

# 营养蛋白代餐对饱腹感及血糖的影响

刘琪思婧<sup>1</sup>, 郭毅<sup>2</sup>, 彭博<sup>1</sup>, 樊丹采<sup>1</sup>, 吴健<sup>2</sup>, 王硕<sup>1\*</sup>, 赵艳荣<sup>2\*</sup>

(1. 南开大学医学院天津市食品科学与健康重点实验室, 天津 300071; 2. 上海迈向胜利健康技术有限公司, 上海 201210)

**摘要:** 为解决年轻人肥胖问题, 并提供理论依据和实际指导, 该文针对营养蛋白代餐和传统大米粉在饱腹感、血糖应答变化的差异进行比较。以符合一定身体质量指数(BMI)和体脂率标准的10名超重18~35岁女性为研究对象, 采用随机、双盲、交叉设计, 先后测试相同体积和能量的营养蛋白代餐和传统大米粉, 并利用视觉模拟评分(VAS)法和血糖仪持续240 min评估两种测试餐的饱腹感评分和血糖水平。结果表明, 营养蛋白代餐组在120~240 min时饱腹感水平变化量显著高于大米粉组( $P<0.05$ ,  $P<0.01$ ,  $P<0.001$ )。营养蛋白代餐组的血糖峰值明显低于大米粉组, 0~90 min和0~240 min血糖曲线下增量面积(incremental area under the curve, IAUC)显著低于大米粉组( $P<0.05$ )。综上, 营养蛋白代餐相较于大米粉能够提供更持续的饱腹感水平, 且血糖应答更加平稳。

**关键词:** 高蛋白配方; 饱腹感; 代餐; 体质量控制; 血糖

## Effect of Nutritional Protein Meal Replacement on Satiety and Blood Glucose

LIU Qisijing<sup>1</sup>, GUO Yi<sup>2</sup>, PENG Bo<sup>1</sup>, FAN Dancai<sup>1</sup>, WU Jian<sup>2</sup>, WANG Shuo<sup>1\*</sup>, ZHAO Yanrong<sup>2\*</sup>

(1. Tianjin Key Laboratory of Food Science and Health, School of Medicine, Nankai University, Tianjin 300071, China; 2. Shanghai M-Action Health Technology Co., Ltd., Shanghai 201210, China)

**Abstract:** To provide theoretical basis and practical guidance for solving the obesity problem of young people, this study compared the differences in satiety and blood glucose response changes between nutritional protein meal replacement and traditional rice flour. The study subjects were 10 overweight women aged 18-35 years who met certain body mass index (BMI) and body fat percentage standards. With a randomized, double-blind, crossover design, nutritional protein meal replacement and rice flour having the same volume and energy were tested successively, and the visual analogue scale (VAS) method and a glucose meter were utilized to evaluate the satiety scores and blood glucose responses of the two test meals for 240 min. The results showed that the change in satiety level was significantly higher in the nutritional protein meal replacement group than in the rice flour group from 120 to 240 min ( $P<0.05$ ,  $P<0.01$ ,  $P<0.001$ ). The peak blood glucose level in the nutritional protein meal replacement group was significantly lower than that in the rice flour group, and the incremental area under the curve (IAUC) in the nutritional protein meal replacement group was significantly lower than that in the rice flour group at 0-90 min and 0-240 min ( $P<0.05$ ). In conclusion, the nutritional protein meal replacement was able to provide a more sustained level of satiety and a smoother blood glucose response than the rice flour.

**Key words:** high-protein formula; satiety; meal replacement; weight management; blood glucose

引文格式:

刘琪思婧, 郭毅, 彭博, 等. 营养蛋白代餐对饱腹感及血糖的影响[J]. 食品研究与开发, 2025, 46(2): 76-80.

LIU Qisijing, GUO Yi, PENG Bo, et al. Effect of Nutritional Protein Meal Replacement on Satiety and Blood Glucose[J]. Food Research and Development, 2025, 46(2): 76-80.

