

· 快 讯 ·

L-阿拉伯糖对高糖高脂喂养小鼠体质量
及耐糖量的影响周克夫¹, 韩伟¹, 张忠英², 刘明玮¹, 徐聪¹,
刘鹏¹, 吴汉洲¹, 何邈¹, 张厚瑞³

(1. 厦门大学 生命科学学院, 细胞生物学与肿瘤细胞工程教育部重点实验室, 福建 厦门 361005;

2. 厦门市中山医院临床检验中心, 福建 厦门 361004; 3. 中国科学院广西植物研究所, 广西 桂林 541006)

摘要: L-阿拉伯糖作为一种低能量的甜料, 能抑制蔗糖水解酶的活性, 从而抑制蔗糖的吸收。L-阿拉伯糖作为新资源食品已经通过国家卫生部的批准。本研究的目的是探讨唐传生物科技(厦门)有限公司从水稻、玉米秸秆中提取的 L-阿拉伯糖在降低空腹血糖, 提高糖耐量及控制体质量方面的重要生物学功能, 从而为其功能食品的进一步开发提供科学依据。以 20~22 g 昆明小鼠为实验动物, 在给予高糖高脂饲料喂养的同时, 采用高、中、低 3 种剂量口服 L-阿拉伯糖水溶液 1 个月, 以单独喂养高糖高脂饲料喂养组为对照, 实验期间检测小鼠体质量变化和食量。4 周结束后进行小鼠空腹血糖及蔗糖糖耐量试验。结果显示高剂量组(250 mg/只)和中剂量组(150 mg/只)对小鼠空腹血糖有明显降低作用($p < 0.05$), 而低剂量组(30 mg/只)作用不明显。糖耐量试验证明 3 个剂量组的 L-阿拉伯糖都具有明显增强小鼠糖耐量作用, 与对照组有极显著差异($p < 0.01$), 实验过程中未发现实验组与对照组小鼠食量有明显差异。实验结果表明, L-阿拉伯糖能够明显降低喂养高糖高脂饲料小鼠的空腹血糖, 增强糖耐量, 并且能够有效减缓体质量增长趋势。

关键词: L-阿拉伯糖; 糖耐量; 空腹血糖; 体质量

中图分类号: R 962

文献标识码: A

文章编号: 0438-0479(2008)06-0772-05

随着人们生活水平的提高, 肥胖和超重已经成为世界性的流行病之一^[1-2], 人们已经意识到过多食用精加工的碳水化合物造成能量过剩是引起肥胖的一个重要原因, 因为过多的碳水化合物摄入后会转化为脂肪沉积在体内, 同时长期高碳水化合物食品还会造成血糖升高, 增加胰岛的负荷, 长期积累将大大增加患 II 型糖尿病的危险, 并且已经引起了政府和医学界以及食品工业的重视^[3-6], 但是许多人仍然没有改变长期形成的生活习惯。通过降低碳水化合物在肠道的吸收, 达到减少能量吸收的目的是目前研究的热点^[7-10]。天然植物中存在一些能够有效抑制麦芽糖酶和蔗糖酶活性的抑制物。L-阿拉伯糖是其中一种。L-阿拉伯糖, 又称树胶醛糖、果胶糖; 是一种戊醛糖。L-阿拉伯糖作为一种低热量的甜料, 能抑制水解多糖的酶, 其中最具代表性的生理作用是有选择性地影响小肠二糖水解酶中消化蔗糖的蔗糖酶, 从而抑制蔗糖的吸收。抑制因摄入蔗糖而导致的血糖升高, 因此可以抑制肥胖, 预防并治

