食物, 这意味着杂粮特膳米饭与馒头、泰国香米饭、香米粥相比更适合作为糖尿病人的主食选择。

表 3 受试物的 GI 值和 GL 值

Table 3 The GI and GL values of the test samples

受试物	GI	GL
葡萄糖	100	-
杂粮特膳米饭	65.8*	9.83
泰国香米饭	76.3	15.09
馒头	85.4	15.82
香米粥	79.7	15.76

注: *代表与葡萄糖 GI 值相比, $p < 0.05$ 。

2.2 所有受试物血糖曲线分析

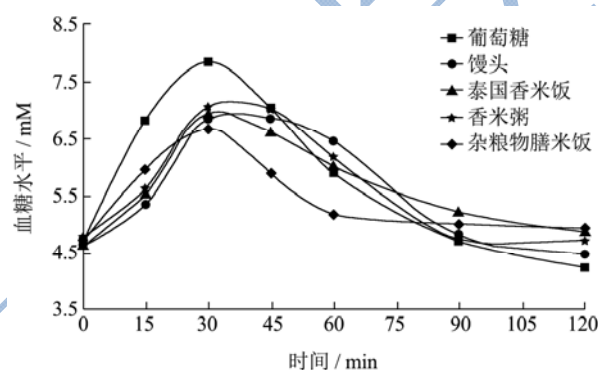


图 1 受试物的血糖应答曲线 (n=10)

Fig.1 The blood glucose response curve of the test samples (n = 10)

碳水化合物食物水解后释放的单糖有的进入血液直接被组织利用, 或以糖原方式储存于肝脏及肌肉组织, 或转变为脂肪而成为人体的能量储备。因此, 进食含碳水化合物食物 15~30 min 后, 血浆葡萄糖水平开始升高。人体通过分泌胰岛素, 促进葡萄糖进入肝脏合成糖原和脂肪, 进入细胞被氧化利用, 同时抑制脂肪酸的生成和糖异生作用, 从而降低血糖水平。2 h 后, 血糖恢复到空腹水平, 此为餐后血糖反应。将受试者进食受试物后各个时间点的血糖值进行平均计算, 分析餐后 2 h 的血糖应答情况, 如图 1 所示, 血糖峰值最高的受试物为葡萄糖, 其次为香米粥、泰国香米饭、馒头、杂粮特膳米饭。在进食 60 min 后, 杂粮特膳米饭血糖值最低, 120 min 时葡萄糖最低。以 4.6 为空腹血糖平均值, 在 120 min 时, 馒头和葡萄糖餐后 2 h 血糖值都低于空腹血糖, 泰国香米饭和杂粮特膳米饭 2 h 血糖值高于空腹血糖, 香米粥则约等于空腹血糖。

进食受试物后 (图 1), 前 30 min 内, 血糖逐渐升高, 而在 45~120 min 内, 血糖逐渐降低, 通过计算升糖和降糖速率, 可以看出受试物拟合曲线的线性速率变化。由表 4 可知, 升糖过程中, 葡萄糖斜率最大, 因此升糖速度最快, 其次是泰国香米饭、香米粥、馒

头、杂粮特膳米饭，杂粮特膳米饭升糖速率最慢。在降糖过程中，葡萄糖的降糖速度依然最快，其次是香米粥、馒头、泰国香米饭，而杂粮特膳米饭的降糖速

度最慢。进食杂粮特膳米饭 60 min 后，血糖水平趋于稳定，具有很好的维持餐后血糖的效果。

表 4 受试物升糖速率和降糖速率

Table 4 The increased and decreased blood glucose rates of the test samples

受试物	0~30 min 升糖函数	升糖速率	45~120 min 降糖函数	降糖速率
葡萄糖	$y=0.1055x+4.8381$	0.1055	$y=-0.0406x+8.7369$	0.0406
杂粮特膳米饭	$y=0.0653x+4.7833$	0.0653	$y=-0.0108x+6.1007$	0.0108
泰国香米饭	$y=0.078x+4.5067$	0.078	$y=-0.0239x+7.5697$	0.0239
馒头	$y=0.073x+4.485$	0.073	$y=-0.0293x+7.8968$	0.0293
香米粥	$y=0.0767x+4.6467$	0.0767	$y=-0.0303x+8.0206$	0.0303

