

# 海藻糖提高动物热耐受性的研究

葛宇<sup>1</sup>, 宫衡<sup>2</sup>, 刘玲<sup>2</sup>, 赖承兴<sup>2</sup>, 袁勤生<sup>2</sup>

(1. 上海市质量监督检验技术研究院, 上海 200233; 2. 华东理工大学生物工程学院, 上海 200237)

**摘 要:** 目的: 探讨海藻糖提高热耐受能力的作用, 为研制耐热型保健饮料提供依据。方法: 以小鼠为模型, 考察不同成分饮用水(水、蔗糖和海藻糖)饲喂的小鼠热暴露的存活时间和衰竭游泳时间。并比较了高温适应前后以及高温处理前后小鼠的一些生理生化指标如体重、血清中钾离子浓度、血糖含量和血红蛋白含量。结果: 海藻糖能显著延长小鼠的热暴露存活时间。生理生化指标表明海藻糖具有抗脱水, 能够在高温环境中维持细胞中钾离子浓度, 有效维持血红蛋白含量。并且有一定储能作用。结论: 海藻糖可以提高动物热耐受性, 很有希望成为一种耐热保健饮料的成分。

**关键词:** 海藻糖; 热耐受性; 动物实验

## Study on Heat Endurance Effect of Trehalose Drinks on Mice

GE Yu<sup>1</sup>, GONG Heng<sup>2</sup>, LIU Ling<sup>2</sup>, LAI Cheng-xing<sup>2</sup>, YUAN Qin-sheng<sup>2</sup>

(1. Shanghai Academe of Testing Technology on Quality Supervision, Shanghai 200233, China  
2. Institute of Bioengineering, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China)

**Abstract:** Objective: To study the effect of trehalose drinks on heat endurance of mice, so as to provide basis for developing a new heat endurance functional beverage. Methods: Using mouse which were fed by different drinks(water, sucrose water and trehalose water) respectively as testing animals which were exposed to 30℃ habitat. The surviving time upon heat exposure and the swimming time were examined and the physiologic and biochemical changes such as body weight, potassium concentration, blood sugar, hemoglobin were compared before and after heat exposure. Results: Trehalose could significantly improve the surviving time upon heat exposure, effectively sustain the hemoglobin level, and keep the potassium concentration in blood serum to protect cells from damage. Likewise it could increase the blood sugar level and reserve energy. Conclusion: Trehalose could improve the heat endurance of the animal. So trehalose could be a good ingredient in heat endurance drink.

收稿日期: 2004-12-07

作者简介: 葛宇(1971-), 女, 博士, 研究方向为食品检测。

在 78.13~156.25mg/kg·d 时, 对巨噬细胞的吞噬功能和 NK 细胞杀伤活性的增强效果最强, 剂量为 78.13mg/kg·d 时, 对 T 淋巴细胞增殖活性效果最强, 说明牛初乳粉发挥最佳免疫调节作用的最佳剂量为 78.13mg/kg·d, 为牛初乳粉的应用开发提供了理论依据。

参考文献:

[1] 曹劲松. 初乳功能性食品[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2000.

[2] 徐丽. 牛初乳制品功能性成分的分析[J]. 中国乳品工业, 2004, 32(4): 18-20.

[3] 黄雨三. 保健食品的功能学评价程序和检验方法[M]. 北京: 清华电子同方出版社, 2001.

[4] 王玉俊. 口蘑多糖对小白鼠免疫功能的影响[J]. 张家口医学院学报, 1996, 13(1): 17-18.

[5] 庄然. 人类NK细胞的亚群及其特征[J]. 细胞与分子免疫学杂志, 2002, 18(3): 645-648.

[6] 谢红. 运动对T淋巴细胞的影响及其免疫调节机制[J]. 西安体育学院学报, 1999, 16(4): 81-85.