基金项目: 运动营养品干预研究项目(202211272865024609)

作者简介: 刘琪思婧(1993—), 女(满), 讲师, 博士研究生, 研究方向: 公共卫生。

\*通信作者: 王硕(1969—), 男(汉), 教授, 研究方向: 食品安全与营养; 赵艳荣(1972—), 女(汉), 高级工程师, 研究方向: 食品营养与健康。

随着社会经济的快速发展和生活方式的变迁,中国肥胖问题逐渐呈现出年轻化的趋势<sup>[1]</sup>。过去几十年,中国的饮食结构发生了显著的变化,传统的饮食模式逐渐被高热量、高脂肪、高糖分的快餐所替代。与此同时,现代生活的快节奏和便利性也促使青少年和年轻人沉迷于高能量食品,加之缺乏足够的体育锻炼,从而加速了肥胖问题的蔓延。中国年轻人肥胖发病率的迅猛增长成为一个引起广泛关注的社会健康问题。近年来,中国青少年肥胖率不断攀升,其中,城市地区的年轻人肥胖问题更为突出。肥胖不仅影响个体的生理健康,还与多种慢性疾病,如糖尿病、高血压和心血管疾病等密切相关,给社会医疗体系带来巨大负担<sup>[2-3]</sup>。

在体质量控制的过程中,饱腹感的维持被认为是一个重要的因素<sup>[4]</sup>。针对肥胖问题,许多年轻人开始采取各种减肥方法,其中包括控制饮食、减少热量摄入。然而,过度的热量限制可能导致营养不良,同时也容易发展出暴食行为影响身体健康<sup>[5]</sup>。维持饱腹感不仅有助于减少过度进食量,还可以避免因过度饥饿而导致的暴饮暴食,为健康减肥提供科学指导。因此,减肥过程中不仅要减少热量摄入,还要保证营养素的摄入并注重维持饱腹感,以确保身体获得足够的营养。

近年来,高蛋白代餐作为一种营养补充方式备受关注<sup>[6]</sup>,因其被认为能够提供足够的饱腹感,成为一种可能有助于体质量控制的饮食策略<sup>[7-8]</sup>。高蛋白代餐通过摄入富含蛋白质的食物替代传统餐饮,在能够充分满足优质蛋白摄入的同时,增加膳食纤维、微量元素等营养物质,且总能量、脂肪含量和碳水化合物含量明显低于正餐,从而达到控制体重的目的。

饱腹感的维持对于防止过度摄食和控制体质量至关重要。通过提供足够的饱腹感,高蛋白代餐可能有助于减少零食摄入和控制进餐量,在减肥或维持体质量的过程中发挥关键作用。选择高蛋白代餐通常意味着减少对高脂肪和高糖分食物的依赖,从而有助于控制总体热量摄入,促进体质量管理。因此,本文探究肥胖人群在使用高蛋白代餐替代普通碳水化合物饮食时能否获得更好的饱腹感,以及高蛋白代餐对血糖的影响,以期为解决中国年轻人肥胖问题提供科学的饮食建议及理论支持,为解决现代社会面临的肥胖问题提供有益参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与设备

