

运动饮料中的甜味剂及运动员选择 运动饮料的建议

杨丰旭, 孟佳珩*

(黑龙江中医药大学体育教研部, 哈尔滨 150040)

摘 要: 运动员在比赛和训练中需要补充一定水分、电解质及能量, 因此大多数运动员会选择含有丰富营养素与能量的运动饮料。运动饮料中的甜味剂为其带来了良好的风味, 但是不同甜味剂对运动员的机体产生不同的影响。本文对运动饮料中常见的 4 种甜味剂—安赛蜜、糖精钠、蔗糖、木糖醇进行了综述介绍, 并对运动员选择运动饮料提出了一定建议, 以期能为运动员选择运动饮料提供建议。

关键词: 安赛蜜; 糖精钠; 蔗糖; 木糖醇; 运动饮料

Sweeteners in sports drinks and suggestions for athletes to choose sports drinks

YANG Feng-Xu, MENG Jia-Heng*

(Department of Physical Education, Heilongjiang University of Traditional Chinese Medicine, Harbin 150040, China)

ABSTRACT: Athletes need to supple some water, electrolytes and energy in competitions and training, so most athletes choose sports drinks that are rich in nutrients and energy. The sweeteners in sports drinks bring good flavor to them, but different sweeteners have different effects on the body. In this paper, four kinds of sweeteners commonly used in sports drinks (acesulfame, sodium saccharin, sucrose and xylitol) were introduced, and some suggestions for athletes to choose sports drinks were put forward, in order to provide suggestions for athletes to choose teleport beverages.

KEY WORDS: acesulfame; sodium saccharin; sucrose; xylitol; sports drink

1 引 言

运动饮料是营养素及其含量能适应运动或体力活动人群的生理特点, 能为机体补充水分、电解质和能量, 可被迅速吸收的饮料^[1]。运动饮料中的甜味剂是运动饮料风味的重要因素, 目前运动饮料的甜味剂主要有安赛蜜^[2]、糖精钠^[2,3]、蔗糖^[4,5]、木糖醇^[6]等, 各种甜味剂的甜度如表 1^[7]所示。这些甜味剂为运动饮料提供了良好的风味, 但是过量的甜味剂会导致肥胖, 甚至对身体健康产生威胁。

本文主要对以上几种运动饮料中常用的甜味剂进行介绍, 以期能为运动员选择远动饮料提供建议。

表 1 运动饮料中 4 种常见甜味剂的甜度
Table 1 Sweetness of 4 kinds of common sweetness in sports drinks

糖类	甜度
蔗糖	1
安赛蜜	100~200
糖精钠	300~400
木糖醇	1
阿斯巴甜	100~200

*通讯作者: 孟佳珩, 副教授, 主要研究方向为运动生理学, 运动养生。E-mail: z18906@163.com

*Corresponding author: MENG Jia-Heng, Assistant Professor, Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin 150040, China. E-mail: z18906@163.com

2 安赛蜜

安赛蜜,也称乙酰磺胺酸钾($C_4H_4KNO_4S$),是一种甜度比蔗糖甜 100~200 倍的甜味剂。1988 年它被美国食品和药物管理局(Food and Drug Administration, FDA)批准使用。安赛蜜在高温下仍然稳定,在提供甜味的同时可以掩蔽不良的味道^[8-11]。

安赛蜜是一种非营养的甜味剂,口感好、无热量,但是几项大型流行病学研究表明,其在人体内的也会造成不良的代谢效应,如体重增加、中枢性肥胖、代谢综合征和心血管疾病等^[12-14]。Fumiaki 等^[15]发现添加安赛蜜的果汁和饮料的摄入量与体重增加量率呈正相关, Ma 等^[16]发现含安赛蜜等人工甜味剂的饮料的消费量与脂肪肝疾病的风险增加有关。安赛蜜可以被肠道微生物降解^[17]。Bian 等^[18]用 37.5 mg/kg·BW/d 的安赛蜜对 CD-1 小鼠进行 4 周的灌胃处理,结果发现安赛蜜扰乱了小鼠的肠道微生物群,小鼠的体重都有增加,而雄性小鼠的体重增加具有显著性。其肠道内与能量代谢相关的功能性细菌(拟杆菌属)有了明显富集,且其代谢物中的丙酮酸含量增加,丙酮酸可以进一步发酵成短链脂肪酸,如丙酸和丁酸。GB 2760-2014^[19]中规定,饮料中安赛蜜的添加量不能超过 0.3 g/kg。