Key words: trehalose; heat tolerance; animal test

中图分类号 R155.59

文献标识码 A

文章编号 1002-6630(2005)11-0230-04

海藻糖是一种两个分子的葡萄糖以 $\alpha$ -1,1糖苷键连接起来的非还原性双糖。近年来,大量研究表明,海藻糖在对生物活性材料干燥脱水过程中起到了非常卓越的保护功能。作者曾考察过海藻糖对保加利亚乳杆菌<sup>[1]</sup>和rhCuZnSOD体系<sup>[2]</sup>的作用,发现它在干燥过程中对菌体细胞和酶蛋白具有显著的保护、抗脱水效果。目前海藻糖的应用范围在不断拓宽。但对于海藻糖对整体动物是否具有类似的抗性作用,国内外至今未见报道。本论文以小鼠为实验对象,研究了在高温过程中海藻糖的作用,并与蔗糖相比,以此探讨海藻糖作为高温环境工作人员饮料成分的可能性。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 实验动物 采用上海西普尔-必凯实验动物有限公司的ICR小鼠,为8~9周龄,重量为23~25g,全雌,共90只。

1.1.2 海藻糖,日本林原生物有限公司购买。食品级,含量>98%。蔗糖为分析纯试剂,上述两种糖均配制成10%糖水溶液待用。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 分组及高温适应处理<sup>[3]</sup>

小鼠先适应两天后,设立对照组、海藻糖组和蔗糖组,将120只健康成年小鼠随机分成以上3组,每组40只。各组动物再分成四亚组,每组10只,分别进行衰竭游泳、高温热暴露试验和生化指标测定。每天以饮用水形式经给水瓶自由饮用。对照组鼠饮用自然水,海藻糖组和蔗糖组分别饮用10%的不同糖水溶液。高温适应处理是将各组小鼠间断性地暴露于模拟高温条件的30℃温箱中,每天3次,每次40min,共持续1w。然后进行各项检测。

#### 1.2.2 高温适应小鼠饮用量测定

取饲喂不同饮用水的各组高温适应小鼠,分别测量小鼠每日饮用量。结果以F检验分析。

#### 1.2.3 高温适应前后小鼠重量的变化测定

取饲喂不同饮用水的各组高温适应小鼠,分别称量其适应前和适应后(于末次灌胃前称量),计算平均增量。结果以F检验分析。

#### 1.2.4 小鼠热暴露实验<sup>[4]</sup>

分组后的小鼠高温适应后,随机各取10只于末次

灌胃1ml不同饮用水,30min后,将各组均放入 $45 \pm 2^\circ\text{C}$ 恒温培养箱内,观察每只小鼠存活时间,计算每组小鼠平均死亡时间,结果以F检验分析。

#### 1.2.5 小鼠力竭性游泳实验

分组后的小鼠高温适应后,随机各取10只于末次灌胃1ml不同饮用水,30min后,各组小鼠负重4%体重测定衰竭游泳时间(水温 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ )。结果以F检验分析。

#### 1.2.6 小鼠高温适应、及高温脱水前后生化指标测定

高温适应前,从各亚组中随机抽取两只小鼠,每组共计12只小鼠,尾部采血,测定其血红蛋白含量和血糖含量。计算平均量。再分别取每组高温适应小鼠各10只,取血测定各项生理指标(剪尾取血)。继续高温适应数天后,灌胃不同糖液1ml,30min后进行 $45 \pm 2^\circ\text{C}$ 高温处理,30min后取出,眼眶取血测定各项生理指标。再各取10只,灌胃不同糖液1ml,30min后眼眶取血测定。

##### 1.2.6.1 小鼠血红蛋白含量测定

氰化高铁血红蛋白法。

##### 1.2.6.2 小鼠血糖含量测定

葡萄糖氧化酶法。葡萄糖测定试剂盒购自上海荣盛生物技术有限公司。

##### 1.2.6.3 小鼠血清钾离子含量测定

比浊法。试剂盒购自南京建成生物工程研究所。

## 2 结果与分析

### 2.1 饮用水对小鼠生长的影响

表1 高温适应小鼠饮用水情况表

Table 1 Drinking water doses of heat-exposed mouse during experiment

组别	饮用量(ml/d只)
对照组	$6.45 \pm 0.30$
蔗糖组	$13.52 \pm 1.5^*$
海藻糖组	$11.04 \pm 0.83^*$

注:与对照组比较: $^*p < 0.05$ 。

结果表明,与对照组水相比,小鼠对海藻糖水的饮用量有显著差别,推测是由于海藻糖带有清淡的甜味,小鼠更喜欢的缘故。而蔗糖比海藻糖甜度更大,小鼠摄入量更多。但两者没有显著差异。实验结果表明,小鼠喜甜味。