2.3 杂粮特膳米餐后血糖应答分析

餐后血糖的动态变化既反映外源性受试物的消化吸收状况，又反映食物对血糖的影响。从血糖应答曲线分析，杂粮特膳米饭的餐后血糖波动明显小于葡萄糖，具体表现在血糖缓慢升高，缓慢下降，从而使餐后血糖的变化呈现更稳定的态势。两种受试物的血糖应答曲线如图 1 所示，受试物两两之间的血糖应答统计学分析结果见表 5。

根据血糖应答曲线可知，在 120 min 内，食用葡萄糖和杂粮特膳米饭的血糖应答曲线在前 30 min 内上升至峰值，随后持续下降；杂粮特膳米饭的血糖应答曲线从 60 min 开始缓慢下降并持续至试验结束，整体波动较葡萄糖组平稳。根据统计分析结果可知（表 5），两种受试物空腹血糖（0 min）均在正常值范围内，且二者之间无统计学差异（ $p=0.915$ ）。从食用后 15 min 到 60 min，葡萄糖导致的血糖值高于杂粮特膳米饭，且各点均具有统计学差异（ $p<0.05$ ），两种受试物均在第 30 min 达到峰值，但杂粮特膳米饭的血糖应答峰值低于葡萄糖。

表 5 各时点葡萄糖与杂粮特膳米饭血糖应答方差分析结果

Table 5 Analysis results of the glycemic response variance of glucose and coarse cereal functional rice at different time points

时点/min	血糖均值 ($\bar{x}\pm se$, mM/L)		P
	葡萄糖	杂粮特膳米饭	
0	4.68±0.14	4.70±0.11	0.915
15*	6.79±0.14	5.93±0.24	0.000
30*	7.82±0.25	6.66±0.21	0.002
45*	7.03±0.36	5.88±0.21	0.002
60*	5.89±0.38	5.18±0.15	0.012
90	4.71±0.26	5.01±0.16	0.098
120	4.23±0.10	4.93±0.11	0.260

注：*表示同时刻不同样品间相比，有统计学差异（ $p<0.05$ ）。

2.4 杂粮特膳米饭血糖曲线下面积

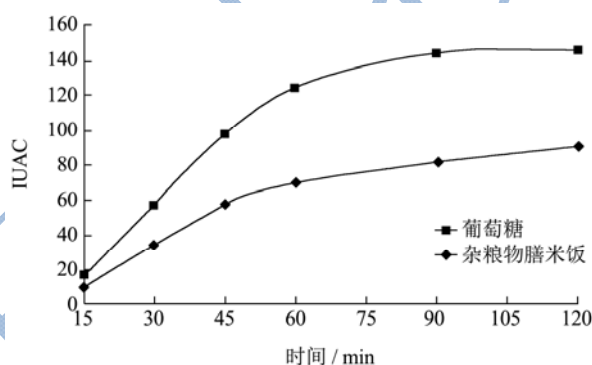


图 2 葡萄糖及杂粮特膳米饭的血糖曲线下面积

Fig.2 The area under the glycemic curve of the glucose and coarse cereal functional rice

血糖曲线下面积是描述血糖应答在某个时段内反应的综合性指标。从血糖曲线下面积分析，杂粮特膳米饭和葡萄糖引起的血糖反应存在明显不同，杂粮特膳米饭的餐后血糖变化小于葡萄糖。

通过方差分析可知（见表 6），在各个时点，摄入葡萄糖后的血糖曲线下面积均与杂粮特膳米饭血糖曲线下面积存在统计学差异（ $p<0.05$ ）。表明摄入葡萄糖与杂粮特膳米饭后的血糖反应存在明显不同。

影响食物血糖应答的因素很多，包括碳水化合物的性质（如直链淀粉和支链淀粉等）、蛋白质、脂肪、膳食纤维的类型和含量、进食体积等。研究发现，直链淀粉易老化、糊化温度高^[16]，支链淀粉分支多，两者与淀粉酶作用时，支链淀粉更易与淀粉酶结合生成较多葡萄糖。因此，支链淀粉含量高的食物 GI 值较高。面包中直链淀粉比例越高，其 GI 值越小。印度香米中直链淀粉含量为 28%，GI 为 64，糯米直链淀粉含量为 0~2%，GI 为 88^[17]。膳食纤维降低食物 GI 效果显著，随着膳食纤维含量的增加，GI 值降低^[18]，在理化分析中，杂粮特膳米中含有丰富的谷物和植物来源的膳食纤维，包括玉米、青稞、菊芋、燕麦、魔