对于运动员而言,无热量的安赛蜜是一种很好的糖代替品,但是若长期大量饮用含有安赛蜜的运动饮料,可能有导致肥胖的风险,建议只在训练或比赛后引用适量含有安赛蜜的运动饮料以补充矿物质、水分等。

3 糖精钠

糖精钠也称邻磺酰苯甲酰亚胺钠,是最早应用的人工合成非营养型甜味剂,因其低热量、不为人体吸收、可随大小便一起自动排出等特点被肥胖病、高血脂、糖尿病和龋齿等患者用作食糖替代品^[17]。但是近期有研究发现,糖精钠在肥胖和相关慢性炎症发展中存在潜在的作用,其安全性也有很大的争议,GB 2760-2014^[19]中规定,饮料中糖精钠的添加量不能超过 0.15 g/kg。

糖精钠的性质与安赛蜜相似,其不能通过人体胃肠道消化,因此会直接影响肠道微生物群的组成,而微生物组成的改变有时会有导致肥胖症和糖尿病的风险^[20,21]。Suez 等^[22]用 5%的糖精钠对小鼠进行灌胃处理,结果发现,糖精钠导致小鼠对葡萄糖的吸收能力降低,也使肠道中的拟杆菌含量增加,梭菌含量降低,这个现象说明糖精钠可能会增加人体患 2 型糖尿病和肥胖症的风险。

大多数运动员需要保持体重的稳定,且高强度的运动可在运动中和运动后的一段时间内升高血糖,并有可能造成持续性高血糖,患糖尿病的患者若持续进行高强度的运动还可诱发酮症或酮症酸中毒,因此 2 型糖尿病会对运动员造成很大的影响^[23,24]。因此笔者建议运动员尽量不选

择含有糖精钠的运动饮料,而运动饮料的生产厂家也尽量使用其他的甜味剂代替糖精钠。

4 蔗糖

安赛蜜与糖精钠均属于非营养甜味剂,其由于具有高甜度和低热量已作为糖替代品在食品和饮料界广泛应用^[25]。而蔗糖属于营养甜味剂,其可吸收性与可口性极好。甘蔗和甜菜是农业上产糖最多得农作物,这 2 种作物每英亩所产生的热量比马铃薯、玉米和小麦都多。蔗糖的甜味来自其组成成分的葡萄糖和果糖,因此添加蔗糖的运动饮料中含有相对丰富的碳水化合物和能量^[26]。

营养摄入是所有运动员运动能力的关键因素之一,良好的营养摄入可以帮助他们克服限制性因素,若忽视合理的营养补充会导致其疲劳或运动能力下降。碳水化合物是每个运动员运动饮食的基础,在训练适应中的作用受到了广泛关注。碳水化合物在中等强度的高强度运动中起主要肌肉基质的作用。碳水化合物是运动时间超过 60 min 时,运动员需要补充 6%~8%的碳水化合物或者每小时补充 30~60 g 碳水化合物^[27]。运动后以 3:1 的比例摄入碳水化合物与蛋白质可以有效地补充肌肉糖原并提高肌肉的恢复能力^[28]。在运动员训练和比赛时,全谷物的碳水化合物可能会引起一些不良反应,如腹胀、肠胃不适、抽筋等,因此含有蔗糖的运动饮料可以作为运动员在训练或比赛中迅速摄入碳水化合物的项目之一^[29]。

与糖精钠等非营养甜味剂相比,1 g 蔗糖可以产生 17 kJ 的热量,其可以增加机体 ATP 的合成,有利于氨基酸的活力与蛋白质的合成^[30]。Sato^[31]对小鼠进行 7 个月的高蔗糖饮食处理,结果发现小鼠发生了严重的肥胖症,与对照组相比,小鼠的脂肪组织重量、血清瘦素、血糖及胰岛素都有了显著的升高,其 T 细胞有丝分裂原和 B 细胞有丝分裂原刺激的脾细胞增殖都显著减少。也就是说长期高蔗糖饮食可能会诱导严重肥胖,并使 T 细胞和 B 细胞受损,从而影响机体的免疫反应及胰岛功能。因此,运动员可以选择含有适量蔗糖的运动饮料,但是饮用量不宜过多。

