

运动饮料及其功能性成分的研究进展

王 思*

(西安医学院, 西安 710021)

摘 要: 运动饮料是根据人体运动时的生理消耗特点进行配制的, 可针对性地补充运动消耗的营养, 保持并提高运动能力, 缓解运动产生的疲劳。随着国际竞技体育的多元化发展及全面健身运动潮流的兴起, 运动营养食品得到了长足的发展, 运动饮料作为一种新型运动营养补充剂, 成为新宠, 拥有广阔的市场前景。因而科学研制运动饮料已成为研究热点。本文根据运动饮料的发展及其功能性成分的作用进行综述, 对其未来发展方向进行展望, 并提出一定的建议。

关键词: 运动饮料; 应用原料; 功能性成分

Research progress of sports drinks and their functional components

WANG Si*

(Xi'an Medical College, Xi'an 710021, China)

ABSTRACT: Sports drink is formulated according to the physiological consumption characteristics of human body during exercise. It can replenish the nutrition consumed by sports, maintain and improve the sports ability, and relieve the fatigue caused by sports. With the diversified development of international competitive sports and the rise of comprehensive fitness movement trend, sports nutrition food has been greatly developed. As a new sports nutrition supplement, sports drink has become a new favorite and has a broad market prospect. Therefore, the scientific development of sports drinks has become a research hotspots. In this paper, the development of sports drinks and the role of functional components were reviewed. The future development direction of sports drinks was prospected and some suggestions were put forward.

KEY WORDS: sports drink; applied raw materials; functional components

1 引 言

GB 15266-2009《运动饮料》^[1]中关于运动饮料的定义如下: 营养素及其含量适应运动或体力劳动人群, 能为机体补充水分、电解质和糖类, 可被迅速吸收的饮料。人体运动时, 对于能量的需求量会显著增加, 增加程度会受到运动强度、运动持续时间和机体自身状况等因素的影响。例如, 短跑运动机体耗能超过机体静态耗能的 120 倍; 马拉松运动中机体耗能是静态耗能的 20~30 倍。而能源供给系统主要有 3 类^[2]: 磷酸原系统、糖酵解系统和有氧代谢

系统。糖酵解系统是机体缺氧时进行肌糖原或葡萄糖的降解代谢的一种途径, 可以为速度耐力项目提供较长时间的功能。而有氧代谢系统则是机体在有氧条件下获取能量的一种方式, 主要为耐力运动项目提供能量。剧烈运动时, 首先是磷酸系统供能, 消耗机体内储存的三磷酸腺苷(ATP)和磷酸肌酸(CP), 肌肉收缩若以最大功率输出时, ATP 和 CP 仅能维持 7~10 s 供能, 可以成为短时间高强度的运动项目主要供能系统, 如短跑、投掷、举重等项目。当运动时间持续在 10 s 以上且强度很大时, 磷酸原系统已经不能满足运动的能量需求, 机体就会启动糖酵解系统来供能,

*通讯作者: 王思, 硕士, 主要研究方向为体育教学与运动康复。E-mail: z83553@163.com

*Corresponding author: WANG Si, Master, Xi'an Medical College, Xi'an 710021, China. E-mail: z83553@163.com

该过程不需要氧气, 代谢产物乳酸的堆积会抑制糖酵解代谢的进行, 因而糖酵解系统的供能时间是 2~3 min, 可以主要为 100 m 游泳、400 m 跑等速度耐力项目供能。而在长时间的耐力运动中, 由于对能量输出速率需求较小, 有氧供能系统占主导地位, 有氧功能系统是在氧气的参与下, 糖、脂肪和蛋白质代谢产生热量的过程, 能供进行长时间的供能; 磷酸原含量下降、血糖含量下降、糖原含量下降均会引发运动性疲劳, 其中血糖糖原含量的降低分别对速度耐力运动和长时间耐力运动的表现有重要的影响, 糖原或者葡萄糖机体耗能过多时, 会造成机体血糖水平的降低和糖原物质的减少, 由此会引发头晕目眩、中枢神经系统紊乱、各器官功能下降的不良现象, 因此糖类物质的补充对运动成绩的提高有重要的作用。同时运动过程中由于耗能增加, 供能系统产生的热量有很大一部分需要排汗来释放, 而排汗的过程不仅意味着机体内水分的流失, 同时还伴随着体内矿物质的丢失, 而水分和矿物质对于机体功能的正常运行有着重要的作用, 因此补充水分和电解质对于运动水平的发挥有着积极的影响。本文将对运动饮料的发展及其功能性成分的作用进行综述。为今后运动饮料的开发和应用提供一定的理论依据。