各组小鼠喂养期间活动状况良好,皮毛色泽正常,无死亡。表2结果也表明各组间的小鼠体重增长情况无

表2 不同饮用水对高温适应小鼠生长的影响

Table 2 The effect of drinking water with different carbohydrates on growth of the heat-exposed mouse

组别	动物数 n	高温适应前 体重(g/只)	高温适应后 体重(g/只)	平均增量 (g/只)
对照组	20	24.25±1.46	26.68±1.87	2.43
蔗糖组	20	24.36±0.96	26.44±1.29*	2.08
海藻糖组	20	24.44±1.07	26.42±2.22*	1.98

注: \*p &gt; 0.05。

显著差异。

## 2.2 饮用水对热暴露小鼠存活时间的影响

表3 不同饮用水对热暴露小鼠存活时间的影响

Table 3 The effect of drinking water with different carbohydrates on surviving time of heat-exposed mouse

组别	平均存活时间
对照组	32.6±2.6
蔗糖组	48.2±14.89*
海藻糖组	87.3±10.93 <sup>△</sup>

注: 与对照组比较: \*p < 0.01; 与蔗糖组比较: <sup>△</sup>p < 0.01。

表3可见, 海藻糖组的小鼠在45℃高温下存活时间显著高于对照组和蔗糖组。实验中发现, 小鼠在高温条件下大量排汗, 这可能导致体液和电解质的丢失, 使体内正常的水平衡和电解质平衡被破坏, 脱水造成死亡。结果显示, 海藻糖能显著提高小鼠的耐热和抗脱水能力。

## 2.3 饮用水对高温适应小鼠耐疲劳性的影响

表4 不同饮用水对小鼠耐力游泳实验影响

Table 4 The effect of drinking water with different carbohydrates on fatigue in swimming mouse

组别	游泳时间(min)
对照组	41±15.35
蔗糖组	65.75±24.56*
海藻糖组	51.29±19.46 <sup>△</sup>

注: \*p、<sup>△</sup>p 均大于0.05。

实验表明, 对于小鼠游泳实验, 各组之间没有显著差异。但蔗糖组有明显优势。海藻糖并不能显著提高动物的耐疲劳能力, 但也有所增加。

## 2.4 小鼠高温处理前后体重变化

表5 不同饮用水对小鼠高温处理前后体重变化影响

Table 5 The effect of drinking water with different carbohydrates on body weight change of mouse by heat-stress

组别	高温处理前 体重(g/只)	高温处理后 体重(g/只)	平均减量 (g/只)
水	25.13±2.30	23.48±2.18	1.65
蔗糖组	25.48±2.19	23.71±2.11*	1.77
海藻糖组	25.1±1.64	24±1.33 <sup>△</sup>	1.1

注: \*p、<sup>△</sup>p 均大于0.05。

结果显示, 在高温处理前后小鼠的体重都有不同程

度的减轻。这主要是在高温处理过程中小鼠机体大量脱水所致。尽管F检验结果各组之间无明显方差差异时的概率大于0.05, 即各组之间没有显著差异, 但实验结果也明显可以看出, 在相同的高温处理条件下, 海藻糖组的小鼠脱水少, 即体液丢失少。这也从另一个侧面反映了海藻糖具有一定的抗脱水能力。

## 2.5 小鼠高温暴露前后生理生化指标变化

表6 小鼠高温暴露前后血清钾离子浓度变化

Table 6 Change of Potassic ion concentration in blood serum of mouse before and after heat exposure

