

文章编号:1004-1478(2011)04-0001-05

# 不同燕麦产品对正常小鼠消化酶 及 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$ 酶活性的影响

申瑞玲, 王英, 董吉林

(郑州轻工业学院 食品与生物工程学院, 河南 郑州 450002)

**摘要:**探讨了不同的燕麦产品对正常小鼠胃肠道消化酶和小肠黏膜  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶活性的影响. 将实验动物随机分为空白对照和分别饲喂燕麦面粉、燕麦麸皮、燕麦片、燕麦 $\beta$ -葡聚糖计5组, 饲喂3周, 测定血清胰蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶以及小肠黏膜  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶活性, 并测体重、进食量等指标. 结果显示: 饲喂3周后, 面粉组小鼠体重和进食量与对照组基本一致, 其他实验组小鼠体重下降, 进食量减少, 与对照组相比差异显著( $P < 0.05$ ). 燕麦产品对小鼠消化酶活性的抑制作用也很明显, 除面粉组外, 各实验组血清淀粉酶活性与对照组相比均差异显著( $P < 0.05$ ); 各实验组胰蛋白酶、脂肪酶和  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶活性与对照组相比显著降低( $P < 0.05$ ). 实验表明: 燕麦产品可抑制小鼠消化酶和小肠黏膜  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶的活性, 降低营养物质的利用率, 降低体重, 减少进食量. 其变化过程与不同燕麦产品中 $\beta$ -葡聚糖含量呈正相关.

**关键词:**燕麦产品; 消化酶;  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶

**中图分类号:**R151.1      **文献标志码:**A

## Effect of different oat products on digestive enzyme and $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$ activity of normal mice

SHEN Rui-ling, WANG Ying, DONG Ji-lin

(College of Food and Bioeng., Zhengzhou Univ. of Light Ind., Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** The effect of different oat products on digestive enzyme and  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$  activity of normal mice was studied. The experimental animals were randomly divided into control group, oat  $\beta$ -glucan group, oat flour group, oat meal group and oat bran group. The mice were fed for three weeks. The intestinal mucosa  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$  activities and digestive enzyme were determined by spectrophotometry. The body weight and food in-take were also examined. The results showed that after three weeks, the mice body weight and food in-take of oat flour group is fit to control group, other groups body weight and food in-take of mice decrease, and there is significant difference comparing with control group ( $P < 0.05$ ). Except for the oat flour group, the others suppressed body weight gain of mice and resulted in significantly decreased food in-take and amylase activity compared with the control group ( $P < 0.05$ ); the trypsin, lipase and  $\text{Na}^+ -$

收稿日期: 2011-04-20

基金项目: 国家燕麦产业技术体系建设专项经费资助项目(nyxytx-14); 现代农业产业技术体系建设专项资金资助项目(CARS-08-D1)

作者简介: 申瑞玲(1967—), 女, 山西省灵石县人, 郑州轻工业学院教授, 博士, 主要研究方向为食物营养.

$K^+$ -ATPase activity of all experimental groups were significantly lower than the control group ( $P < 0.05$ ). The result showed oat products could decrease level of body weight, food in-take, and intestinal mucosa  $Na^+$ - $K^+$ -ATPase and digestive enzyme activity of mice. The availability of nutrient was depression. The change course is positive correlation with  $\beta$ -glucan of different oat products.

**Key words:** oat products; digestive enzyme;  $Na^+$ - $K^+$ -ATPase

## 0 引言

燕麦含有多种营养素及丰富的膳食纤维,其中燕麦 $\beta$ -葡聚糖属于黏性多糖,也是谷物中一种重要的水溶性膳食纤维,可以调节血糖,增强免疫,抗感染,影响胃肠道的消化功能,有效地减少心脑血管疾病的发生,其良好的保健功能已被许多研究结果所证实<sup>[1-2]</sup>.但燕麦 $\beta$ -葡聚糖及相关食品对健康人群消化生理的影响尚没有确切的研究.本实验通过研究不同燕麦产品对正常小鼠的胃肠道消化酶和小肠黏膜 $Na^+$ - $K^+$ -ATP酶活性的影响,探讨燕麦产品中不同 $\beta$ -葡聚糖含量以及不同加工方式引起的消化生理变化,为深入了解燕麦 $\beta$ -葡聚糖的生理功能及合理消费不同燕麦产品提供科学依据.