2 运动饮料的发展

早在上世纪 20 年代运动饮料就有了雏形, 直至 1965 年, 美国的 Robert Cade 博士研制了 Gatorade 饮料, 该饮料包含了糖类和电解质, 应用后发现可以让人从疲惫中快速恢复, 自此运动饮料才真正意义上进入了大众的视线, 世界各国相继开始进行研发和应用^[3]。但该饮料被正式命名为运动饮料是在 20 世纪 80 年代。从 20 世纪 70 年代开始, 运动科学的发展带来了运动饮料的成分上根本上的改变, 除了糖类物质选取及比例方面的优化, 还丰富了矿物质的种类, 越来越多的功能性成分被添加到运动饮料中, 其中生物活性成分在运动饮料中的应用已成为主流。

就全球运动饮料市场而言, 美国和日本发展最好, 美国的运动饮料占比将近一半, 虽然增速渐缓, 但在一定程度上仍能带动全球运动饮料的发展趋势, 强调口味与功能性要素的结合。日本运动饮料的人均饮用量最高, 它并不强调运动饮料的专属性, 面向所有消费者。重视口味的多样性, 根据消费需求来进行添加营养成分和口味的调整^[4]。

我国运动饮料起步较晚, 市场份额占较低, 但发展速度较快, 从 20 世纪 80 年代也开始建立起以健力宝、红牛为代表的一批运动饮料品牌, 进入 21 世纪后, 我国陆续出现了以劲跑、维体、脉动速燃为代表的一系列功能维生素饮料, 运动饮料市场迎来了前所未有的繁荣时期。一些入驻中国市场的外国品牌运动饮料对我国国产饮料带来了巨大的冲击力的同时, 也给国内运动饮料市场带来了一定的激励和启示, 例如可口可乐公司旗下的运动饮料在我国运

动饮料市场上占有极大的份额。而我国科研技术的不断突破也带来了经济上的蓬勃发展, 为我国运动饮料的开发提供了经济和技术两方面的支持。同时国民经济的发展, 也带来运动饮料消费群体的多样性, 因而根据群体的不同进行有针对性的饮料开发势在必行, 而功能性因子的添加将更符合当下的养生热潮, 口味的多样化也将使得运动饮料有更大的市场需求。

3 运动饮料应用原料的作用

3.1 水

水是人体不可或缺的物质, 参与众多人体生命活动, 能够给人体运输氧气和营养物质并排出代谢废物, 维持各脏器的形状和功能的正常运行, 参与人体生物化学反应并起到体温调节作用。因此人体的水分含量应维持在适当的范围内^[5]。Maughan 等^[6]经研究证实水平衡对于运动耐力、运动做功量起到重要作用。良好的水合状态能维持机体正常的渗透压水平, 最大程度上保持运动中水分的流失, 因而运动前补水, 对运动能力的提高可起到一定的作用。Remedios 等^[7]经研究得出: 水分消耗与自行车运动表现下降密切相关, 及时补水能够提高运动表现。及时补充水分对于运动员运动能力的提高起到及其重要的作用, 因而运动饮料较其他运动食品有着天然的优势。

3.2 电解质

人体在运动中会通过排汗来调节体温平衡, 排出的汗液主要包括水和电解质, 如 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 等。钾和钠分别于细胞内外协同工作。钾对于细胞内酶的活性至关重要, 能够维持神经肌肉的正常功能, 钠能够维持机体内环境酸碱平衡, 在神经调节和细胞信号传导方面发挥重要作用。大量出汗会导致血液浓度升高, 破坏机体电解质平衡^[8,9]。锌和镁对于改善肌肉力量有着重要作用。硒可以消除自由基, 可增强维生素 E 的抗氧化功能; 锌和铜能够减少自由基的生成并加速自由基的清除^[10]。因此运动大量出汗后, 如果只补充水分而不补充电解质, 会导致人体渗透压下降, 严重时还会出现休克, 因而电解质的补充对运动中运动员能力的提高和运动后机体的恢复都有重要的作用, 等渗饮料所含的盐、糖、水比例与人体体液相似, 易被人体快速吸收, 是当前运动饮料发展需着重考虑的一点。