组别	高温暴露前		高温暴露后
	灌胃前	灌胃后	
水	7.14±1.48	9.00±0.63	10.18±1.01
蔗糖组	8.15±1.02	8.12±1.05	8.46±2.35
海藻糖组	7.06±0.79	7.11±1.36	7.46±0.86 <sup>△</sup>

注: \*p、<sup>△</sup>p 均小于0.05。

高温处理后, 与对照组水和蔗糖组相比, 其海藻糖组的血清钾离子浓度有显著差异, 明显低于前两者。在整个高温处理期间, 海藻糖组的小鼠血清钾离子浓度都能维持在一个比较低的水平。显示了较强的保钾能力, 从某种程度上反映了海藻糖具有保护细胞膜, 维持细胞渗透压的能力。实验结果显示, 这种保钾能力似乎是在高温适应期间就开始了。而对照组水, 在高温脱水后血清钾离子浓度明显增加。

表7 小鼠高温暴露前后血红蛋白含量变化

Table 7 Change of hemoglobin of mouse before and after heat exposure

组别	高温适应前	高温暴露前		高温暴露后
		灌胃前	灌胃后	
水	16.65±1.22	16.75±3.57	/	10.23±3.86
蔗糖组		18.66±0.71	16.07±1.00	11.37±2.70
海藻糖组		16.58±2.21	16.36±1.29	13.81±1.58*

注: \*p &lt; 0.05。

高温处理后, 对照组血红蛋白含量显著下降, 而海藻糖组的小鼠血红蛋白含量显著高于对照组。表明海藻糖具有一定的稳定血红蛋白的功效。高温适应及灌胃过程对小鼠的血红蛋白没有太大影响, 其含量没有明显区别。

表8 小鼠高温暴露前后血糖含量变化

Table 8 Change of blood sugar of mouse before and after heat exposure

组别	高温适应前	高温暴露前		高温暴露后
		灌胃前	灌胃后	
水	5.64±1.33		/	4.86±1.30
蔗糖组		5.91±1.52	6.70±1.23	6.42±1.17
海藻糖组		5.32±0.46	6.42±1.18	5.92±0.99

表8结果表明, 10d的高温适应中, 试验组小鼠的

血糖含量并没有发生异常。但在灌胃糖液 30min 后, 试验组(摄入糖液)小鼠血糖迅速增加, 外源性能源的利用能节省肌糖原, 因此对动物耐疲劳性有一定的帮助。高温暴露后, 小鼠血糖含量有所下降, 但没有明显差异。

### 3 讨论

在高温干旱环境作业的工作人员, 包括运动员, 常常因为高温引起脱水。最常见的补液饮料的主要成分为无机盐、糖和水。而补糖在其中起了极其重要的作用<sup>[5]</sup>。糖的种类、浓度、渗透压等都直接影响到补液效果<sup>[6]</sup>。常见的用于饮料的糖类有葡萄糖、蔗糖、果糖、低聚糖等。目前, 在研究热耐受的分子机制中, 海藻糖是一个重要的因素。有学者认为它可以增加热环境下蛋白的稳定性, 抑制热应激所致的蛋白凝集。也有学者通过研究酵母细胞提出, 海藻糖可维持变性蛋白的半折叠状态, 有利于分子伴侣的进一步加工<sup>[7]</sup>。

在本研究中, 结果表明, 海藻糖能够显著提高动物的热耐受性, 在 45℃ 高温下小鼠平均存活时间显著高于对照组和蔗糖组。高温适应及高温处理期间的生理生化指标测定表明它对细胞膜起到一定的维护作用, 表现在高温环境中能够维持细胞中钾离子含量。而钠钾能够保持体液平衡, 具有防止肌肉疲劳, 脉率过高, 呼吸浅频及出现低血压状态等作用。另一方面, 它能有效保持高温环境下的血红蛋白含量, 有利于在机体处于极端环境下向肌肉组织提供更多的氧, 增加机体有氧代谢能力。此外, 部分海藻糖同其它糖一样, 可作为机体