#### 1.1.1 材料

营养蛋白代餐:上海迈向胜利健康技术有限公司,其主要原料有浓缩牛奶蛋白、麦芽糊精、抗性糊精、椰子油、淀粉、低聚果糖、14种维生素矿物质等。大米粉:市售。

营养蛋白代餐制备工艺流程见图1,两种测试餐的营养素组成见表1。

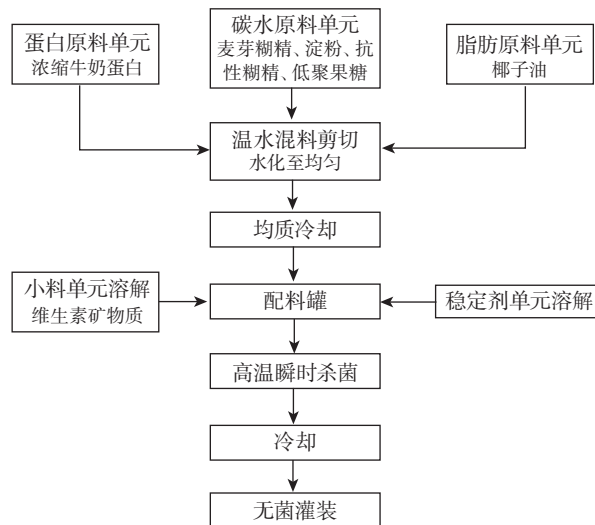


图1 营养蛋白代餐制备工艺流程

Fig.1 Preparation process flow chart of nutritional protein meal replacement

表1 两种测试餐的营养素组成(每份)

Table 1 Nutrient composition of the two test meals (per serving)

样品	能量/kJ	体积/mL	蛋白质/g	脂肪/g	碳水化合物/g
营养蛋白代餐	838.00	300	15.00	4.50	21.00
大米粉	836.53	300	2.53	0.27	46.08

### 1.1.2 仪器与设备

瞬感血糖仪(FreeStyle Libre):英国雅培糖尿病护理公司。

### 1.2 研究对象

本研究共计招募10名健康志愿者,研究受试者的纳入标准:女性,18~35岁,身体质量指数(body mass index, BMI)为24~28 kg/m<sup>2</sup>或体脂率≥28%或腰臀比≥0.8;排除标准:1)不接受测试餐风味的人群;2)肝肾、胃肠道疾病、代谢性疾病史;3)蛋白和碳水化合物不耐受,或对测试餐成分存在过敏情况;4)吸烟、酗酒;5)特殊人群,如孕妇、乳母。该研究已通过南开大学生物医学伦理委员会的审批,伦理审查文号NKUIRB2022138,并获得所有受试者知情同意。

### 1.3 饱腹感及血糖测试

本研究采用随机、双盲、交叉设计,受试者依照随机顺序食用营养蛋白代餐或大米粉,并在间隔至少72h后交换顺序。实验期间避免剧烈运动、暴饮暴食、饮酒、熬夜等不良生活行为,避免食用刺激性食物,每次测试的前一晚正常饮食,按时休息。食用当天,受试者需未出现感冒、过敏等疾病,女性受试者需避开经期。所有受试者于试验前晚20点禁食,晚餐后禁食12~14h,受试者次日早上8点30分前空腹到达测试

现场,安静坐于椅子上至少5 min,测试期间不服用其他食物及药物,测试期间不离开测试场地,保持静坐,期间允许少量饮水。从进食第一口开始计时,10 min内进食完营养蛋白代餐或大米粉,分别于空腹及服用测试餐后0、15、30、45、60、90、120、150、180、240 min通过视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)法(0~100分,0分表示“一点也不”,100分表示“非常”)评估食欲(饱腹感水平、食物摄入渴望程度和预估摄入量)并用瞬感血糖仪检测血糖。

#### 1.4 数据处理

使用 Graphpad(version 9.5.1)对数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 受试者基本情况

本研究共纳入10名受试者,年龄为(25.9±4.1)岁,身体质量指数为(23.8±2.2) kg/m<sup>2</sup>,体脂率为(34.3±3.6)%,骨骼肌质量为(22.6±2.5) kg。

### 2.2 服用测试餐前研究对象食欲及血糖结果分析

受试者在服用测试餐(营养蛋白代餐或大米粉)前的平均食欲(饱腹感水平、食物摄入渴望程度、预估摄入量)和血糖情况见表2。

表2 两种测试餐服用前研究对象饱腹感及血糖水平

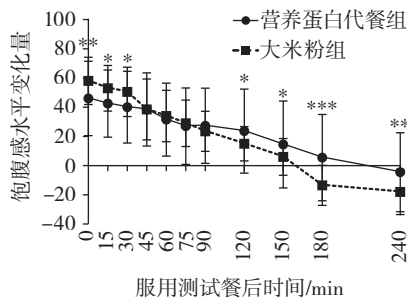
Table 2 Satiety and blood glucose levels of study subjects before two test meals

