

大米蛋白水平对成熟期大鼠体质量及体脂水平的影响*

杨林¹ 王士磊¹ 张兰威¹ 渡边令子² 門脇基二³

1. 哈尔滨工业大学食品科学与工程学院, 哈尔滨 150090; 2. 日本新潟县立女子大学, 日本新潟 950-8680;
3. 日本新潟大学农学院, 日本新潟 950-2181

摘要 选用蛋白水平(CP)为7%及14%的大米蛋白(R-7, R-14)及酪蛋白(C-7, C-14)喂养20周龄雄性Wistar大鼠2周后,进行大鼠体质量变化、腹腔贮脂水平、血浆总胆固醇、血浆高密度胆固醇、血浆甘油三酯及肝脏胆固醇、甘油三酯含量的测定。与C-7组相比,R-7组大鼠体质量、生长效率、贮藏脂肪含量、血脂及肝脂水平无显著差异。在高蛋白水平(14%)下,R-14组大鼠体质量总增加量、腹腔贮脂水平均低于C-14组,但各组间无显著差异;对比C-14,R-14显著降低了成熟期大鼠血浆总胆固醇、血浆非高密度胆固醇、血浆甘油三酯水平及动脉硬化指数,并且显著降低了肝脏胆固醇及甘油三酯含量。结果表明,蛋白水平是大米蛋白调控体质量及体脂水平主要影响因素之一。随着蛋白水平的增加(7%~14%),大米蛋白能够降低体质量增加量及腹腔贮脂水平,并显著降低成熟期大鼠血浆及肝脏脂质含量,提示大米蛋白潜在的抗肥胖功能与其蛋白水平密切相关。

关键词 大米蛋白; 蛋白水平; 体质量; 体脂水平; 大鼠

中图分类号 R 151.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2010)06-0741-04

体脂过多堆积常导致肥胖的发生,并促使高血压等心脑血管疾病的发生或加重,已成为全球性流行疾病。肥胖与饮食及生活方式有着密切关系,因此,合理膳食具有良好的降脂预防肥胖效果。食物蛋白是调控机体脂类代谢的一个重要因子。相对动物性蛋白质(如酪蛋白),植物性蛋白质(如大豆蛋白质)能够显著地降低人体及试验动物等的血脂水平,从而有效地预防动脉粥样硬化症等的发生^[1]。研究表明,常见生活习惯性疾病的发生不仅与食物蛋白种类密切相关,而且还受膳食蛋白水平所调控。近几十年来,对于植物性蛋白质预防生活习惯性疾病的研究多局限于大豆蛋白,缺乏关于其他植物性蛋白质及其蛋白水平调节脂类代谢的研究。

大米蛋白质是主要的膳食蛋白源之一,是一种优质的食物蛋白源。目前,国内外对于大米蛋白功能营养特性及其对脂类代谢系统调控作用的研究少见系统、全面的报道,特别是缺乏关于大米蛋白水平对高血脂症多发期的成熟期大鼠体脂水平调控效果的研究。为了充分研究大米蛋白调节脂类代谢的作用效果,本研究选用20周龄Wistar大鼠,探讨不

同大米蛋白水平(7%、14%)对成熟期大鼠血液、肝脏脂类含量及腹腔贮脂水平的调控作用。

1 材料与方法

1.1 试验动物及饲料

1)饲料:以日本“越光”大米蛋白(rice protein from Koshihikari, RP,由日本岛田有限公司提供,蛋白纯度为90.2%)、酪蛋白(casein, CA,由日本Fontera公司提供,蛋白纯度为88.0%)为主要蛋白源配制CP为7%及14%(AIN-93M)的试验饲料。

2)试验动物:将雄性Wistar 20周龄成熟期大鼠(纯系,无菌IV级;SLC,Japan)随机分组,每组6只,分别投喂CP为7%及14%的试验饲料,即:7% RP(R-7)、14% RP(R-14)、7% CA(C-7)、14% CA(C-14)。试验大鼠在代谢饲养箱中单笼饲养,自由摄食、饮水,饲养2周后,进行样品采集。