5 木糖醇

木糖醇使一种五碳多元醇,天然存在于许多水果和浆果中,被作为甜味剂广泛应用于各种食物中^[32-35]。木糖醇的甜度与蔗糖相似,在人体内代谢完全,热值为 16.72 kJ/g^[36]。木糖醇是人体糖类代谢的中间体,在体内缺少胰岛素影响糖代谢情况下,无须胰岛素促进,木糖醇也能透过细胞膜,被组织吸收利用,促进肝糖元合成,供细胞以营养和能量,且不会引起血糖值升高,消除糖尿病人服用后的三多症状(多食、多饮、多尿),是最适合糖尿病患者食用的营养性的食糖代替品^[37,38]。GB 2760-2014^[19]中规

定木糖醇可在各类食品中按生产需要适量使用。

木糖醇已被 35 个以上的国家批准用于食品、药物、口腔健康产品以及营养保健品中。木糖醇通过肠道吸收, 约 85% 由肝脏代谢, 10% 由肾脏代谢, 小部分被血液细胞、肾上腺皮质和其他组织利用, 进入肝脏后, 视机体情况约 20%~80% 转变为葡萄糖, 另一部分发酵降解为丙酮酸或乳酸, 或被氧化释放能量^[39,40]。

由于木糖醇在提供能量的同时, 不会影响胰岛功能, 没有导致糖尿病的风险, 因此对运动员而言是一种很好的甜味剂, 推荐作为运动饮料的糖代替品。

6 阿斯巴甜

阿斯巴甜是一种人工合成甜味剂, 甜度约为蔗糖的 100~200 倍, 但热量比一般蔗糖少, 因此被作为蔗糖的代替品广泛地应用于食品的各个领域^[41~45]。阿斯巴甜在胃肠道中在酶的作用下被降解成 3 种天然食物成分—氨基酸、天冬酸、苯丙酸及甲醇^[46~49]。在 GB 2760-2014^[19]规定, 在饮料中, 阿斯巴甜允许最大使用量为 1.0 g/kg。

关于阿斯巴甜对体重影响的研究暂时没有一致的结果。46 名使用阿斯巴甜的肥胖妇女的体重和对照组相比只有轻微减轻(7.4 kg 与 5.8 kg)。然而, 在另一个以男性为研究对象的小样本研究中, 11 个男性体重反而有所增加^[50]。因此不建议运动员长期饮用含有阿斯巴甜的运动饮料。

7 总 结

在运动饮料中, 安赛蜜、糖精钠、蔗糖、木糖醇于阿斯巴甜是几种比较常见的甜味剂。运动员作为一个对体重及身体机能要求较高, 且需要更多能量补充的特殊群体, 选择加有合适的甜味剂的运动饮料十分重要。安赛蜜、糖精钠作为人工合成的非营养甜味剂, 虽然甜度较高、口感较好, 但是不能提供热量, 且容易导致肥胖症、糖尿病, 甚至诱发酮症或酮症酸中毒, 因此不建议运动员在训练或比赛中大量饮用含有此类甜味剂的运动饮料。蔗糖作为天然的营养甜味剂, 应用得最为广泛, 它可以为机体提供大量能量, 但是过量饮用可能导致糖尿病、肥胖, 还可能对免疫系统造成损伤, 因此建议运动员少量饮用加有蔗糖的运动饮料。阿斯巴甜热量低, 安全性高, 但是其对体重的影响并没有确定, 因此不建议运动员长期饮用加有阿斯巴甜的运动饮料。木糖醇可以为机体提供与蔗糖相当的能量, 且不影响胰岛功能, 是一种较为理想的甜味剂, 建议运动员优先选择以木糖醇作为甜味剂的运动饮料, 也建议运动饮料的开发者尽量选择木糖醇作为产品的甜味剂。

参考文献

- [1] 运动饮料[S]. 2009.
Sports Drinks [S]. 2009.