项目	饱腹感水平	食物摄入渴望程度	预估摄入量	血糖/(mmol/L)
营养蛋白代餐组	27.5	70.0	72.5	5.3
大米粉组	32.0	68.0	74.0	5.2
P值	0.33	0.75	0.80	0.77

注:P>0.05表示差异不显著。

### 2.3 食欲结果分析

各测试餐餐后饱腹感反应曲线见图2。



\*表示差异显著,  $P<0.05$ ; \*\*表示差异极显著,  $P<0.01$ ; \*\*\*表示差异高度显著,  $P<0.001$ 。

图2 各测试餐餐后饱腹感反应曲线

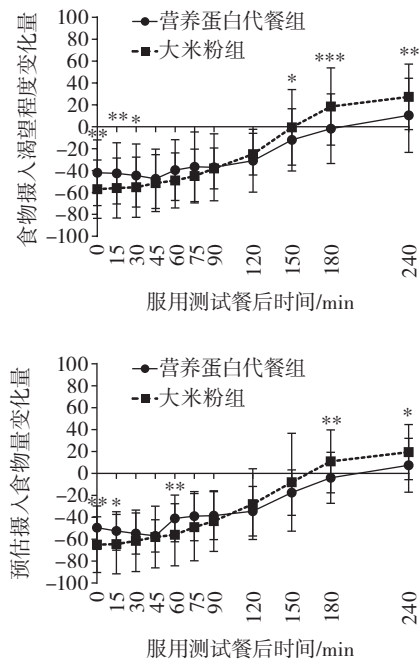
Fig.2 Satiety response curve for each test meal

如图2所示,两组受试样品的饱腹感水平变化趋势相似,即服用测试餐后受试者饱腹感增加,在服用测试餐即刻(0 min)达到峰值,随后饱腹感水平逐渐下

降。服用测试餐后的0、15、30 min大米粉组饱腹感水平变化量均显著高于营养蛋白代餐组( $P<0.05$ ,  $P<0.01$ ),在45~90 min内两组饱腹感变化量水平无显著差异( $P>0.05$ ),在120~240 min时,营养蛋白代餐组各时间点饱腹感水平变化量显著高于大米粉组( $P<0.05$ ,  $P<0.01$ ,  $P<0.001$ )。服用营养蛋白代餐后,受试者饱腹感水平在180 min时基本回到基线水平,而摄入大米粉后150 min时饱腹感基本回到基线水平,并且在180 min时明显低于空腹状态下的饱腹感水平。

以大米粉为例的碳水化合物的消化速度相对较快,饱腹感可能相对较短,导致饥饿感较快的再次出现<sup>[9]</sup>。而营养蛋白代餐组能够维持较长时间和较强的饱腹感,这可能因为蛋白质的消化和吸收过程较为缓慢,可通过刺激饱腹感相关的激素(如胃泌素和胰高血糖素)延缓胃排空时间,使人长时间感到饱腹<sup>[10-12]</sup>。此外,蛋白质还可通过激活肠道和胃部的感受器,以及调节多种荷尔蒙水平,包括胰岛素、胃泌素和葡萄糖依赖性胰岛素释放肽等,来传递饱腹信号<sup>[13-14]</sup>。此外,高蛋白饮食会刺激肝脏糖异生,并通过调节大脑的葡萄糖信号来参与蛋白质的饱腹感作用<sup>[15-16]</sup>。因此,与大米粉相比,提供同等能量和体积的营养蛋白代餐在虽然在餐后30 min内饱腹感水平略低于大米粉组,但其能够维持较长时间和较强的饱腹感。