1.2 样品的采集

经18h绝食后,进行血液、肝脏及腹腔脂肪等样品的采集、制备^[2]。

收稿日期:2010-03-25; 修回日期:2010-09-06

*教育部留学归国人员科研启动基金、中国博士后科学基金(200902391、20080440864)、黑龙江省博士后基金(LBH-Z08143)、日本文部科学省科学研究与农业综合开发基金项目(15650160)资助

杨林,女,1966年生,博士,副教授。研究方向:功能性食品及其加工。E-mail: ly6617@hit.edu.cn

1.3 指标检测及数据处理

1) 生长性能测定。参照文献[3-4]每日进行体质量、摄食量等指标的测定。蛋白质功效 (protein efficiency ratio, PER) 计算公式: 蛋白质功效 = 体增质量 / 蛋白质摄入量。

2) 内脏器官及腹腔贮脂水平测定。引颈处死大鼠后, 立即分离内脏器官, 剔除肾脏及附睾周边的贮藏脂肪, 用滤纸吸干脏器和脂肪表面水分, 称质量, 计算脏器指数及腹腔贮脂率^[5]。肝脏(肾脏、脾脏)指数 = 肝脏(肾脏、脾脏)(mg) / 体质量(g); 腹腔贮脂率 = 腹腔贮脂量(g) / 体质量(kg)。

3) 血浆脂质水平^[6]测定。血浆总胆固醇(total cholesterol, TC)、血浆高密度脂蛋白胆固醇(high density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、血浆甘油三酯(triglyceride, TG)水平分别采用检测试剂盒(日本和光纯药; Cholesterol E-test Wako, HDL-Cholesterol E-test Wako, Triglyceride E-test Wako, Wako Pure Chemicals, Japan)进行测定。

血浆非高密度脂蛋白胆固醇(non high density lipoprotein cholesterol, non-HDL-C)的含量依据以下公式进行计算: non-HDL-C = TC - HDL-C。

动脉硬化指数(atherogenic index, AI)的计算: $AI = (TC - HDL-C) / HDL-C$ 。

4) 肝脏脂质水平^[7]测定。肝脏总胆固醇、肝脏甘油三酯含量分别采用胆固醇检测试剂盒(罗氏诊断; Roche Diagnostics, Japan)、甘油三酯检测试剂盒(日本和光纯药; Triglyceride E-test Wako, Wako Pure Chemicals, Japan)进行测定。

5) 数据分析处理。采用 SPSS 12.0 统计软件, one-way ANOVA 进行显著性检验。数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示, $P < 0.05$ 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 大米蛋白水平对大鼠生长性能的影响

表 1 显示, 在不同蛋白水平(7% 或 14%)下, RP 组成熟期大鼠的体质量增加量、摄食量、蛋白质功效与 CA 组大鼠无显著差异($P > 0.05$)。CA 组与 RP 组成熟期大鼠的体质量增加量均随着蛋白水平的升高(从 7% 到 14%)而增加, 但是, RP 组大鼠体质量总增量均低于 CA 组。

2.2 大米蛋白水平对内脏器官的影响

由表 2 可见, 成熟期大鼠的肝脏、肾脏、脾脏质

量均不受食物蛋白种类及蛋白水平的影响。在 7% 及 14% 蛋白水平下, RP 组大鼠的肝脏质量、肝脏指数均低于 CA 组, 但无显著差异($P > 0.05$)。

表 1 食物蛋白水平对成熟大鼠生长性能的影响 ($n=6$)

项目 Items	CP 7%		CP 14%	
	C-7	R-7	C-14	R-14
始质量 ¹⁾ /g	416.61±4.88	414.51±5.90	411.72±6.27	416.48±7.30
末质量 ²⁾ /g	448.73±7.46	445.73±12.91	456.66±7.83	457.19±9.74
日增量 ³⁾ /(g/d)	2.29±0.33	2.23±0.64	3.21±0.48	2.91±0.39
日采食量 ⁴⁾ /(g/d)	21.42±0.90	21.86±1.43	22.41±0.83	21.41±0.93
蛋白质功效 ⁵⁾	1.54±0.23	1.38±0.31	1.01±0.12	0.98±0.16

1) Initial mass; 2) Final mass; 3) Mass gain per day; 4) Food intake per day; 5) PER, protein efficiency ratio.