疗与高血糖相关的疾病^[11-14]。

糖尿病已经成为继心脑血管病, 肿瘤之后第三位严重危害人类健康和生命的慢性疾病, 糖尿病对身体的危害是多方面的, 其中最主要是危害心、脑、肾、血管、神经和皮肤等。而肥胖是引起空腹血糖损伤和减低糖耐量作用的重要因素之一, 通过有效抑制和减少日常生活中糖, 尤其是蔗糖的吸收能够达到减少能量的吸收, 减缓体质量增长, 降低糖尿病发生的危险的目的。有关 L-阿拉伯糖有效抑制蔗糖在肠道的吸收实验国外有相关报道^[11-13], 但国内有关实验还鲜有报道, 并且对于长期喂养高糖高脂食物同时口服 L-阿拉伯糖来监测动物体质量, 空腹血糖和糖耐量变化的研究国内外还未见报道。本研究通过昆明小鼠喂养高糖高脂食物同时口服 L-阿拉伯糖 4 周后, 研究 L-阿拉伯糖对体质量, 空腹血糖和糖耐量的影响。为 L-阿拉伯糖作为具有有效控制体质量, 改善糖耐量作用的功能糖提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1) L-阿拉伯糖(纯度 98%, HPLC)购自唐传生物

收稿日期: 2008-06-26

基金项目: 福建省化学生物重点实验室开放课题基金(0660, K70012)资助

Email: zhoukefu88@gmail.com

科技(厦门)有限公司;高糖高脂饲料由江苏双狮实验动物饲料有限公司配制,配方:基础料 60%,猪油 10%,蔗糖 10%,奶粉 5%,胆固醇 3%,鸡蛋 10%,麻油 2%。

2) SPF 级昆明小鼠,4 周,20~22 g,雄性,数量 100 只,购自厦门大学实验动物中心并在中心饲养(温度,20~22℃;湿度,55%~65%;上午 7:00 至晚上 7:00 照明),食物按 5 g/只/天定量添加,自由饮水。

1.2 实验分组

100 只小鼠随机分为 A、B、C、D 4 组,D 组为对照组。每组 25 只,每笼饲养 5 只,共 20 笼。连续 30 d,每天分上午、下午两次口服 L-阿拉伯糖溶液。L-阿拉伯糖溶液的配制:每克 L-阿拉伯糖溶于 4 mL PBS 中。按下列剂量和方法口服:

A 组:25 只,口服 L-阿拉伯糖 250 mg/只/天;分上午、下午两次;

B 组:25 只,口服 L-阿拉伯糖 150 mg/只/天;分上午、下午两次;

C 组:25 只,口服 L-阿拉伯糖 30 mg/只/天;分上午、下午两次;

D 组:25 只,口服相同剂量的磷酸缓冲液(PBS, pH,7.4)。分上午、下午两次。

1.3 指标检测

1) 体质量及食量监测:实验开始至结束,每 5 天用电子天平称小鼠体质量 1 次,每笼每两天准确称食物 50 g,48 h,计算每天每只小鼠平均食量。

2) 空腹血糖及糖耐量实验:小鼠于实验后第 30 天,空腹 12 h 按常规方法口服 L-阿拉伯糖和 PBS 后 2 h 开始糖耐量检测,分别在口服蔗糖(按 4 g/kg 剂量)0、0.5、2 h 测小鼠尾静脉血糖,血糖检测采用美国强生公司 Lifescan 血糖仪及其配套检测试纸。并按照公式 $AUC = 0.25 \times (BS \text{ value at } 0 \text{ hour} + 4 \times BS \text{ value at } 0.5 \text{ hours} + 3 \times BS \text{ value at } 2 \text{ hours})$ 计算曲线下面积。

1.4 实验数据分析

实验数据统计分析采用 SPSS 13.0 统计软件进行分析。

2 结 果

2.1 L-阿拉伯糖对小鼠食量的影响

比较实验组与对照组 4 周内食量变化发现,实验组与对照组在食量方面没有明显差别($p > 0.05$),说明 L-阿拉伯糖不会造成小鼠食欲发生明显变化。结果见表 1。

2.2 L-阿拉伯糖对小鼠体质量的作用

从表 2 发现,实验组高、中剂量组小鼠体质量增加明显比对照组少,从第 5 天开始至 4 周实验结束,实验与对照组之间体质量有明显差异($p < 0.05$),但低剂量组与对照组间无统计学上差异,结果见表 2。

表 1 各组小鼠食量比较

Tab. 1 Dietary of the mice between experiment group and control group

组别	每只小鼠日均食量/g	p 值
A 组(250 mg/只)	4.86 ±0.52	0.889
B 组(150 mg/只)	4.76 ±0.49	0.876
C 组(30 mg/只)	4.91 ±0.50	0.852
D 组(对照)	4.93 ±0.55	0.90