## 1 实验

### 1.1 材料与设备

材料:燕麦面粉( $\beta$ -葡聚糖含量3.2%),张家口万全面粉有限公司产;燕麦片( $\beta$ -葡聚糖含量11.3%),桂林西麦生物技术开发有限公司产;燕麦麸皮( $\beta$ -葡聚糖含量13.58%),山西金绿禾生物科技有限公司产;燕麦 $\beta$ -葡聚糖( $\beta$ -葡聚糖含量72.3%),珠海晋平科技有限公司产.以上4种原料配成10%(w/v)的悬浮液,备用.蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶、 $Na^+$ - $K^+$ -ATP酶测试试剂盒和考马斯亮蓝蛋白测定试剂盒,南京建成生物工程研究所产.其他试剂均为分析纯.

设备:灌胃器 YLS—Q6,北京吉安得尔科技有限公司产;BS210S 电子天平,北京赛多利斯天平有限公司产;WFZ UV—2100 型分光光度计,尤尼可上海仪器有限公司产.

### 1.2 实验动物及其分组与处理

雄性昆明种小白鼠 50 只,购自郑州大学实验动物中心,体重为(20.45 ± 2.36)g.在实验室适应性喂养 1 周后,将实验动物随机分为空白对照和分别

饲喂燕麦面粉、燕麦麸皮、燕麦片、燕麦 $\beta$ -葡聚糖计 5 组(图表中分别用 A, B, C, D, E 表示),每组 10 只.各组小鼠均自由采食、饮水,小鼠基础饲料配方见表 1. 各组小鼠每天清晨称重后灌胃,空白对照组每天每只小鼠灌胃 1.0 mL 生理盐水,其余 4 组小鼠每天每只小鼠分别灌胃 1.0 mL 燕麦面粉、燕麦麸皮、燕麦片和燕麦 $\beta$ -葡聚糖溶液,连续灌胃 3 周.

表 1 小鼠基础饲料成分

日粮组成	含量/g	日粮组成	含量/g
玉米	51.98	矿物质	0.06
豆粕	23.00	赖氨酸	0.25
小麦麸	11.00	蛋氨酸	0.29
面粉	8.70	维生素	0.02
食盐	0.20	胆固醇	0.10
磷酸氢钙	1.00	蔗糖	0.10
碳酸钙	1.30	脂肪	4.69
猪油	2.00	蛋白质	17.17

### 1.3 测定方法

**1.3.1 体重和进食量** 每天用电子天平称量小鼠体重和进食量,计算小鼠平均体重增长量和日平均进食量.

**1.3.2 小鼠血清脂肪酶(LPS)、淀粉酶(AMS)、胰蛋白酶(Trypsin)活性测定** 实验的第 3 周末(21 d)灌胃后将小鼠禁食 24 h 后,摘眼球取血,离心分离血清,按照试剂盒说明测定不同酶活性.

脂肪酶活性测定采用比浊法,酶活性单位定义为在一定反应条件下,将每 min 水解产生 1  $\mu$ mol 游离脂肪酸的酶量定义为 1 个脂肪酶单位.

淀粉酶活性单位定义:100 mL 血清中的淀粉酶在 37  $^{\circ}$ C 与底物作用 30 min,水解 10 mL 淀粉为 1 个单位.

胰蛋白酶活性单位定义:在 37  $^{\circ}$ C, pH = 8.0 条件下,每 mL 血清中含有的胰蛋白酶每 min 使吸光度变化 0.003 即为 1 个酶活力单位.

**1.3.3 小肠黏膜  $Na^+$ - $K^+$ -ATP 酶活性的测定** 小鼠摘眼球取血后,立即颈部脱臼处死,打开腹腔,

于屈氏韧带下 50 cm 处截取小肠组织约 5 cm,用预冷生理盐水冲洗干净,滤纸稍吸干,玻片刮取小肠黏膜,称重后制备小肠黏膜匀浆备检<sup>[3]</sup>.采用考马斯亮兰法定量分析蛋白质.

Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATP 酶测定原理是利用 ATP 酶分解 ATP 生成 ADP 和无机磷,测定无机磷的量可判断 ATP 酶活性的高低.按说明书方法,在试管中加入各试剂和前述小肠黏膜匀浆 200 μL,进行酶促反应并加入定磷剂后,于 660 nm 处测定光吸收度并代入公式计算无机磷的量.酶活力单位以每 h 每 mg 组织蛋白的组织中 ATP 酶分解 ATP 产生的无机磷的量来表示,即 μmol Pi/(mg·h).

#### 1.4 统计方法

利用 SAS13.0 的 Univariate, ANOVA 程序分别对各处理组间的数据进行正态性与方差齐次性检验.均值多重比较采用 Duncan's 法进行,显著水平为  $P < 0.05$ .

## 2 结果与分析

### 2.1 添加不同燕麦产品对小鼠体重的影响

各组灌胃 3 周后小鼠体重变化结果见图 1.由图 1 可见,实验开始时,对照组与各实验组之间小鼠平均体重的无显著性差别 ( $P > 0.05$ );实验结束时,燕麦麸皮组、燕麦片组和燕麦 β-葡聚糖组小鼠的体重降低,与对照组小鼠相比差异显著 ( $P < 0.05$ ),面粉组小鼠体重与对照组相比差异不显著 ( $P > 0.05$ ).

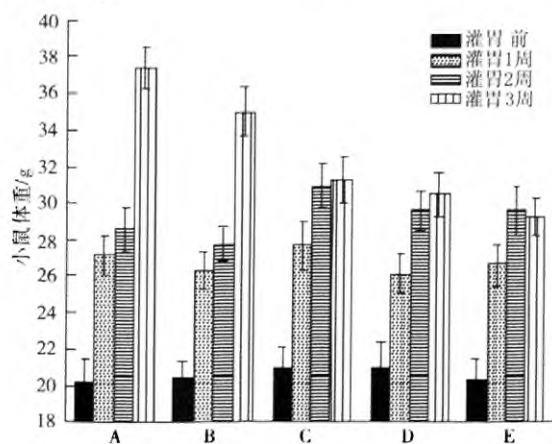


图 1 各组小鼠体重变化结果

燕麦含有丰富的膳食纤维,其中含量最高的是 β-葡聚糖.本研究几种不同燕麦产品中的 β-葡聚

糖含量差异较大.β-葡聚糖在体内不被消化吸收,且具有极强的吸水膨胀性和黏性,能够充盈胃肠道,产生饱腹感,减少食物的摄入和干扰葡萄糖等营养成分的吸收,从而产生减肥的作用<sup>[4-5]</sup>.该实验结果显示,小鼠持续进食燕麦产品 3 周后,燕麦麸皮组、燕麦片组和燕麦 β-葡聚糖组小鼠的体重降低,与对照组小鼠相比差异显著 ( $P < 0.05$ );由于燕麦面粉中 β-葡聚糖的含量较低(3.2%),没有对小鼠的体重产生较大影响.该结果可能与饲喂时间长短也有关.

### 2.2 添加不同燕麦产品对小鼠摄食量的影响

图 2 为不同燕麦产品给小鼠灌胃 3 周后摄食量的变化.可以看出,在灌胃 2 周后,与对照组相比,燕麦麸皮组和 β-葡聚糖组小鼠的摄食量开始下降;燕麦片组小鼠的摄食量虽然没有下降,但是较对照组增长缓慢;燕麦面粉组小鼠的摄食量与对照组相比无显著差异.灌胃 3 周后,燕麦麸皮组、燕麦片组和燕麦 β-葡聚糖组小鼠的摄食量明显比对照组低,差异显著 ( $P < 0.05$ ),并且燕麦片组和燕麦麸皮组小鼠的摄食量比第 2 周低;面粉组与对照组相比无显著差异 ( $P > 0.05$ ).

小鼠的摄食量变化与小鼠的体重变化呈正相关,随着饲喂 β-葡聚糖含量的增加和饲喂时间的延长,小鼠体重和摄食量降低变化也很明显,该结果与文献报道的燕麦多糖对实验性大鼠具有减肥作用的研究结果一致<sup>[4-5]</sup>.研究结果也提示,对于体重正常人群,可以选用 β-葡聚糖含量较低的燕麦面粉增补膳食纤维;而有超重和肥胖倾向的人群可以选用 β-葡聚糖含量较高的燕麦麸皮产品补充膳食纤维.