芋和南瓜等,这些膳食纤维可控制餐后血糖急速上升和改善糖耐量,因此,杂粮特膳米 GI 值较低可能与其含有较为丰富的膳食纤维有关^[19,20]。蛋白质和脂肪均能影响食物的 GI 值,蛋白质能促进机体合成胰岛素,加快葡萄糖的转运,维持血糖正常水平,因此,杂粮特膳米中富含大豆分离蛋白,其蛋白质含量丰富,GI 较低。另外,杂粮特膳米中的配方食物来源丰富,与其他主食单一碳水化合物来源相比,杂粮特膳米的原料可能还含有一定功能成分,如玉米黄质、叶黄素、胡萝卜素和番茄红素等,具有一定抗氧化活性,以及保护眼部功能及心脑血管等的潜在功能^[21]。因此,杂粮特膳米非常适合长期对慢病人群进行营养干预,在控制血糖、改善靶器官的功能以及改善肠道微生态等方面,都有较为积极的作用。

表 6 各时点葡萄糖与杂粮特膳米饭血糖应答曲线下面积方差分析结果

Table 6 Analysis results of the area under the glycemic response variance curve of glucose and coarse cereal functional rice at different time points

时点/min	血糖曲线下面积均值 ($\bar{x} \pm s_e$)		P
	葡萄糖	杂粮特膳米饭	
15*	15.86±1.52	9.23±1.74	0.000
30*	55.30±2.80	33.15±3.88	0.010
45*	96.55±4.29	56.70±4.37	0.000
60*	123.30±7.09	69.15±4.67	0.000
90*	143.58±9.92	81.09±5.68	0.000
120*	145.53±9.75	90.39±7.68	0.000

注: *表示同时刻不同样品间相比,有统计学差异($p < 0.05$)。

3 结论

3.1 本研究中的杂粮特膳米是以青稞、玉米、南瓜粉和燕麦粉等粗杂粮为主要原料打磨成粉,添加菊粉、魔芋和大豆分离蛋白等天然营养物质,经生物耦合挤压重组技术制成的营养丰富,复水后风味、形状等与普通大米类似的一种工程米,具有低可利用碳水化合物、高膳食纤维和高蛋白质等特点。杂粮特膳米饭与其他的碳水化合物食物来源如葡萄糖、泰国香米饭、香米粥和馒头等相比较,GI 较低,血糖生成较为缓慢。食用杂粮特膳米饭,15 min 至 60 min,等量碳水化合物的杂粮特膳米饭血糖反应显著低于葡萄糖。

3.2 此外,生成葡萄糖较快的主食能引发胰岛素的快速大量分泌,导致 2 h 血糖较空腹血糖低,通常更容易引起饥饿感,杂粮特膳米饭的饱腹感较强,消化慢,因此餐后 2 h 血糖相对葡萄糖较高,血糖水平高于空

腹水平,餐后饥饿感相对较小。从血糖升高速度来看,杂粮特膳米饭升糖速度较慢,血糖稳态优于葡萄糖、泰国香米饭、香米粥和馒头;另外从血糖降低速度来看,杂粮特膳米饭在受试的主食中最为缓慢,维持血糖平稳方面能力最优。

3.3 综上所述,与葡萄糖及其他受试物相比,杂粮特膳米具有较低的 GI 和 GL 值,升糖及降糖速率较低,血糖波动幅度小,适合控糖人群食用。

参考文献

- [1] 袁宝君,戴月,罗亚洲,等.江苏地区居民膳食结构与营养状况变迁研究[C].中国营养学会特殊营养八次学术会议,2012
YUAN Bao-jun, DAI Yue, LUO Ya-zhou, et al. Study on transition of dietary pattern in Jiangsu province [C]. 2012
- [2] 陈慧中,刘博.2006~2015 年沈阳市居民膳食结构变化趋势分析[J].预防医学论坛,2017,23(9):644-646
CHEN Hui-zhong, LIU Bo. Analysis on the dietary structure changing trends among residents, Shenyang city, 2016-2015 [J]. Preventive Medicine Tribune, 2017, 23(9): 644-646
- [3] Bolsinger J, Landstrom M, Pronczuk A, et al. Low glycemic load diets protect against metabolic syndrome and Type 2 diabetes mellitus in the male Nile rat [J]. Journal of Nutritional Biochemistry, 2017, 42: 134
- [4] Jenkins D J, Wolever T M, Taylor R H, et al. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange [J]. American Journal of Clinical Nutrition, 1981, 34(3): 362-366
- [5] Salmeron J, Ascherio A, E B Rimm, et al. Dietary fiber, glycemic load, and risk of NIDDM in men [J]. Diabetes Care, 1997, 20(4): 545-550
- [6] Augustin LSA, Kendall CWC, Jenkins DJA, et al. Glycemic index, glycemic load and glycemic response: an international scientific consensus summit from the international carbohydrate quality consortium (ICQC) [J]. Nutrition Metabolism & Cardiovascular Diseases, 2015, 25(9): 795
- [7] Juanolafalgarona M, Salassalvadó J, Builcosiales P, et al. Dietary glycemic index and glycemic load are positively associated with risk of developing metabolic syndrome in middle-aged and elderly adults [J]. Journal of the American Geriatrics Society, 2015, 63(10): 1991-2000
- [8] Eleazu C O. The concept of low glycemic index and glycemic load foods as panacea for type 2 diabetes mellitus; prospects, challenges and solutions [J]. African Health Sciences, 2016, 16(2): 468
- [9] 王红伟,杨月欣.餐后血糖应答反应的影响因素及其调控[J].