2.3 L-阿拉伯糖对小鼠空腹血糖及糖耐量的影响

2.3.1 对空腹血糖的作用

实验持续 4 周后,高、中剂量实验组空腹血糖比对照组低,差异显著($p < 0.05$),但低剂量组与对照组间无明显差别($p > 0.05$),结果见图 1。

2.3.2 对糖耐量作用

通过口服蔗糖进行的糖耐量实验结果发现,所有

表 2 L-阿拉伯糖对小鼠体质量的影响

Tab. 2 Sucrose inhibitor on the impact of body weight in mice

测量时间/d	A 组(250 mg/只)	B 组(150 mg/只)	C 组(30 mg/只)	D 组(对照)
0 th	20.299 ±1.892	20.888 ±2.942	22.704 ±1.527	21.42 ±2.390
5 th	26.488 ±3.553 **	30.328 ±3.058 *	32.404 ±2.078	31.78 ±2.216
10 th	28.922 ±3.636 *	31.928 ±3.178 *	34.046 ±2.590	34.708 ±2.781
15 th	33.973 ±4.212 *	34.445 ±7.458 *	38.287 ±3.222	38.58 ±3.07
20 th	37.052 ±4.376 *	38.113 ±4.251 *	39.667 ±3.358	40.264 ±3.151
30 th	39.276 ±4.403 *	39.561 ±4.208 *	40.725 ±3.011	41.08 ±3.512

*与对照组比较, ($p < 0.05$), 差异显著; **与对照组比较, ($p < 0.01$), 差异极显著。

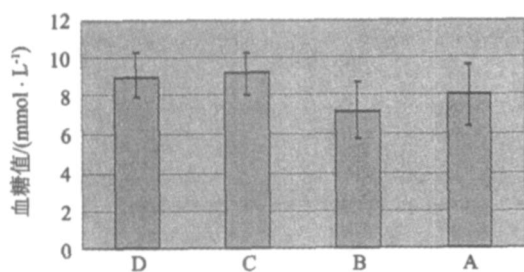
图1 *L*-阿拉伯糖对小鼠空腹血糖的影响

Fig.1 The effect of *L*-Arabinose on fasting blood glucose of mice fed with high lipids and high sucrose feeding

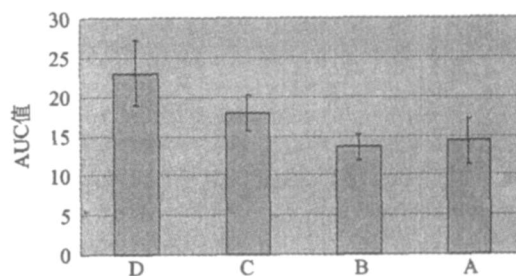
图2 *L*-阿拉伯糖对 AUC 值的影响

Fig.2 The effect of *L*-Arabinose on AUC value

实验组口服蔗糖后 0.5 h 血糖和 2 h 血糖比对照组相应时间的血糖低,存在极显著差异($p < 0.01$),结果见表 3. 经过公式计算曲线下面积 AUC,所有实验组与对照组间也存在极显著差异($p < 0.01$),结果见图 2.

3 讨论

本实验采用 *L*-阿拉伯糖是通过化学生物方法从水稻、玉米秸秆中制备,通过对 1 个月时间喂养高糖高脂饲料小鼠同时口服 *L*-阿拉伯糖的实验,实验 30 d 结束后证明 *L*-阿拉伯糖不仅能够有效降低空腹血糖(图 1),而且能够明显提高小鼠糖耐量作用(表 3,图 2),同时能够降低小鼠体质量增长速度,小鼠体质量实验组中的高、中剂量组在实验结束后与对照组比较存在显著差异($p < 0.05$)(表 2). 但并没有因此影响小鼠食量(表 1). 由于本实验采用为期 1 个月喂养高糖高脂饲料,模拟现代城市人平时大量高能量食物饮食方式,长期的高糖高脂饮食使得小鼠在 1 个月后空腹血糖比同样饲料喂养但同时口服 *L*-阿拉伯糖的小鼠空腹血糖明显增加,由于长期喂养这种食物造成小鼠餐后血糖长期升高,迫使分泌胰岛素的胰岛 β 细胞长期高负荷地分泌胰岛素,最终导致细胞受损,分泌功能下降,空腹血糖升高,糖耐量作用降低^[15]. 此外,由于长期高糖饮食,使得多余的糖转化为脂肪并在机体中堆积,体质量加速增加,而体质量增加又造成脂肪细胞变大,胰岛素受体数量相对减少,造成相对胰岛素水平降低和胰