3.3 糖 类

糖类是机体运动时的重要能量来源。除了补充肌肉运动的耗能, 同时也是为大脑、神经系统、心脏供能的血糖的底物, 因而它能否被有效利用直接关系到机体最终的运动表现。人体运动产生疲劳的原因有 2 方面^[11], 一是由过度耗能所引起, 机体糖原、血糖的下降造成各器官功能的下降, 产生疲劳; 二是由代谢产物过度堆积所引起, 运动

时有氧代谢和无氧代谢会产生大量的乳酸、自由基等代谢产物,若不能及时清除,便会出现运动疲劳现象。而糖可以维持血糖正常水平,促进糖原的合成,可以及时补充机体运动所消耗的能量,提高耐力,延缓疲劳并促进恢复。

糖类在人体内通常会先被消化吸收为葡萄糖,而葡萄糖有 3 种去向,一种留在血液中,维持机体正常供能,另外 2 种分别进入肌细胞和肝细胞,分别合成肌糖原和肝糖原,为人体储备能量。运动饮料中添加的糖类主要有葡萄糖、蔗糖、果糖、低聚糖等,葡萄糖易被机体吸收,供能快但不具有持久性,同时单纯摄入葡萄糖会促进胰岛素过度分泌,造成肌无力^[12]。果糖进入体会先生成中间产物 1,6-二磷酸果糖,进入糖酵解过程,由于可以绕过糖酵解的限速酶,因而比葡萄糖更容易被代谢,但有研究表明,过多摄入果糖会引起肠胃不适,其摄入量不宜超过 35 g/L^[13]。蔗糖属于二糖,它是标准的饮料甜味剂,对于饮料风味的形成起到不可忽视的作用。低聚糖一般由 3~8 个单糖组成,相较于单糖和二糖,可以在较低渗透压下提供更多的含糖量,其被分解速度较单糖和双糖慢,有利于长时间供能^[14]。Yin 等^[15]研究表明,在耐力运动中补充低聚糖饮料可以维持血糖水平、胰岛素水平及血乳酸水平的稳定,增加运动时间和做功。同时渗透压越低,越有利于胃排空速率,添加低聚糖的运动饮料可以维持较低的渗透压,因而其消化吸收速率不受肠胃的影响。运动饮料的最佳补糖方式是混合补糖,大量研究表明葡萄糖、蔗糖、果糖、低聚糖按科学的比例进行复合,不但可以维持机体血糖水平并进行较长时间的供能,同时饮料良好风味的形成起到一定的积极作用^[16]。因运动饮料的渗透压主要由糖浓度决定,而渗透压会影响胃排空力和小肠吸收能力,因而浓度最宜在 4%~8%。Leng^[17]研究表明,运动前饮用由 30%的葡萄糖、20%的果糖和 50%的低聚糖复配的溶液可以使血糖浓度升高,改善耐力运动中的运动表现。

核糖是一种单糖,由赤藓糖聚合形成,是形成 ATP 和核糖核酸的主要原料,在生物代谢中起到非常重要的作用。除了提供能量之外,还能够消除磷酸戊糖途径中的限速酶,可促进骨骼肌和心机的磷酸戊糖途径代谢能力,促进 ATP 的生成,增加心肌与骨骼肌的供能^[18]。刘丹^[19]研究表明补充 D-核糖可提高无氧运动中磷酸途径供能的占比,降低糖酵解供能占比,减少乳酸产生,可以促进运动后乳酸的清除和心率的恢复。并能延长运动员的最大摄氧量和运动时间,延长有氧代谢的时间,因而可以有针对性地将核糖添加到有无氧消耗占比较大的运动员的膳食中,以运动饮料的形式摄入尤为方便。

乳糖属于双糖,乳糖代谢可以促进蛋白质代谢,产生支链氨基酸,加速氧化产生三磷酸腺苷,同时乳糖通常会在肝细胞中转化为葡萄糖,供肝糖原的合成。另外,乳糖还可以调节肠道菌群,增加有益菌的生成,抑制腐败菌的