各测试餐餐后食物摄入渴望程度反应曲线如图3所示。



\*表示差异显著,  $P<0.05$ ; \*\*表示差异极显著,  $P<0.01$ ; \*\*\*表示差异高度显著,  $P<0.001$ 。

图3 各测试餐餐后食物摄入渴望程度及预估摄入量反应曲线  
Fig.3 Response curves of food intake cravings and predicted food intake after each test meal



由图3可知,服用测试餐后受试者食物摄入渴望程度均明显降低,在服用测试餐0~30 min内各时间点大米粉组食物摄入渴望程度变化量绝对值显著高于营养蛋白代餐组( $P<0.01, P<0.05$ ),45~120 min时两组食物摄入渴望程度变化量无显著差异( $P>0.05$ ),150 min后各时间点两组食物摄入渴望程度变化量组间差异显著( $P<0.05, P<0.01, P<0.001$ )。

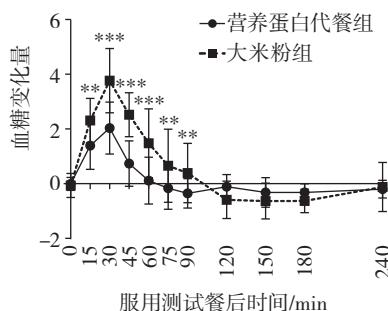
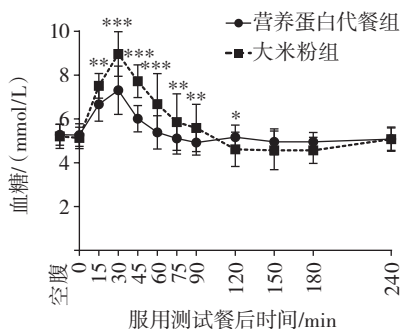
与此同时,服用测试餐后受试者预估摄入食物量均明显降低,在服用测试餐0~15 min,大米粉组预估摄入食物量变化量绝对值显著高于营养蛋白代餐组( $P<0.05, P<0.01$ ),30~45 min两组预估摄入食物量变化量无显著差异( $P>0.05$ ),60 min时营养蛋白代餐组预估摄入食物量变化量绝对值极显著低于大米粉组( $P<0.01$ ),营养蛋白代餐组预估摄入食物量显著高于大米粉组( $P<0.05$ ),75~150 min各时间点预估摄入食物量及其变化量均无显著差异( $P>0.05$ ),180、240 min时,大米粉组预估摄入食物量及其变化量显著高于营养蛋白代餐组( $P<0.05, P<0.01$ )。

蛋白质的代谢过程产生的氨基酸也参与到中枢神经系统的调控中,进一步影响餐后对食物的渴望程度及预估摄入食物量<sup>[17]</sup>。蛋白质的饱腹感与食物的体积、质地、纤维含量等多方面因素相关<sup>[18]</sup>。本研究中两种测试餐的体积质地相似,因此可以得出在上述条件可比的情况下,蛋白质能维持更长时间的饱腹感并抑制对餐后对食物的渴望程度<sup>[10-11,15]</sup>。

#### 2.4 各研究对象服用测试餐后血糖情况

各测试餐餐后血糖反应曲线如图4所示。

由图4可知,服用营养蛋白代餐或大米粉后,受试者血糖水平与空腹血糖均无显著差异,随后两组血糖水平均明显升高,其中营养蛋白代餐组在30 min达到峰值,比空腹增加了2.03 mmol/L,随后缓慢下降,60 min时基本恢复到空腹水平;大米粉组同样在30 min时达到峰值,比空腹增加3.76 mmol/L,随后缓慢下降,至90 min时基本恢复到空腹水平。整体上营养蛋白代餐组的血糖波动较平稳,大米粉组血糖波动较大,主要表现在大米粉组前120 min内血糖升高和降低的幅度均大于营养蛋白代餐组。120~180 min内各时间点,大米粉组血糖值明显低于空腹水平,直至