岛素抵抗. 长久下去,将引起小鼠产生 II 型糖尿病^[16-17]. 目前流行病学调查也证实人群中如果长期高糖高脂高蛋白饮食,不仅造成肥胖,而且容易引发高血压,糖尿病等慢性疾病.

本实验结果证明即使同样喂养高糖高脂饲料,如果同时口服一定量 *L*-阿拉伯糖,则能够通过抑制小鼠肠道蔗糖酶的活性达到抑制蔗糖分解,降低餐后血糖,同时使得小鼠胰岛细胞能够正常分泌胰岛素,减少负担,维持正常生理功能,稳定小鼠循环血糖. 此外实验证明没有被消化的蔗糖在肠道中还能够发挥重要功能,其中有实验证明能够有效减少脂肪,达到降低体质量的目的^[18].

从 *L*-阿拉伯糖使用剂量中发现,低剂量组在空腹血糖和体质量方面对小鼠作用不明显,但是对小鼠糖耐量作用的增强方面作用显著,与对照组间存在显著差异($p < 0.05$). 而高、中剂量组在空腹血糖,糖耐量和体质量方面与对照组比较均达到显著差异的效果,说明 *L*-阿拉伯糖作用存在量效关系,不过我们从实验结果还发现,中剂量组(150 mg/只)效果与高剂量组间差异不大,说明如果剂量达到一定程度效果并没有继续增加. 因此,本实验结果认为中剂量是本实验 3 个剂量最好的,是否是最适合最经济的剂量还需要做进一步实验证实.

糖耐量低减是指患者的血糖介于正常人与糖尿病之间的一种临界状态. 目前公认是糖尿病的前期,是发展成为糖尿病的一个危险阶段^[11],随着人们寿命的延

表 3 *L*-阿拉伯糖对小鼠(高糖高脂饲料喂养)糖耐量的影响Tab.3 The effect of *L*-Arabinose on glucose tolerance of mice fed with high lipids and high sucrose feeding

组 别	0 h 血糖值/(mmol · L ⁻¹)	0.5 h 血糖值/(mmol · L ⁻¹)	2 h 血糖值/(mmol · L ⁻¹)
A 组(250 mg/只)	8.000 ±1.216 **	7.309 ±1.479 **	6.823 ±1.750 **
B 组(150 mg/只)	7.522 ±1.522 **	6.861 ±0.963 **	6.657 ±0.876 **
C 组(30 mg/只)	9.404 ±1.609	9.958 ±1.439 **	7.958 ±0.979 **
D 组(对照)	9.065 ±1.631	12.965 ±2.688	10.52 ±1.77

*与对照组比较, ($p < 0.05$), 差异显著; **与对照组比较, ($p < 0.01$), 差异极显著.

长,生活方式和饮食结构的改变,肥胖既是其危险因素,又与糖代谢紊乱密切相关,糖代谢紊乱亦是动脉硬化的可改变危险因素。有很多研究证据支持着超重、肥胖对糖尿病和糖耐量低减的影响作用,肥胖作为糖尿病的一个危险因素已引起国内外学者的广泛重视^[19-21]。大量的研究表明肥胖可导致肌肉和肝脏对胰岛素敏感性下降,使外周摄取葡萄糖降低,肝糖产生增加,导致胰岛素抵抗,最终发生糖尿病。在糖耐量正常人发展为糖耐量低减(糖尿病)的过程中,胰岛素抵抗起了重要作用^[22]。据一项为期4年的流行病学前瞻性研究,糖耐量低减人群中有50.4%发展为糖尿病^[23]。因此,重视糖耐量低减患病率的监测,及时掌握其发病情况,适时采取措施进行干预,有效提高机体糖耐量作用,对预防和控制糖尿病有着积极的作用。