生成^[20,21]。李丕彦等^[22]研究表明,运动前补充乳糖能够减缓血糖水平的降低,减少运动中乳酸、自由基等代谢产物的积累。因而运动饮料中添加适量的乳糖不但可以延长供能时间,还可以减少运动导致的肌肉酸痛,具有较好的抗疲劳功效。

天然多糖由生物体合成,是一种生物大分子,为生命活动所必需。是生物体结构的组成部分,对于能量储存、蛋白质结构和功能的修饰、细胞间的作用和信息传递具有重要作用,具有免疫调节、抗心血管疾病、抗氧化的生物作用^[23]。李雅双等^[24]通过小鼠负重游泳实验,发现摄入芜菁多糖,小鼠的游泳时间会延长,可提高体内过氧化物酶活力并降低乳酸脱氢酶活性,减少代谢产物的积累,具有运动抗疲劳作用。因而运动饮料中适当的添加天然多糖会为机体运动能力的提高和运动后疲劳的恢复起到一定的作用,可以适当替代运动饮料中低聚糖的作用,并给机体带来更全面的保健作用。

3.4 维生素

维生素是维持人体健康和调节生理生化过程的有机化合物。很多维生素是辅酶的组成成分,而辅酶与酶的活性密切相关,因而会影响到人体一系列的生化反应。运动员因运动量大,身体内的代谢强度也会相应增加。同时,有一部分维生素会随汗液排出,而机体自身不能合成维生素,只能从外界摄取,所以运动员对维生素的需求比较大。硫辛酸属于维生素 B 一族,存在于线粒体中,能够将促进肌酸进入肌肉细胞,促进肌肉蛋白的合成,提高肌肉耐力,同时具有抗氧化作用,能够清除机体内的自由基。泛醌能增强细胞代谢并具有抗氧化性,能增强心脏活力并增强免疫作用^[25]。VE、VC、 β -胡萝卜素具有很好的抗氧化功效,能够减少自由基对人体造成的损伤^[26]。韩宇等^[27]发现 VB 和 VC 复合使用能够显著提高肝糖原的含量,降低体内乳酸量,延缓疲劳,延长游泳时间。苏美华等^[28]证明补充一定量的 VE 可提高机体的抗氧化和自由基清除能力,减轻脂质过氧化损伤和 DNA 损伤。近年来越来越多的维生素运动饮料开始活跃在运动饮料市场上,除了考虑到人们对养生的狂热追求,也在一定程度上印证了运动饮料中维生素对于机体有着有效的调节。

3.5 蛋白质、肽和氨基酸

蛋白质、肽、氨基酸能促进肌肉恢复,为此过程中蛋白质的合成提供原料。运动人群需补充充足的蛋白质、肽、氨基酸,保证肌肉分解和合成的平衡,尤其是支链氨基酸,能有效地促进肌肉中蛋白质的合成代谢^[29]。运动后 30 min~2 h 补充蛋白质能加速肌肉蛋白的合成。摄入蛋白质、肽、氨基酸能引起胰岛素的分泌,促进糖原和蛋白质的合成,加速肌肉的生长,有利于运动疲劳恢复。大豆分离蛋白属于完全蛋白质,效价很高,与动物性的完全蛋白

质相比,大豆分离蛋白不含有胆固醇和饱和脂肪。酪蛋白是一种全价蛋白,虽然消化吸收速率较慢,但可以抑制肌肉蛋白的分解。与酪蛋白不同,乳清蛋白可以被快速消化吸收,含有近一半的必需氨基酸,其中包含大量的支链氨基酸,能促进肌肉中蛋白质的合成,具有极好的生物学价值^[30]。同时乳清蛋白还可以改善人体的免疫功能,具有抗癌、降血脂的作用。任秀红等^[31]研究表明,补充乳清蛋白可以提高人体的最大吸氧量,从而提高机体的有氧耐力。牛磺酸可以抑制蛋白质分解,提高氧气的摄入量,并具有一定的抗氧化功能。近年来的研究结果显示,运动时补充蛋白能促进抗运动中的蛋白水平,在长时间的耐力运动中补充糖蛋白可延缓疲劳的出现^[32]。因此将蛋白质、肽、氨基酸科学配合添加到运动饮料中可能会给耐力运动员的运动能力和疲劳恢复能力起到更大程度的提升。