表 2 食物蛋白水平对成熟大鼠内脏器官的影响 ($n=6$)

项目 Items	CP 7%		CP 14%	
	C-7	R-7	C-14	R-14
肝脏质量 ¹⁾ /g	11.93±0.26	11.68±0.75	11.85±0.56	11.45±0.51
肝脏指数 ²⁾ /(mg/g)	26.59±0.29	26.20±1.01	25.95±0.85	25.04±0.91
肾脏质量 ³⁾ /g	2.17±0.08	2.15±0.07	2.28±0.08	2.28±0.11
肾脏指数 ⁴⁾ /(mg/g)	4.84±0.13	4.82±0.10	4.99±0.17	4.99±0.19
脾脏质量 ⁵⁾ /g	0.75±0.02	0.70±0.04	0.77±0.02	0.75±0.07
脾脏指数 ⁶⁾ /(mg/g)	1.67±0.04	1.57±0.05	1.69±0.06	1.64±0.13

1) Liver mass; 2) Index of liver; 3) Kidney mass; 4) Index of kidney; 5) Spleen; 6) Index of spleen.

2.3 大米蛋白水平对腹腔贮脂水平的影响

如表 3 所示, 在 7% 膳食蛋白水平下, R-7 组大鼠的肾周脂肪及附睾周围的脂肪蓄积量与 C-7 组无显著差异。随着蛋白水平的增加, R-14 组成熟期大鼠腹腔贮脂量及腹腔贮脂率较 C-14 组分别降低 7.78% 和 7.88%, 但两组间无显著差异($P > 0.05$)。这一结果提示, 大米蛋白水平对体脂的蓄积具有潜在的调控作用。

表 3 食物蛋白水平对成熟大鼠腹腔贮脂水平的影响 ($n=6$)

项目 Items	CP 7%		CP 14%	
	C-7	R-7	C-14	R-14
贮脂量 ¹⁾ /g	13.10±0.86	13.28±2.08	13.50±1.18	12.45±1.30
肾周脂肪量 ²⁾ /g	7.12±0.63	7.60±1.50	7.43±0.97	6.40±0.97
附睾脂肪量 ³⁾ /g	5.98±0.40	5.68±0.59	6.07±0.41	6.05±0.36
贮脂率 ⁴⁾ /(g/kg)	29.19±0.11	29.79±4.00	29.56±2.24	27.23±2.54

1) Deposit fat; 2) Perirenal fat; 3) Epididymal fat; 4) Index of deposit fat.

2.4 大米蛋白水平对大鼠血浆及肝脏脂质水平的影响

如表 4 所示,在低蛋白水平(7%)下,经过 2 周的饲养,对比 C-7 组,R-7 组成熟期大鼠的动脉硬化指数(AI)、TG/HDL 比例分别降低了 16.39%及 4.08%,但是,R-7 和 C-7 组成熟期大鼠血浆胆固醇

(TC、HDL-C、non-HDL-C)、血浆甘油三酯(TG)水平并无显著差异($P>0.05$)。随着蛋白水平的升高,对比 C-14,R-14 组大鼠血浆 TC、non-HDL-C、TG 水平均显著降低($P<0.05$),主要反映在 AI 值显著降低了 30.00%、TG/HDL 比例降低了 10.42%。

表 4 食物蛋白水平对成熟大鼠血脂及肝脂水平的影响($n=6$)¹⁾

Table 4 Lipids level of plasma and liver of adult rats fed different dietary protein level

项目 Items	CP 7%		CP 14%	
	C-7	R-7	C-14	R-14
血脂水平 Plasma lipids level				
总胆固醇 TC/(mmol/L)	1.58±0.04	1.59±0.05	1.68±0.04 a	1.42±0.04 b
高密度胆固醇 HDL-C/(mmol/L)	0.98±0.04	1.05±0.03	1.05±0.03	1.00±0.04
非高密度胆固醇 Non-HDL-C/(mmol/L)	0.60±0.05	0.54±0.05	0.63±0.03 a	0.42±0.04 b
动脉硬化指数 AI	0.61±0.07	0.51±0.06	0.60±0.04 a	0.42±0.05 b
甘油三酯 TG/(mmol/L)	0.48±0.02	0.49±0.02	0.50±0.02 a	0.43±0.02 b
甘油三酯/高密度胆固醇 TG/HDL/(mol/mol)	0.49±0.03	0.47±0.03	0.48±0.02	0.43±0.03
肝脂水平 Liver lipids level				
总胆固醇 TC/(μmol/g)	10.13±0.41	9.55±0.22	12.24±0.24 a	8.57±0.47 b
甘油三酯 TG/(μmol/g)	40.16±1.53	41.47±0.95	48.44±1.04 a	29.61±1.42 b