- [2] 刘仲义, 李锦清, 伍尚森, 等. 高效液相色谱法测定运动饮料中 13 种食品添加剂[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 3(9): 506-511.
Liu ZY, Li JQ, Wu SS, *et al.* Determination of 13 food additives in sports drinks by high performance liquid chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2018, 3(9): 506-511.
- [3] 孙莉琴. 灵芝黑枸杞运动饮料的研制[J]. 食品工业, 2016, 37(5): 50-53.
Sun LQ. Development of ganoderma lucidum sports drink [J]. Food Ind, 2016, 37(5): 50-53.
- [4] 彭雪玲. 苦荞运动饮料研制及抗疲劳活性研究[J]. 食品工业, 2018, 5(339): 106-109.
Peng XL. Research on development and anti-fatigue activity of bitter sports drink [J]. Food Ind, 2018, 5(339): 106-109.
- [5] 李艳茹. 新型体力恢复运动饮料的研制[J]. 四川体育科学, 2013, 32(5): 42-44.
Li YR. Development of a new physical recovery sports drink [J]. Sichuan Sport Sci, 2013, 32(5): 42-44.
- [6] 李珈骥. 响应面法优化沙棘枸杞复合运动饮料配方[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(7): 1994-2000.
Li JQ. Optimization of seabuckthorn and complex sports drink formula by response surface methodology [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(7): 1994-2000.
- [7] 刘志丽. 人工甜味剂在减肥节食食品中的应用及致癌风险的研究综述[J]. 食品研究与开发, 2008, (6): 177-180.
Liu ZL. Review on the application of artificial sweeteners in dieting foods and risk of carcinogenicity [J]. Food Res Dev, 2008, (6): 177-180.
- [8] Llamas NE, Di NMS, Palomeque ME, *et al.* Direct determination of saccharin and acesulfame-K in sweeteners and fruit juices powders [J]. Food Anal Method, 2008, 1(1): 43-48.
- [9] 刘峰. 超高效液相色谱质谱联用法测定食品中安赛蜜含量不确定度评估[J]. 新余学院学报, 2016, 21(6): 12-15.
Liu F. Evaluation of uncertainty in determination of ansai honey content in food by ultra performance liquid chromatography-mass spectrometry [J]. J Xinyu Univ, 2016, 21(6): 12-15.
- [10] 迟秋池, 陈燕, 邵晓赞, 等. 高效液相色谱法同时测定可乐中苯甲酸、糖精钠、安赛蜜和咖啡因[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(2): 617-622.
Chi QC, Chen Y, Shao XY, *et al.* Simultaneous determination of benzoic acid, sodium saccharin, acesulfame and caffeine in cola by high performance liquid chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2016, 7(2): 617-622.
- [11] 刘峰. 食品中安赛蜜的两种快速检测方法比较[J]. 湖州师范学院学报, 2017, 39(2): 27-30.
Liu F. Comparison of two rapid detection methods for ansai honey in food [J]. J Huzhou Norm Coll, 2017, 39(2): 27-30.
- [12] Sylvestsky AC, Brown RJ, Blau JE, *et al.* Hormonal responses to non-nutritive sweeteners in water and diet soda [J]. Nutr Metabol, 2016, 13(1): 1-13.
- [13] 张静, 杨鸿斌, 谢娟, 等. 毛细管电泳法同时测定饮料中的阿斯巴甜、糖精钠和安赛蜜[J]. 现代预防医学, 2014, 41(20): 3768-3770.
Zhang J, Yang HB, Xie J, *et al.* Simultaneous determination of aspartame, saccharin sodium and acesulfame in beverages by capillary electrophoresis [J]. J Mod Prev Med, 2014, 41(20): 3768-3770.
- [14] 丁杨, 杨晓非, 邓美荣, 等. 干果蜜饯腌制食品中安赛蜜检测方法研究[J]. 黑龙江医学, 2016, 40(10): 897-898.
Ding Y, Yang XF, Deng MR, *et al.* Study on the detection method of acesulfame in dried fruit preserved foods [J]. Heilongjiang Med J, 2016,