\*表示差异显著, $P<0.05$ ; \*\*表示差异极显著, $P<0.01$ ; \*\*\*表示差异高度显著, $P<0.001$ 。

图4 各测试餐餐后血糖反应曲线

Fig.4 Postprandial blood glucose response curves for each test meal

240 min时再次恢复至空腹水平。通过比较各时间点两组血糖变化量,发现在服用测试餐后0 min两组间差异不显著( $P>0.05$ ),15~90 min内各时间点大米粉组血糖变化量均显著高于营养蛋白代餐组( $P<0.01, P<0.001$ ),120~240 min两组血糖变化量无显著差异( $P>0.05$ )。

通过计算血糖曲线下增量面积(incremental area under the curve, IAUC)反映血糖升高和持续时间的总体状况,结果见表3。

表3 各时段测试餐的血糖 IAUC

Table 3 Blood glucose IAUCs of each test meal at different time periods

时间/min	营养蛋白代餐组	大米粉组	P 值
0~240	77.45	181.67	0.002
0~90	70.82	167.23	<0.001
90~120	1.91	7.67	0.12
120~180	3.98	1.28	0.18
180~240	0.73	5.49	0.19

注: $P<0.05$ 表示差异显著。

由表3可知,0~90 min和0~240 min大米粉组血糖 IAUC 均显著高于营养蛋白代餐组( $P<0.05$ ),表明服用大米粉后的血糖升高程度高于营养蛋白代餐,提示同等能量摄入情况下,营养蛋白代餐的血糖升高、波动和持续情况低于大米粉组,这可能与营养蛋白代餐可利用碳水化合物较低而膳食纤维含量较高有关。

根据上述结果,相比于以大米粉为例的碳水化合物,蛋白质的血糖响应较为温和,表现为服用后90 min内和240 min内的血糖升高程度较低,因此服用营养蛋白代餐有助于维持血糖的稳定<sup>[19]</sup>。而以大米粉为例的碳水化合物会导致人体在服用后90 min内血糖急剧和大幅上升,刺激胰岛素的大量释放使血糖水平快速下降,这种血糖的波动可能导致饥饿感和食欲的增加<sup>[20]</sup>。

### 3 结论

研究结果表明与同样体积且提供同等能量的大米

粉相比,营养蛋白代餐的摄入可以更大程度地延长饱腹感,减少预估摄入食物摄入量,且血糖波动更加平稳。食用高蛋白食物可以有效改善食欲控制、饱腹感,并减少女性的短期食物摄入量。蛋白质对饱腹感的增强和血糖的稳定有助于控制食物摄入,从而在体质量控制方面发挥积极作用。此外蛋白质的代谢需要更多的能量,促进脂肪燃烧,对于减肥和维持健康的体重具有积极意义。因此,合理平衡蛋白质和碳水化合物的摄入,将营养蛋白代餐作为代餐,可以更好地维持血糖稳定,减缓饥饿感,从而有助于体质量的管理。在日常饮食中,根据个体需求和健康状况合理搭配这两类营养素,将有助于维持整体的健康和身体的平衡。