3.6 功能性成分

(1)多酚类

植物多酚是天然的抗氧化剂,是具有多元酚结构的芳香族化合物。多酚的抗疲劳功效已被多次证明,主要原因是多酚可以减少自由基过度积累引起的氧化损伤。茶多酚、花青素、白藜芦醇、黄酮类化合物、异黄酮类化合物、槲皮素、姜黄素等天然多酚类化合物均具有明显的抗疲劳作用。陈玮等^[33]通过小鼠运动力竭实验,发现运动力竭时间和茶多酚浓度呈正比关系,茶多酚浓度与丙二醛、尿素、乳酸、酸脱氢酶含量呈反比,与超氧化物歧化酶和肌酸激酶呈正比,证明茶多酚具有一定的抗氧化作用,能够减少血液内乳酸、尿素等无氧代谢产物的积累,抗疲劳作用十分明显。张卓睿等^[34]通过小鼠负重游泳力竭实验证明小鼠运动耐力与灌喂蓝莓花青素的剂量呈正比,与血液内乳酸、血尿素氮等代谢产物的含量呈反比,与超氧化物歧化酶呈正比,具有清除机体自由基的能力,具有良好的抗疲劳效果。薛建安^[35]通过大鼠力竭跑步实验证实白藜芦醇能清除自由基,降低代谢产物的堆积或快速清除代谢产物,从而延缓疲劳的产生。葛根素属于异黄酮类化合物,程丽彩等^[36,37]研究通过小鼠负荷游泳实验和 Morris 水迷宫测试法发现葛根素可以显著提高大鼠认知能力,能够抑制大鼠海马组织中一氧化氮的产生,对于维持海马组织中换磷酸鸟苷的含量有重要作用,从而保护运动疲劳大鼠神经,有助于从疲劳中恢复。总之,多酚类化合物的多羟基结构特性赋予了它良好的自由基清除能力,在运动抗疲劳方面拥有广阔的应用前景。

(2)皂苷类

皂苷是苷元为三萜或螺旋甾烷类的一类糖苷,主要存在于陆地高等植物中,很多中草药的主要功效成分都包括皂苷,例如人参、桔梗、甘草、知母等。此外,在海星和海参等一些海洋生物体内也含有皂苷。常见的组成皂苷

的糖基有葡萄糖、半乳糖、鼠李糖、阿拉伯糖、木糖、葡萄糖醛酸和半乳糖醛酸等^[38]。红景天苷是红景天最重要的活性成分之一,对红景天抗氧化、耐缺氧的供能特性有着重要贡献。马莉^[39]通过小鼠游泳力竭实验证明红景天苷会增加血蛋白、肌糖原、肝糖原的含量,有利于机体进行有氧代谢,提高抗氧化物酶的活性,清除自由基,减缓耐力运动对骨骼肌和心肌的损伤,减少血尿素氮和血乳酸的堆积,减轻肌肉酸痛,从而达到抗疲劳的功效。人参皂苷是人参的主要活性成分,关于人参皂苷的抗疲劳研究还相对较少,但人参皂苷在抗疲劳方面具有一定的潜力。Ma 等^[40]通过小鼠力竭实验证明人参皂苷增加葡萄糖、蛋白质和肌糖原的水平,延长能量利用时间,延缓疲劳。罗汉果皂苷是罗汉果的主要活性成分,主要有抗氧化、降血糖、抗疲劳、护肝等功效。夏星等^[41]研究发现罗汉果皂苷能显著延长小鼠游泳力竭时间和缺氧存活时间,能够增加肝糖原和肌糖原的含量,减少血尿素氮和乳酸的产生,增加能量利用时间并减少肌肉酸痛,达到延缓疲劳产生的作用。皂苷类化合物对于中枢神经系统有重要的影响,因而应严格控制它在运动食品中的剂量,避免出现类似兴奋剂的不良作用。