- 40(10): 897–898.
- [15] Fumiaki I, Laura OC, Zheng Y, *et al.* Consumption of sugar sweetened beverages, artificially sweetened beverages, and fruit juice and incidence of type 2 diabetes: systematic review, meta-analysis, and estimation of population attributable fraction [J]. *Kyoto Univ Res Inf Reposit*, 2015. doi: 10.1136/bmj.h3576.
- [16] Ma J, Fox CS, Jacques PF, *et al.* Sugar-sweetened beverage, diet soda, and fatty liver disease in the Framingham Heart Study cohorts [J]. *J Hepatol*, 2015, 63(2): 462–469.
- [17] John A, Thomas D. 高强度甜味剂的安全性毒理性概述[C]. 中国营养学会营养与健康纽特健康糖在健康饮食中的应用专题研讨会, 1994. John A, Thomas D. Safety toxic rationality of high-intensity sweeteners [C]. *Nutrition and Health of China Nutrition Society Newt Health Sugar Application Workshop on Healthy Diet*, 1994.
- [18] Bian X, Chi L, Gao B, *et al.* The artificial sweetener acesulfame potassium affects the gut microbiome and body weight gain in CD-1 mice [J]. *PLoS One*, 2017, 12(6): e178426.
- [19] GB2760-2014 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准[S]. GB2760-2014 National food safety standards-Standards for the use of food additives [S].
- [20] Zheng Y, Sarr MG. Effect of the artificial sweetener, acesulfame potassium, a sweet taste receptor agonist, on glucose uptake in small intestinal cell lines [J]. *J Gastrointest Surg*, 2013, 17(1): 153–158.
- [21] 张冬青. 食品甜味剂糖精钠使用安全评价[J]. *食品科学*, 1990, (8): 24–27. Zhang DQ. Safety evaluation of food sweetener sodium saccharin [J]. *Food Sci*, 1990, (8): 24–27.
- [22] Suez J, Korem T, Zeevi D, *et al.* Artificial sweeteners induce glucose intolerance by altering the gut microbiota [J]. *Nature*, 2014, 514(7521): 181–186.
- [23] 习雪峰. 运动和 EGCG 对III型糖尿病大鼠海马线粒体功能的改善作用及机制研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2014. Xi XF. Effect and mechanism of exercise and EGCG on mitochondrial function in hippocampus of type III diabetic rats [D]. *Suzhou: Suzhou University*, 2014.
- [24] 陈庆. 正确认识和使用合成甜味剂—糖精钠[J]. *食品科学*, 1990, 1(2): 104–105. Chen Q. Correct understanding and use of synthetic sweetener-sodium saccharin [J]. *Food Sci*, 1990, 1(2): 104–105.
- [25] Da S. Santana N, Mothé MG, *et al.* Thermal and rheological behavior of non-nutritive sweeteners [J]. *J Therm Anal Calorimetry*, 2019.
- [26] Inglett GE, 徐雄. 甜味剂(综述)[J]. *亚热带植物通讯*, 1982, (1): 49–56. Inglett GE, Xu X. Sweeteners (review) [J]. *Subtrop Plant Comm*, 1982, (1): 49–56.
- [27] Coletta A, Thompson DL, Raynor HA. The influence of commercially-available carbohydrate and carbohydrate-protein supplements on endurance running performance in recreational athletes during a field trial [J]. *J Int Soc Sport Nutr*, 2013, 10(1): 17.
- [28] Kerkick C, Harvey T, Stout J, *et al.* Correction: international society of sports nutrition position stand: nutrient timing [J]. *J Int Soc Sport Nutr*, 2008, (5): 18.
- [29] Middleton JLKK. Maximizing nutrition and supplements for masters athletes [M]. *Pittsburgh: Springer International Publishing AG*.
- [30] 秦文信, 宾力. 蔗糖的功能与人体健康[J]. *中国食物与营养*, 2005, (12): 48–50. Qin WX, Bin L. Function and human health of sucrose [J]. *Chin Food Nutr*, 2005, (12): 48–50.
- [31] Sato NSAS. Long term effects of high fat and sucrose diets on obesity and lymphocyte proliferation in mice [J]. *J Nutr Health Ag*, 2009, (8): 25–29.
- [32] Tapiainen T, Renko M, Kontiokari T, *et al.* Xylitol concentrations in the saliva of children after chewing xylitol gum or consuming a xylitol mixture [J]. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*, 2002, 21(1): 53–55.