的能量储备, 表现在摄入后血糖含量的增加。据此, 我们有理由推断, 海藻糖完全可以作为一种新型糖类应用于耐热型饮料中。

近年来也出现了不少中草药为基料研制的耐热性保健饮料, 在这些饮料中主要是利用了中草药中的一些特殊成分或特有的维生素、氨基酸所具有的热耐受性功效<sup>[8]</sup>。如果在这些功效成分基础上再加上海藻糖, 不仅能改善饮料风味, 而且能进一步提高其热耐受能力。本研究结果为耐热性保健饮料提供了一定的应用理论基础。

### 参考文献:

- [1] 葛宇, 赖承兴, 袁勤生, 等. 海藻糖对保加利亚乳杆菌保护应用的研究[J]. 食品科学, 2002, 23(7): 55.
- [2] 葛宇, 刘玲, 袁勤生, 等. 海藻糖对重组人铜锌SOD酶的保护应用[J]. 中国生物制品学杂志, 2003, 16(1): 42.
- [3] 陈德蓉, 郭玉蓉, 刘磊. 高温干旱环境下专用饮料性能的动物试验报告[J]. 甘肃农业大学学报, 1997, 32: 56-60.
- [4] 李向辉, 郭俊生, 沈志雷, 等. 强化苦丁茶提高热耐受能力的观察[J]. 解放军预防医学杂志, 2001, 19(2): 92-94.
- [5] 史小才. 补液、补糖和运动[J]. 中国运动医学杂志, 1997, 16(3): 192-196.
- [6] 徐克勇, 叶孟韬, 冯卫华, 等. 麦芽低聚糖运动饮料的研制[J]. 食品科学, 1999, 3: 38-40.
- [7] 王光海. 海藻糖和应激糖蛋白在细胞热耐受中的作用[J]. 国外医学卫生学分册, 2000, 27(4): 211-212.
- [8] 罗炳德, 万为人, 陈雪梅, 等. 复方人参制剂对热应激大鼠的保护作用研究[J]. 中国工业医学杂志, 2001, 14(3): 136-138.

## 欢迎订阅 2006 年《农业科学研究》

- “中国学术期刊综合评价数据库”统计刊源
- 中国期刊全文数据库全文收录期刊
- 《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版)》全文收录期刊
- 中国科学技术信息研究所万方数据资源系统上网期刊
- 中国核心期刊(遴选)数据库全文收录期刊
- 《中国生物学文摘》全文收录期刊
- 中国生物学文献数据库收录期刊
- CEPS(Chinese Electronic Periodicals Service)全文收录期刊

《农业科学研究》主要刊登有关农业科学、林业科学、植物保护学、资源与环境科学、园艺科学、动物科学与动物医学、食品科学、农田水利与农业工程、生物学和农业经济学等方面的学术论文、简报、综述等, 并刊登有关上述学科的新技术和新方法介绍、研究动态, 力求客观、及时、有效地反映农业科学研究领域中各学科的新研究成果。

《农业科学研究》以印刷版、光盘版、网络版三种载体形式出版。印刷版由宁夏大学学术期刊中心出版; 光盘版经中华人民共和国新闻出版总署批准, 由《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社出版; 网络版分别由中国科学技术信息研究所万方数据网络中心及中国学术期刊(光盘版)电子杂志社出版, 网址分别为 <http://nxnxyxb.periodicals.net.cn> 和 <http://lxix.chinajournal.net.cn>。社会影响日益扩大。

本刊为季刊, 每季末月下旬出版, 大 16 开, 每期 96 页, 每册定价 8.00 元, 全年订价 32.00 元。全国各地邮局(所)均可订阅。发行部常年办理邮购。邮发代号: 74-9 国内刊号: CN 64-1056/S 国际刊号: ISSN 1673-0747

联系人: 魏乐

通讯地址: 宁夏银川西夏区文萃北街 217 号宁夏大学学术期刊中心《农业科学研究》编辑室

邮政编码 750021 网址 <http://ajc.nxu.edu.cn>

联系电话: 0951-2061795, 0951-2061945 传真: 0951-2061793 Email: [xuebaon@nxu.edu.cn](mailto:xuebaon@nxu.edu.cn)