(3)生物碱

生物碱是一种广泛存在于自然界中的碱性含氮化合物,常见的有咖啡碱、茶碱、槟榔碱等。咖啡碱是从茶叶、咖啡中提取出的一种生物碱,有抗疲劳、促进神经兴奋的作用,适量饮用有很好的提神抗疲劳作用。郑鸿雁等^[42]研究表明咖啡碱具有很强的抗氧化作用,咖啡碱的剂量与自由基清除能力呈正相关,有利于消除疲劳。胡椒碱是从黑胡椒中分离出来的生物碱类化合物,具有抗氧化、消炎、减脂等功效。穆丽华等^[43]通过小鼠游泳力竭实验证实黑胡椒碱降低尿素氮、乳酸的含量及肌酸激酶的活性,维持血糖水平,延缓疲劳。徐明^[44]通过从黄秋葵种子中提取生物碱和小鼠负重游泳实验证明黄秋葵种子生物碱可以降低血尿素氮和血乳酸的含量,可以提高血蛋白和肝糖原的水平,有利于延长能量利用时间,减轻肌肉酸痛,起到抗疲劳作用。由于各生物碱的抗疲劳机制具有多样性,因而在运动食品中有较广泛的应用,但需要注意的是像咖啡碱茶碱这类对中枢神经系统有很大影响的生物碱,应该严格控制添加剂量。

(4)类胡萝卜素类

类胡萝卜素是一类广泛存在于高等植物、动物和微生物中的脂溶性天然色素,主要有抗氧化、抗癌、抗衰老、提高机体免疫等作用。主要包含叶黄素、虾青素、番茄红素、玉米黄素、 β -胡萝卜素等。虾青素是一种酮类胡萝卜素,具有极强的抗氧化性。张丽婧等^[45]通过分别给实验组小鼠灌喂中高低剂量的水溶性雨生红球藻虾青素粉,给对

照组小鼠灌喂溶剂,经小鼠负重游泳实验得出水溶性雨生红球藻虾青素粉可以延长小鼠负重游泳的时间,可以显著降低血清尿素氮和血清乳酸的含量,显著增高肝糖原的含量,从而起到抗疲劳的作用。蕃茄红素具有很强的抗氧化功能,在番茄、胡萝卜、番石榴和木瓜中含量较高。蕃茄红素可以降低肌肉组织的嘌呤氧化酶、过氧化物酶、丙二醛的含量,减少自由基的生成,减轻氧化损伤,补充番茄素可以延长小鼠游泳力竭时间^[46,47]。类胡萝卜素类化合物具有极强的抗氧化性,可以清除自由基,减轻氧化损伤,因而在抗疲劳食品领域拥有广阔的前景。

(5)其他

二十八烷醇、萝卜硫素、牛蒡子苷元均已被证实有良好的抗疲劳功效。二十八烷醇是一种天然的一元高级脂肪醇,其生物活性显著,但在在自然界的食物中的含量较低,提取难度较高。董艳国等^[48]通过小鼠负重游泳实验证实二十八烷醇可以延长运动时间,增加肝糖原和肌糖原的储备量,增加血乳酸脱氢酶的活力,降低血乳酸和尿素氮的含量,起到抗疲劳的作用。Oh 等^[49]研究发现萝卜硫素能降低高强度运动引起的氧化应激水平,减轻氧化损伤。有研究表明牛蒡子苷元可以提高小鼠的游泳和跑台耐力,提高体内抗氧化酶的活性,降低乳酸和尿素氮的含量,延缓疲劳的产生^[50,51]。未来需要探索更多优良的抗疲劳活性成分,并不断地对现有的难提取、活性高成分的提取技术进行优化,为抗疲劳食品的持续优化进行助力。

4 运动饮料的展望

近年来,运动饮料被越来越多的人接受,但大家对于运动饮料的认知还十分浅显,认为仅具有补充能量和电解质的功效,因此应将运动饮料的定位细化,主要根据风味、功能和人群进行划分。

4.1 定位细化

运动饮料可以根据运动强度的分级进行分类,如针对爆发力运动、耐力运动、耐力与强度相结合的运动可设计不同配方的运动饮料。根据饮用时间可分为运动前、运动中和运动后。运动前主要是补充水分,可以设计为低渗饮料;运动中主要是补充能量,可添加易被吸收的糖类,一般可用低渗或等渗饮料;运动后主要是消除体内代谢产物,增加肌肉,可以添加蛋白质、氨基酸等功能性成分。

4.2 人 群

运动饮料可以针对普通大众、健身人群、专业运动员 3 种消费群体进行制定^[52]。大众运动饮料适用于追求时尚的人群,这些人不参加或只参加一般性的娱乐活动,因而消耗的能量、电解质、维生素等都很少,应适当减少糖的摄入,不加或少加电解质,同时考虑到口味的多样性,