- [33] 孙昆山, 吴绵斌, 夏黎明. 利用可再生纤维素资源生物转化生成木糖醇的研究进展[J]. *食品与发酵工业*, 2001, (9): 74–78. Sun KS, Wu MB, Xia LM. Research progress in biosynthesis of xylitol by renewable cellulose resources [J]. *Food Ferment Ind*, 2001, (9): 74–78.
- [34] 任鸿均. 新兴的木糖醇工业及展望[J]. *化工科技市场*, 2001, 24(7): 7–9. Ren HJ. Emerging xylitol industry and prospects [J]. *Chem Technol Market*, 2001, 24(7): 7–9.
- [35] 吴春霞. 柑橘皮渣发酵生产木糖醇的研究[D]. 重庆: 西南大学, 2008. Wu CX. Study on the production of xylitol by citrus peel residue fermentation [D]. *Chongqing: Southwest University*, 2008.
- [36] Ko BS, Rhee CH, Kim JH. Enhancement of xylitol productivity and yield using a xylitol dehydrogenase gene-disrupted mutant of *Candida tropicalis* under fully aerobic conditions [J]. *Biotechnol Lett*, 2006, 28(15): 1159–1162.
- [37] 王洛祺, 李鹏超, 黄明丽, 等. 糖醇在食品医药及农业领域的应用研究进展[J]. *食品工业科技*, 2019, 40(7): 337–340. Wang LQ, Li PC, Huang ML, *et al.* Progress in the application of sugar alcohol in food, medicine and agriculture [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2019, 40(7): 337–340.
- [38] 张凤清, 张丽君, 周长民. 木糖醇的特性及应用[J]. *当代化工*, 2008, 37(1): 92–95. Zhang FQ, Zhang LJ, Zhou CM. Characteristics and application of xylitol [J]. *J Contemp Chem Ind*, 2008, 37(1): 92–95.
- [39] 李新辰, 赵志刚. 含木糖醇药物安全性评价及药监监护[J]. *药品评价*, 2018, 15(6): 3–6. Li XC, Zhao ZG. Safety evaluation and pharmaceutical monitoring of xylitol-containing drugs [J]. *Med Eval*, 2018, 15(6): 3–6.
- [40] 申玉民. 木糖醇的功能和应用[J]. *江苏调味副食品*, 2014, (3): 40–43. Shen YM. Function and application of xylitol [J]. *Jiangsu Flav Food*, 2014, (3): 40–43.
- [41] 刘志丽. 人工甜味剂在减肥节食食品中的应用及致癌风险的研究综述[J]. *食品研究与开发*, 2008, 29(6): 177–180. Liu ZL. Review on the application of artificial sweeteners in dieting foods and risk of carcinogenicity [J]. *Food Res Dev*, 2008, 29(6): 177–180.
- [42] Higgins KA, Considine RV, Mattes RD. Aspartame consumption for 12 weeks does not affect glycemia, appetite, or body weight of healthy, lean adults in a randomized controlled trial [J]. *J Nutr*, 2018, 148(4): 650.
- [43] Chen KX, Shen QQ, Shen SY. In-silico prediction of the sweetness of aspartame analogues from QSPR analysis [J]. *Struc Chem (Eng)*, 2018, (11): 1689–1702.
- [44] Magalhães PG, Abadie-Guedes R, Mendonça MABDC, *et al.* Behavioral and electrophysiological brain effects of aspartame on well-nourished and malnourished rats [J]. *Metabol Brain Dis*, 2018, (1): 1–8.
- [45] Kumari A, Arora S, Choudhary S, *et al.* Comparative stability of aspartame and neotame in yoghurt [J]. *Int J Dair Technol*, 2018, 71(1): 21–25.
- [46] Bader M, Dunkel A, Wenning M, *et al.* Dynamic proteome alteration and functional modulation of human saliva induced by dietary chemosensory stimuli [J]. *J Agric Food Chem*, 2018, 66(22): 5621–5634.

- [47] Hess EL, Myers EA, Swithers SE, *et al.* Associations between nonnutritive sweetener intake and metabolic syndrome in adults [J]. *J Am Coll Nutr*, 2018, (24): 1–7.
- [48] Bajaj K, Agarwal DS, Sakhuja R, *et al.* Aziridine based electrophilic handle for aspartic acid ligation [J]. *Organ Biomolec Chem*, 2018, 16(23): 10.1039.
- [49] Fujii Y, Ding Y, Umezawa T, *et al.* Detection and quantification of 4-methylimidazole in cola by matrix-assisted laser desorption ionization mass spectrometry with Fe₂O₃ nanoparticles on *Zeolite* [J]. *Anal Sci*, 2018, 34(2): 221–225.
- [50] Raithore S, Peterson DG. Effects of polyol type and particle size on flavor release in chewing gum [J]. *Food Chem*, 2018, (253): 293–299.

(责任编辑: 陈雨薇)

作者简介

杨丰旭, 硕士, 讲师, 主要研究方向为体育教育训练学, 运动生理学。
E-mail: Z55105@163.com

孟佳珩, 硕士, 副教授, 主要研究方向为运动生理学, 运动养生。
E-mail: z18906@163.com