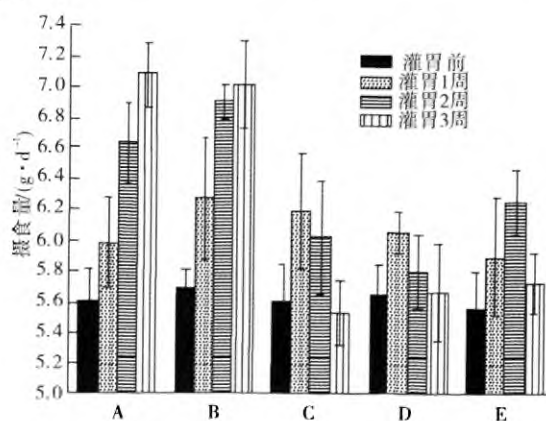


图 2 各组小鼠摄食量变化结果

### 2.3 添加不同燕麦产品对小鼠血清淀粉酶、胰蛋白酶和脂肪酶活性的影响

不同燕麦产品对小鼠胃肠道消化酶的影响结果见表 2。从表 2 可以看出,除面粉组外,各实验组的血清淀粉酶活性与对照组相比都显著降低 ( $P < 0.05$ )。各实验组胰蛋白酶活性与对照组相比均显著降低 ( $P < 0.05$ ),并且燕麦  $\beta$ -葡聚糖组的胰蛋白酶活性最低。各实验组脂肪酶的活性与对照组相比也显著降低 ( $P < 0.05$ )。

膳食纤维可通过影响酶的活力而降低对营养物质的吸收<sup>[6]</sup>。目前,不同膳食纤维对胃肠道消化酶影响的研究大多是通过体外实验进行的,有实验表明燕麦  $\beta$ -葡聚糖可抑制淀粉酶、脂肪酶、胰蛋白酶的活力,并且膳食纤维发酵产生的短链脂肪酸能改变肠道的 pH 值和黏度,这也会影响酶的活性<sup>[7]</sup>。经大鼠体内实验研究发现,燕麦麸皮对黏膜酶(蔗糖酶、氨基酸酶)也有一定影响<sup>[8]</sup>。本实验直接对小鼠胃肠道酶进行研究,发现燕麦产品对胃肠道酶的抑制作用与其中燕麦  $\beta$ -葡聚糖的含量呈正相关,这种抑制作用可能是因为  $\beta$ -葡聚糖在胃肠道中形成黏性的食糜包裹住消化酶而影响了其部分作用的发挥。

### 2.4 添加不同燕麦产品对小鼠小肠黏膜 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$ 酶活性的影响

添加不同燕麦产品对小鼠小肠黏膜  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶活性的影响结果见图 3。

由图 3 看出,燕麦面粉组、燕麦麸皮组、燕麦片组和燕麦  $\beta$ -葡聚糖组的  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶活性分别为  $(14.18 \pm 1.25) \mu\text{mol Pi}/(\text{mg} \cdot \text{h})$ ,  $(14.64 \pm 1.10) \mu\text{mol Pi}/(\text{mg} \cdot \text{h})$ ,  $(14.59 \pm 1.31) \mu\text{mol Pi}/(\text{mg} \cdot \text{h})$  和  $(10.86 \pm 0.99) \mu\text{mol Pi}/(\text{mg} \cdot \text{h})$ ,均较对照组  $(16.17 \pm 0.64) \mu\text{mol Pi}/(\text{mg} \cdot \text{h})$  显著降低