尽可能满足风味上的需求。

健身运动饮料针对从事正规健身运动的人群,由于这类人群运动量较大,所以应注意加强营养物质或活性成分的补充。

专业运动饮料针对专业的运动人群,他们的运动强度和量很大,应该尤其注意加强他们对营养素的需求,在风味与营养补充发生冲突时,首先要保证运动员摄入的营养成分充足。

4.3 口味多样化

2016 年关于中国饮料消费趋势的一份报告显示,青少年倾向于奶味、奶香味、甜味的饮品,女性青少年对奶香味、果味和酸味更为偏爱,年长一点的消费者则更偏向于口味清淡的饮料。因此,研发人员可以根据消费人群的年龄、性别进行口味设计。另外,年轻的消费者愿意尝试新口味,因而针对他们还应注意口味的多元化和创新的元素。

4.4 天然物质

随着现在健康理念越来越深入人心,人们更加注重摄入食物的天然性和营养价值。配料表中天然成分的添加会增加消费者的购买欲望。百事公司为了迎合消费者的健康需求,减少了合成色素和香精的添加,推出有机版本的佳得乐饮料。有人发现牛奶^[53]、山药^[54]、木瓜^[55]、猪胎盘^[56]、红景天^[57]等提取物可以提高运动能力。海洋生物螺旋藻和雨生红球藻分别含有藻蓝蛋白和虾青素,对于肌肉镇痛有很好的作用和较强的抗氧化作用。

4.5 功能成分的组合使用

目前主要是根据已知营养因子的功效特点去设计运动饮料的组合配方。运动一般会影响到许多代谢反应的进行,与许多营养成分的消耗密切相关。因而运动饮料应考虑到功能因子与营养物质的配合使用,合适的运动饮料组合配方往往十分高效。在长期的训练中,科学补充抗氧化营养物质,可提高机体的抗氧化适应性。糖类、电解质、耐缺氧成分、促进肌肉蛋白合成的成分、减少代谢产物成分等的科学组合配制有利于延缓疲劳的产生和运动后的恢复。

参考文献

- [1] GB 15266-2009 运动饮料[S].
GB 15266-2009 Sports drinks [S].
- [2] 伯杰. 实用运动生理学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1985.
Berge RA. Practical exercise physiology [M]. Beijing: People's Health Press, 1985.
- [3] 徐玉娟, 张惠娜, 张友胜, 等. 运动饮料发展现状及趋势[J]. 饮料工业, 2006, 9(7): 3-6.
Xu YJ, Zhang HN, Zhang YS, et al. Development status and trend of sports drinks [J]. Bever Ind, 2006, 9(7): 3-6.