- 卫生研究,2006,35(2):234-237
WANG Hong-wei, YANG Yue-xin. Factors and regulation of postprandial blood glucose response [J]. Journal of Hygiene Research, 2006, 35(2): 234-237
- [10] 郭宝福,翟成凯,姜明霞,等. 复配式粗杂粮的营养成分特征及其对人体血糖生成的影响[J]. 卫生研究,2006, 35(4): 450-452
GUO Bao-fu, ZHAI Cheng-kai, JIANG Ming-xia, et al. Analysis of the nutrients contents and the blood glucose response of the mixed grains in chinese people [J]. Journal of Hygiene Research, 2006, 35(4): 450-452
- [11] Akerberg A, Liljeberg H, Bjorck I. Effects of amylose/amylopectin ratio and baking conditions on resistant starch formation and glycaemic indices [J]. Journal of Cereal Science, 1998, 28: 71-80
- [12] 董洋,范志红. 食物成分对餐后血糖影响的研究进展[J]. 中国食物与营养,2014,20(11):70-73
DONG Yang, FAN Zhi-hong. Research advancement of the relationship between dietary components and postprandial glucose [J]. Food and Nutrition in China, 2014, 20(11): 70-73
- [13] 刘静. 膳食血糖生成指数影响因素及预测模型建立的研究[J]. 中国疾病预防控制中心,2008
LIU Jing. A study on prediction model of glycemic index and diet impacting factors [J]. Chinese Center for Disease Control and Prevention, 2008
- [14] Tara Kinnear, Thomas M S Wolever, Agnes M Murphy, et al. Effect of preparation method on the glycaemic index of novel potato clones [J]. Food Funct., 2011, 2(8): 438-444
- [15] Food Products-Determination of the Glycemic Index(GI) and Recommendation for Food Classification. ISO 26642:2010(E)
- [16] 张宋伟,胡婉君,刘兵,等. 湖南省 10 种早籼稻直链淀粉含量和糊化特性的研究[J]. 食品工业科技,2016,37(20):145-149
ZHANG Song-wei, HU Wan-jun, LIU Bing, et al. Study on the amylose content and gelatinization characteristics of ten indica rices in Hunan province [J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(20): 145-149
- [17] Miller J B, Pang E, Bramall L. Rice-A high or low glycemic index food [J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 1992, 56(6): 1034-1036
- [18] Schulz M, Liese A D, Mayer-Davis E J, et al. Nutritional correlates of dietary glycaemic index: new aspects from a population perspective [J]. British Journal of Nutrition, 2005, 94(3): 397-406
- [19] Moghaddam E, Vogt J A, Wolever T. The effects of fat and protein on glycemic responses in nondiabetic humans vary with waist circumference, fasting plasma insulin, and dietary fiber intake [J]. Journal of Nutrition, 2006, 136(10): 2507-2511
- [20] Nimptsch K, Kenfield S, Jensen M K, et al. Dietary glycemic index, glycemic load, insulin index, fiber and whole-grain intake in relation to risk of prostate cancer [J]. Cancer Causes & Control, 2011, 22(1): 51-61
- [21] 任丹丹,张海丽,王惜童,等. 叶黄素与玉米黄质协同抗氧化活性的研究[J]. 食品工业科技,2017,17:296-304
REN Dan-dan, ZHANG Hai-li, WANG Xi-tong, et al. Study on the synergistic antioxidant activity of lutein and zeaxanthin [J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 17: 296-304