( $P < 0.05$ )。且燕麦  $\beta$ -葡聚糖组与其他燕麦产品组之间也有显著差别 ( $P < 0.05$ )。

营养物质主要在线粒体中进行三羧酸循环和氧化磷酸化,生成 ATP,而 ATP 的分解代谢在相当程度上要受细胞功能活动过程中的主要消耗酶——ATP 酶数目和活性的影响<sup>[9]</sup>。 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶即钠泵,位于线粒体的内膜,功能是把离子从基质转到内膜外,或向相反的方向转运,调节膜内外离子平衡,维持膜的正常功能,保证能量代谢的顺利进行。每分解 1 个 ATP 分子,可以使 3 个  $\text{Na}^+$  移出膜外,同时有 2 个  $\text{K}^+$  移入膜内,从而建立起一种贮备势能,为葡萄糖、氨基酸等营养物质的跨膜转运提供条件<sup>[9]</sup>。

小肠黏膜  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶活性的高低表明了小肠对营养物质吸收能力的大小。当  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶活性降低时,肠道对葡萄糖、氨基酸、 $\text{Na}^+$  等营养物质的吸收减少,排出增多;当该酶活性升高时,肠道对营养物质的吸收增加<sup>[10]</sup>。本次实验结果显示,燕麦产品组小鼠的  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶活性均低于空白对照组,说明燕麦产品能降低小肠黏膜  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶活性,进而抑制营养物质的吸收。因此,添加不同燕麦产品后小鼠体重的变化可能是因为燕麦

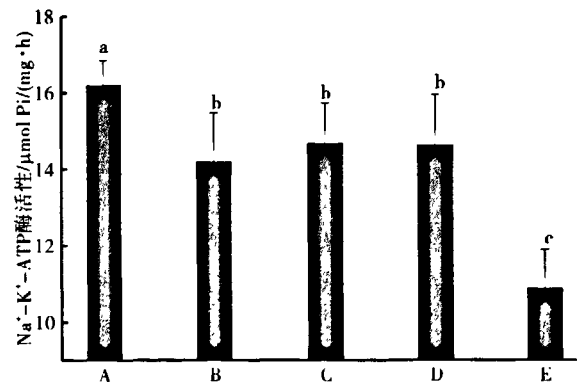


图 3 小鼠小肠黏膜  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶活性

表 2 不同燕麦产品对小鼠血清淀粉酶、胰蛋白酶和脂肪酶的影响

U/L

组别	淀粉酶	胰蛋白酶	脂肪酶
对照组(A)	$146.86 \pm 18.22^a$	$957.63 \pm 86.25^a$	$351.62 \pm 30.67^a$
燕麦面粉组(B)	$150.72 \pm 25.83^a$	$816.3 \pm 138.06^b$	$262.60 \pm 34.56^b$
燕麦麸皮组(C)	$129.85 \pm 10.82^c$	$886.68 \pm 61.24^c$	$191.93 \pm 12.61^c$
燕麦片组(D)	$115.94 \pm 11.67^d$	$857.66 \pm 29.18^d$	$160.23 \pm 10.97^d$
燕麦 $\beta$ -葡聚糖组(E)	$118.26 \pm 9.81^c$	$390.407 \pm 51.04^c$	$222.551 \pm 21.35^c$

注:同列中上标字母不同为差异显著 ( $P < 0.05$ ),上标字母相同为差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

产品中不同的 $\beta$ -葡聚糖影响了消化酶对其中营养成分的消化分解和吸收转运.但是正常人食用燕麦产品后的影响是否同该实验结果一致,还需要进一步的研究.


### 3 结论

不同燕麦产品添加在正常小鼠饮食中能够抑制小鼠血清淀粉酶、胰蛋白酶和脂肪酶等消化酶的活性,影响营养物质的消化分解;还可以抑制小鼠小肠黏膜 $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATP}$ 酶的活性,降低营养物质的利用率,减少小鼠进食量,降低小鼠体重,其变化的程度与不同燕麦产品中 $\beta$ -葡聚糖含量呈正相关.