### 参考文献:

- [1] PAN X F, WANG L M, PAN A. Epidemiology and determinants of obesity in China[J]. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, 2021, 9(6): 373-392.
- [2] ANTZA C, KOSTOPOULOS G, MOSTAFA S, et al. The links between sleep duration, obesity and type 2 diabetes mellitus[J]. *The Journal of Endocrinology*, 2021, 252(2): 125-141.
- [3] SOMMER A, TWIG G. The impact of childhood and adolescent obesity on cardiovascular risk in adulthood: A systematic review[J]. *Current Diabetes Reports*, 2018, 18(10): 91.
- [4] TREMBLAY A, BELLISLE F. Nutrients, satiety, and control of energy intake[J]. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism= Physiologie Appliquee, Nutrition et Metabolisme*, 2015, 40(10): 971-979.
- [5] BENTON D, YOUNG H A. Reducing calorie intake may not help you lose body weight[J]. *Perspectives on Psychological Science: a Journal of the Association for Psychological Science*, 2017, 12(5): 703-714.
- [6] DONG T S, LUU K, LAGISHETTY V, et al. A high protein calorie restriction diet alters the gut microbiome in obesity[J]. *Nutrients*, 2020, 12(10): 3221.
- [7] KEMPF K, RÖHLING M, BANZER W, et al. High-protein, low-glycaemic meal replacement decreases fasting insulin and inflammation markers—a 12-month subanalysis of the ACOORH trial[J]. *Nutrients*, 2021, 13(5): 1433.
- [8] BOWEN J, BRINDAL E, JAMES-MARTIN G, et al. Randomized trial of a high protein, partial meal replacement program with or without alternate day fasting: Similar effects on weight loss, retention status, nutritional, metabolic, and behavioral outcomes[J]. *Nutrients*, 2018, 10(9): 1145.
- [9] WU Y F, JURASCHEK S P, HU J R, et al. Higher carbohydrate amount and lower glycemic index increase hunger, diet satisfaction, and heartburn in overweight and obese adults in the OmniCarb randomized clinical trial[J]. *The Journal of Nutrition*, 2021, 151(8): 2477-2485.
- [10] TACK J, VERBEURE W, MORI H, et al. The gastrointestinal tract in hunger and satiety signalling[J]. *United European Gastroenterology Journal*, 2021, 9(6): 727-734.
- [11] WESTERTERP-PLANTENGA M S, LEMMENS S G, WESTERTERP K R. Dietary protein - its role in satiety, energetics, weight loss and health[J]. *The British Journal of Nutrition*, 2012, 108(Suppl 2): S105-S112.
- [12] WESTERTERP-PLANTENGA M S, ROLLAND V, WILSON S A, et al. Satiety related to 24 h diet - induced thermogenesis during high protein/carbohydrate vs high fat diets measured in a respiration chamber[J]. *European Journal of Clinical Nutrition*, 1999, 53(6): 495-502.
- [13] WESTERTERP-PLANTENGA M S. Protein intake and energy balance[J]. *Regulatory Peptides*, 2008, 149(1-3): 67-69.
- [14] MOON J, KOH G. Clinical evidence and mechanisms of high-protein diet - induced weight loss[J]. *Journal of Obesity & Metabolic Syndrome*, 2020, 29(3): 166-173.
- [15] PENHOAT A, MUTEL E, AMIGO-CORREIG M, et al. Protein-induced satiety is abolished in the absence of intestinal gluconeogenesis[J]. *Physiology & Behavior*, 2011, 105(1): 89-93.
- [16] MITHIEUX G, ANDREELLI F, MAGNAN C. Intestinal gluconeogenesis: Key signal of central control of energy and glucose homeostasis[J]. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 2009, 12(4): 419-423.
- [17] TOME D. Protein, amino acids and the control of food intake[J]. *The British Journal of Nutrition*, 2004, 92(Suppl 1): S27-S30.
- [18] JAMES B. Oral processing and texture perception influences satiation[J]. *Physiology & Behavior*, 2018, 193(Pt B): 238-241.
- [19] REID M, HETHERINGTON M. Relative effects of carbohydrates and protein on satiety—a review of methodology[J]. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 1997, 21(3): 295-308.
- [20] STEINERT R E, FREY F, TÖPFER A, et al. Effects of carbohydrate sugars and artificial sweeteners on appetite and the secretion of gastrointestinal satiety peptides[J]. *The British Journal of Nutrition*, 2011, 105(9): 1320-1328.

加工编辑:张昱  
收稿日期:2023-11-15