1)同行数据不同字母表示差异显著($P<0.05$)。Data in the same column with different superscript letters are significantly different ($P<0.05$)。

由表 4 可见,与大米蛋白水平对血浆脂质水平调控效果相似,R-7 和 C-7 组大鼠肝脏总胆固醇、肝脏甘油三酯水平无显著差异($P>0.05$)。经 2 周喂养后,对比 C-14 组,R-14 组大鼠肝脏总胆固醇、肝脏甘油三酯含量均显著降低了 29.98%、38.87% ($P<0.05$)。

由上述结果可见,大米蛋白对成熟期大鼠血浆及肝脏脂质水平的调控效果与其膳食蛋白水平密切相关。

表 5 蛋白水平对成熟大鼠体质量增加及体脂水平的影响($n=6$)¹⁾

Table 5 Effects of dietary protein level on body mass gain and lipids level of adult rats %

项目 Items	CA	RP
体增质量 ²⁾	(+)39.91	(+)30.40
贮脂量 ³⁾	(+)3.05	(-)6.25
血浆胆固醇 ⁴⁾	(+)6.33	(-)10.69*
血浆甘油三酯 ⁵⁾	(+)4.17	(-)12.24*
肝脏胆固醇 ⁶⁾	(+)20.83	(-)10.26
肝脏甘油三酯 ⁷⁾	(+)20.62	(-)28.60*

1)表中数据表示为对照 7% 试验组,14% 蛋白水平对大鼠体质量、体脂水平的调控效果。Data show the difference of 14% as compared with 7%; 2) Body mass gain; 3) Deposit fat; 4) Plasma TC; 5) Plasma TG; 6) Liver TC; 7) Liver TG. * 表示 14% 与 7% 蛋白水平对大鼠体质量及体脂水平调控效果具有显著差异 ($P<0.05$)。Superscript letter as * reflects significant difference between 14% and 7% ($P<0.05$)。

2.5 蛋白水平对大鼠体质量、体脂水平的调控效果

由表 5 可见,蛋白水平是大米蛋白调控大鼠体质量、降低体脂水平的影响因素之一。结果表明,对比 R-7 组,R-14 能够有效降低腹腔贮脂量、血脂及肝脂水平,其中血浆 TC、TG 及肝脏 TG 的降低效果显著($P<0.05$)。相反,CA 组的体脂水平则随着蛋白水平的增加而提高。经过 2 周的饲养,各试验组大鼠的体质量增加量,虽然均随着蛋白水平的增加而增加,但是,RP 组的体质量增加率的增加幅度较 CA 组降低 23.83%。因此,上述结果提示,大米蛋白能够有效阻止体脂过多堆积、具有潜在的预防肥胖的功能。

3 讨论

最新的研究表明,增加膳食蛋白水平、降低碳水化合物摄入量能够更加有效地防止肥胖的发生^[8]。笔者当前的试验结果也进一步证实了这一论点。在正常的膳食条件下,大米蛋白水平能够有效地调控成熟大鼠体质量及体脂水平。

研究表明,低蛋白水平常导致膳食氨基酸的不平衡,破坏蛋白质代谢,造成机体脂类代谢紊乱。Madani 等^[9]指出,低膳食蛋白水平能够导致碱性氨基酸(sulfur amino acids,SAA)利用受限制,降低抗氧化酶的活性,增加机体过氧化程度。因此,蛋白水平的增加,意味着膳食氨基酸含量的增加,能够有效

地改善成熟期大鼠体内脂质合成及代谢酶的生成,进而降低机体脂质蓄积效率。

虽然,大米蛋白有效调控脂类代谢、预防肥胖的作用机制尚不十分清楚,但是,笔者最新的研究成果表明,大米蛋白能够有效降低小鼠肝脏甘油三酯及胆固醇的蓄积、促进肝脏甘油三酯及胆固醇的代谢与释放^[10],进一步提示大米蛋白具有降低体脂水平、预防肥胖的功效。有关大米蛋白调控脂质代谢的作用机制需进一步细致的研究与探讨。