#### 参考文献:

- [1] 董吉林,申瑞玲.燕麦膳食纤维对胃肠道功能影响[J].粮食与油脂,2006(4):46.
- [2] Guillon F, Champ M. Structural and physical properties of dietary fibers, and consequences of processing on human physiology[J]. Food Research Int, 2000, 33(3/4):233.
- [3] 武玉清,王静霞,周成华,等.番泻苷对小鼠肠道运动功能的影响及相关机制研究[J].中国临床药理学与治疗学,2004,9(2):162.
- [4] Bae In Young, Lee Suyong, Kim Sung Mi, et al. Effect of partially hydrolyzed oat  $\beta$ -glucan on the weight gain and lipid profile of mice[J]. Food Hydrocolloids, 2009, 23(7):2016.
- [5] Slavin Joanne L. Dietary fiber and body weight[J]. Nutrition, 2005, 21(3):411.
- [6] Mälkki Y, Virtanen E. Gastrointestinal effects of oat bran and oat gum[J]. Lebensm. -Wiss. u. -Technol, 2001, 34(6):337.
- [7] Vuksan V, Panahi S, Lyon M, et al. Viscosity of fiber preloads affects food intake in adolescents[J]. Nutrition Metabolism & Cardiovascular Diseases, 2009, 19(7):498.
- [8] Andersson Ulrika, Roseñ Liza, Östman Elin, et al. Metabolic effects of whole grain wheat and whole grain rye in the C57BL/6J mouse[J]. Nutrition, 2010, 26(2):230.
- [9] 乔健天. 细胞膜的基本结构和跨膜物质转运功能[M]. 北京:人民卫生出版社, 2002:7-16.
- [10] 林建维,钟进义,王蜀平.魔芋多糖对小鼠瘦素和 $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATP}$ 酶水平的影响[J].卫生研究, 2009, 38(2):207.

# 不同燕麦产品对正常小鼠消化酶及Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATP酶活性的影响

作者: [申瑞玲](#), [王英](#), [董吉林](#), [SHEN Rui-ling](#), [WANG Ying](#), [DONG Ji-lin](#)  
作者单位: [郑州轻工业学院食品与生物工程学院, 河南郑州, 450002](#)  
刊名: [郑州轻工业学院学报 \(自然科学版\)](#)   
英文刊名: [Journal of Zhengzhou University of Light Industry\(Natural Science Edition\)](#)  
年, 卷(期): 2011, 26(4)  
被引用次数: 1次

## 参考文献(10条)

1. [董吉林, 申瑞玲](#) [燕麦膳食纤维对胃肠道功能影响](#)[期刊论文]-[粮食与油脂](#) 2006(4)
2. [Guillon F;Champ M](#) [Structural and physical properties of dietary fibers, and consequences of processing on human physiology](#) 2000(3/4)
3. [武玉清, 王静霞, 周成华, 张洪泉](#) [番泻苷对小鼠肠道运动功能的影响及相关机制研究](#)[期刊论文]-[中国临床药理学与治疗学](#) 2004(2)
4. [Bae In Young;Lee Suyong;Kim Sung Mi](#) [Effect of partially hydrolyzed oat β-glucan on the weight gain and lipid profile of mice](#) 2009(07)
5. [Slavin Joanne L](#) [Dietary fiber and body weight](#) 2005(03)
6. [M\(a\)lkki Y;Virtanen E](#) [Gastrointestinal effects of oat bran and oat gum](#) 2001(06)
7. [Vuksan V;Panahi S;Lyon M](#) [Viscosity of fiber preloads affects food intake in adolescents](#) 2009(07)
8. [Andersson Ulrika;Rose\(n\) Liza;\(O\)stman Elin](#) [Metabolic effects of whole grain wheat and whole grain rye in the C57BL/6J mouse](#) 2010(02)
9. [乔健天](#) [细胞膜的基本结构和跨膜物质转运功能](#) 2002
10. [林建维, 钟进义, 王蜀平](#) [魔芋多糖对小鼠瘦素和Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATP酶水平的影响](#)[期刊论文]-[卫生研究](#) 2009(2)

## 引证文献(1条)

1. [苏慧, 区又君, 李加儿, 王永翠, 刘汝建, 曹守花](#) [饥饿对卵形鲳鲹幼鱼不同组织抗氧化能力、Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATP酶活性和鱼体生化组成的影响](#)[期刊论文]-[南方水产科学](#) 2012(06)

引用本文格式: [申瑞玲, 王英, 董吉林, SHEN Rui-ling, WANG Ying, DONG Ji-lin](#) [不同燕麦产品对正常小鼠消化酶及Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATP酶活性的影响](#)[期刊论文]-[郑州轻工业学院学报 \(自然科学版\)](#) 2011(4)