本研究结果证实由唐传(厦门)生物科技公司制备的 *L*-阿拉伯糖能够通过有效抑制高糖饮食中的蔗糖吸收达到降低循环血糖水平,而通过降低循环血糖途径对于改善胰岛素抵抗,保护胰岛细胞正常生理功能,尤其是在增强糖耐量作用方面有重要意义^[24]。日前, *L*-阿拉伯糖作为新资源食品已经通过国家卫生部的批准^[25]。

本实验结果表明,通过口服途径摄入适量 *L*-阿拉伯糖对稳定血糖,减少糖尿病发生,维持健康生理状态具有重要意义。

参考文献:

- [1] Bray G A. Obesity[M]//Ziegler E E, Filer L J, eds. Present knowledge in nutrition. Washington DC: IL SI Press, 1996:19 - 32.
- [2] Cole T J, Bellizzi M C, Flegal K M, et al. Establishing a standard definition for child overweight and obesity world wide: international survey[J]. Br Med, 2000, 320:1240 - 1243.
- [3] Popkin B M, Paeratakul S, Zhai F, et al. A review of dietary and environmental correlates of obesity with emphasis on developing countries[J]. Obesity Res, 1995, 3: 145 - 153.
- [4] Szanto S, Yudkin J. The effect of dietary sucrose on blood lipids, serum insulin, platelet adhesiveness, and body weight in human volunteers[J]. Postgrad Med, 1969, 45: 602 - 607.
- [5] Yudkin J. The low carbohydrate diet in the treatment of obesity[J]. Postgrad Med, 1972, 51:151 - 154.
- [6] Yudkin J. Sugar and obesity[J]. Lancet, 1983, 2:794.
- [7] Yudkin J. Sucrose, coronary heart disease, diabetes, and obesity, do hormones provide a link[J]. Am Heart, 1988, 115:493 - 498.
- [8] Ganji V, Kies C V. Psyllium husk fiber supplementation to soybean and coconut oil diets of humans: effect of fat digestibility and faecal fatty acid excretion[J]. Eur J Clin Nutr, 1994, 48:595 - 597.
- [9] Wadstein J, Thom E, Heldman E, et al. Biopolymer, a chitosan with fat binding properties and potential as a weight reducing agent[M]//Muzzarelli R A A, ed. From dietary supplement to drug carrier. Atec, Grottammare, Italy, 2000:65 - 76.
- [10] Preuss H G, Kaats G R. Chitosan as a dietary supplement for weight loss[J]. Current Nutrition Reviews, 2006, 2:297 - 311.
- [11] Keenan M J, Zhou J, McCutcheon K L, et al. Effects resistant starch, a non-digestible fermentable fiber, on reducing body fat[J]. Obesity, 2006, 14:1523 - 1534.
- [12] Preuss H G, Bobby Echardl, Debasis Bagchi, et al. Inhibition by natural dietary substances of gastrointestinal absorption of starch and sucrose in rats and pigs: 1. acute studies int. [J]. J Med Sci, 2007, 4(4):196 - 202.
- [13] Seri K, Sanai K, Matsuo N, et al. *L*-arabinose selectively inhibits intestinal sucrose in an uncompetitive manner and suppresses glycemic response after sucrose ingestion in animals[J]. Metabolism, 1996, 45:1368 - 1374.
- [14] Osaki S, Kimura T, Sugimoto T, et al. *L*-arabinose feeding prevents increases due to dietary sucrose in lipogenic enzymes and triacylglycerol levels in rats[J]. J Nutr, 2001, 131:796 - 799.
- [15] 秦海敏, 喻宗阮, 容如滨. *L*-阿拉伯糖的研究进展[J]. 化学与生物工程杂志, 2006, 23(2):50 - 52.
- [16] Leibowitz G, Yuli M, Donath M Y, et al. Beta-cell glucotoxicity in the *Psammomys obesus* model of type 2 diabetes[J]. Diabetes, 2001, 50(Sup. 1):113 - 117.
- [17] Sivitz W I. Lipotoxicity and glucotoxicity in type 2 diabetes. Effects on development and progression[J]. Postgrad Med, 2001, 109:55 - 59.
- [18] Groop L. Pathogenesis of type 2 diabetes: the relative contribution of insulin resistance and impaired insulin secretion [J]. Int J Clin Pract, 2000(Sup. 1):3 - 13.
- [19] King H. Globalestim antes for prevalence of diabetes mellitus and impaired glucose tolerance in adults[J]. Diabetes Care, 1993, 16:157.
- [20] 全国糖尿病防治协作组. 1994 年中国糖尿病患病率及其危险因素[J]. 中华内科杂志, 1997, 6(6):34.
- [21] Geneva. Technical report series No 884[C]//Prevention of Diabetes Mellitus. New York: World Health Organization, 1994:17.
- [22] 李光伟, 王金年, 王东川, 等. 成人糖尿病发生模式的探讨[J]. 中华医学杂志, 2001, 81(15):914 - 917.
- [23] 李春霖. 糖耐量减低的病因及其发病机理[J]. 国外医学