参 考 文 献

- [1] POTTER S M. Overview of proposed mechanism for the hypocholesterolemic effect of soy [J]. *J Nutr*, 1995, 125 (Suppl): 606-611.
- [2] YANG L, KUMAGAI T, KAWAMURA H, et al. Effects of rice proteins from two cultivars, *Koshihikari* and *Shunyo*, on cholesterol and triglyceride metabolism in growing and adult rats [J]. *Biosci Biotechnol Biochem*, 2007, 71(3): 694-703.
- [3] 孙智达, 杨尔宁, 李斌. 荷叶茶中原花青素调节动物血脂的作用[J]. *华中农业大学学报*, 2004, 23(6): 673-675.
- [4] 徐向阳, 王成章, 杨雨鑫, 等. 苜蓿草粉对生长猪生产性能及血清指标的影响[J]. *华中农业大学学报*, 2006, 25(2): 164-169.
- [5] 杨林, 陈家厚, 张兰威, 等. 大米蛋白调控生长期幼鼠及成熟期大鼠肝脏脂类水平的研究[J]. *中华疾病控制杂志*, 2008, 12(5): 459-461.
- [6] 杨林, 陈家厚, 张兰威, 等. 大米蛋白对幼鼠血清胆固醇水平的调控效果及作用机制的研究[J]. *现代预防医学*, 2009, 36(6): 1051-1052, 1054.
- [7] 杨林, 张兰威, 蒙琦, 等. “春阳”大米蛋白对大鼠胆固醇代谢的调控作用[J]. *华中农业大学学报*, 2009, 28(3): 326-329.
- [8] LAYMAN D L, EVANS E M, ERICKSON D, et al. A moderate-protein diet produces sustained weight loss and long-term changes in body composition and blood lipids in obese adults [J]. *J Nutr*, 2009, 139(3): 514-521.
- [9] MADANI S, PROST J, BELLEVILLE J. Dietary protein level and origin (casein and highly purified soybean protein) affect hepatic storage, plasma lipid transport, and antioxidative defense status in the rat [J]. *Nutrition*, 2000, 16(5): 368-375.
- [10] YANG L, KADOWAKI M. Effects of rice protein from two cultivars, *Koshihikari* and *Shunyo*, on hepatic cholesterol secretion by isolated perfused livers of rats fed cholesterol-enriched diets [J]. *Ann Nutr Metab*, 2009, 54: 283-290.

Rice Protein Levels Affect Body Mass and Lipids Level in Adult Rats

YANG Lin¹ WANG Shi-lei¹ ZHANG Lan-wei¹ WATANABE Reiko² KADOWAKI Motoni³

1. School of Food Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China;

2. Food Nutrition Department, Niigata Women's College, Niigata 950-8680, Japan;

3. Faculty of Agriculture, Niigata University, Niigata 950-2181, Japan

Abstract To elucidate the effect of rice protein level (7% and 14%) on body mass and lipids level in adult rats, male Wistar 20-week-old rats were fed rice protein (RP) and casein (CAS) ad libitum for 2 weeks. Body mass gain, deposit fat, and lipids concentration in plasma and liver were measured. Under 7% dietary protein level, no difference of body mass, growth performance, lipids in plasma and liver was found in C7 and R7. In contrast, R14 produced marked hypocholesterolemic action in comparison with C14, reflecting in the significant reduction of total cholesterol (TC), non high density lipoprotein cholesterol (non HDL-C), triglyceride (TG) in plasma ($P < 0.05$). As a result, the atherogenic index (AI) of adult rats fed R14 was lower than those fed CAS. The liver accumulations of total cholesterol and triglyceride were significantly decreased in adult rats fed R14 as compared with C14 ($P < 0.05$), with the increased dietary protein level. Body mass gain of adult rats fed R14 was lower than those fed C14, although no difference of body mass gain were observed in both groups of 7% dietary protein level. The present results suggest that the potential anti-obesity of RP might be closely related to dietary protein level, which may play an important role in regulation of lipids level and body mass gain.

Key words rice protein; dietary protein level; body mass; lipids level; adult rats