- 内分泌分册,1996,3:122.
- [24] 张秋菊,袁中华,堤一彦. NO - 1886 对高糖高脂饲料喂养新西兰兔糖代谢的影响[J]. 中国现代医学杂志, 2003,13(22):37 - 41
- [25] 中华人民共和国卫生部. 2008,第 12 号公告[EB/OL]. (2008-05-26)[2008-10-07]. <http://www.moh.gov.cn/publicfiles/business/htmlfiles/mohwsjdj/s3594/200805/35651.htm>.

Effects of *L*-Arabinose as Inhibitor on Body Mass and Sucrose Tolerance in Mice with High Fat and High Sucrose Feeding

ZHOU Ke-fu¹, HAN Wei¹, ZHANG Zhong-ying², LIU Ming-wei¹,
XU Cong¹, LIU Peng¹, WU Han-zhou¹, HE Miao¹, ZHANG Hou-rui³

(1. Key Laboratory of the Education Ministry for Cell Biology and Tumor Cell Engineering,

School of Life Sciences, Xiamen Univ., Xiamen 361005, China;

2. Clinical Laboratory Center, Zhongshan Hospital of Xiamen, Xiamen 361004, China;

3. Guangxi Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, China)

Abstract : *L*-Arabinose is a sweetener in low-energy, it can inhibit the activity of enzymes, as a natural enzymic inhibitor of sucrose, lessen breakdown of sucrose, limited its absorption in the gastrointestinal tract. *L*-Arabinose has been approved as a new food resources by Ministry of Health of P. R. China. The result will help to eliminate the rising of circulation blood glucose level after the sucrose challenge, the inhibiting the absorption of sugar can prevent hypertension and diabetes. Thomson biotech (Xiamen) PTE LTD extract the *L*-Arabinose from rice, corn stalks with biochemical methods. The aim of this study is to examine the biological activity of *L*-Arabinose from the company and provide experimental basis to further the development of functional foods. 100 four-week male Kunming mice were randomly divided into 4 groups, A, B, C, D group, 20 mice one group, D group fed with high fat and high sucrose diet only as control group, A, B, C group along with high fat and high sucrose diet, oral with *L*-Arabinose, the dosage were 250, 150 and 30 mg/d respectively for 4 weeks. The body weight and the amount of food intake were monitored every 5 day and every 2 day, respectively, for 4 weeks, the fasting glucose, sucrose tolerance were examined using commercial glucose strips (Lifescan, One Touch Ultra, Melitas, CA). The experimental result proved that the *L*-Arabinose decreased significantly sucrose absorption, lower the fasting glucose level and the data of area-under-curve (AUC) significantly in the mice with high fat and high sucrose feeding. The high dosage and middle dosage group, the *L*-Arabinose can decrease the weight increase, These results support the hypothesis that the *L*-Arabinose preparation by Thomson biotech (Xiamen) PTE LTD proved to be highly effective in preventing a rise in circulating glucose after sucrose challenge. The body mass gain was less in the *L*-Arabinose treated group from 5th day of than that in the control group, the AUC data were significantly lower in *L*-Arabinose group than that of control group.

Key words : *L*-Arabinose; AUC; fasting blood glucose; body mass