- [4] 尚承林. 运动饮料的市场发展分析[J]. 现代食品, 2016, (22): 36–37.
Shang CL. Analysis of sports drinks market development [J]. Mod Food, 2016, (22): 36–37.
- [5] 付蕾. 补充不同组成成分运动饮料对耐力运动体液平衡指标的影响[D]. 上海: 上海体育学院, 2015.
Fu L. Effects of different components of sports drinks on body fluid balance during endurance exercise [D]. Shanghai: Shanghai Institute of Physical Education, 2015.
- [6] Maughan RJ, Watson P, Evans GH, *et al.* Water balance and salt losses in competitive football [J]. Int J Sport Nutr Exer Metabol, 2007, 17(6): 583.
- [7] Remedios RD, Holland G. Survey: Physical and performance characteristics of community college football players [J]. Nat Stren Cond Assoc J, 1992, 14(5): 9.
- [8] 刘璐瑶, 彭貽海. 有氧运动中保持体液和电解质平衡的策略[J]. 山东体育学院学报, 2016, (1): 73–75.
Liu LY, Peng YH. Strategies of keeping body fluid and electrolyte balance in aerobic exercise [J]. J Shandong Inst Phy Edu, 2016, (1): 73–75.
- [9] 郭浙斌, 苗苗, 黄玉山, 等. 低氧训练中糖-电解质饮料补充对机体水平衡及运动能力的影响[J]. 体育学刊, 2008, 15(3): 108–112.
Guo ZB, Miao M, Huang YS, *et al.* Effects of carbohydrate electrolyte drink supplement on water balance and exercise ability in hypoxic training [J]. J Phy Edu, 2008, 15(3): 108–112.
- [10] 敬璞, 苏晔. 运动饮料的开发[J]. 饮料工业, 2000, (5): 7–9.
Jing P, Su Y. Development of sports drinks [J]. Bever Ind, 2000, (5): 7–9.
- [11] 覃璐. 摄入不同组成成分运动饮料对耐力运动某些糖、脂代谢指标的影响[D]. 北京: 北京体育大学, 2014.
Tan L. Effects of different components of sports drinks on some indexes of glucose and lipid metabolism in endurance exercise [D]. Beijing: Beijing Sport University, 2014.
- [12] Li J, Li XX. Sugar in human body and sport ability [J]. J Northwest Norm Univ, 2004, 40.
- [13] 王竹影. 1,6-二磷酸果糖对运动能力及抗疲劳能力的影响[J]. 成都体育学院学报, 2002, 28(3): 94–96.
Wang ZY. The effect of fructose-1,6-diphosphate on exercise ability and anti-fatigue ability [J]. J Chengdu Inst Phy Edu, 2002, 28(3): 94–96.
- [14] Lin JQ. Research progress in oligosaccharide sports drinks to promote physical fitness of endurance event group of fatigue and recovery [J]. Sci Technol Food Ind, 2013, 34(18): 399–400.
- [15] Yin YF, Lin Q, Cao JM, *et al.* Effect of chitosan oligosaccharide on exercise anti-fatigue and exercise-induced immunosuppression [J]. Chin J Exper Tradit Med Formul, 2016, 4: 1–5.
- [16] Guo CL, Amp HS. Analysis sugar in sports drink [J]. Food Res Dev, 2017, 11: 2–8.
- [17] Leng L. Study on the effect of supplementing milk peptide and sugar in endurance sports on endocrine responses and immunoreaction [J]. Basic Clin Pharmacol Toxicol, 2016, 1: 2–5.
- [18] 程靛莹. 羽毛球运动员运动性疲劳的恢复与营养补充综述[J]. 运动, 2016, (17): 153–154.
Cheng LY. Review on the recovery and nutrition supplement of badminton athletes from sports fatigue [J]. Sports, 2016, (17): 153–154.
- [19] 刘丹. 4 周 D-核糖补充对田径运动员无氧和有氧运动能力的影响[D]. 北京: 北京体育大学, 2016.
Liu D. Effect of 4-week D-ribose supplementation on anaerobic and aerobic exercise ability of track and field athletes [D]. Beijing: Beijing Sport University, 2016.
- [20] Lee YH, Shin KO, Kim KS, *et al.* The effects of D-ribose supplementation on the production of blood fatigue factors after maximal intensity exercise [J]. J Life Sci, 2011, 21.
- [21] Mikael N, Marianne S, Frid AH, *et al.* Glycemia and insulinemia in healthy subjects after lactose-equivalent meals of milk and other food proteins: the role of plasma amino acids and incretins [J]. Am J Clin Nutr, 2004, (5): 1246.
- [22] 李丕彦, 卢文彪. 乳糖对小鼠运动能力的影响研究[J]. 韶关学院学报, 2011, 32(12): 60–62.
Li PY, Lu WB. Effect of lactose on exercise ability of mice [J]. J Shaoguan Univ, 2011, 32(12): 60–62.
- [23] 李尔春, 丁红军, 金晓辉. 天然植物多糖的结构及活性研究进展[J]. 食品工程, 2007, 9(1): 51–54.
Li EC, Ding HJ, Jin XH. Research Progress on structure and activity of natural plant polysaccharides [J]. Food Eng, 2007, 9(1): 51–54.
- [24] 李雅双, 连路宁, 刘杰, 等. 芫菁多糖提取工艺及清除自由基活性的研究[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(5): 235–240.
Li YS, Lian LN, Liu J, *et al.* Study on extraction technology and free radical scavenging activity of polysaccharides from turnip [J]. Food Ferment Ind 2014, 40(5): 235–240.
- [25] Lippman SM, Klein EA, Goodman PJ, *et al.* Effect of selenium and vitamin E on risk of prostate cancer and other cancers: The selenium and vitamin E cancer prevention trial [J]. JAMA, 2009, 301(1): 39–51.
- [26] Zhou WJ, Sui Y, Sun ZD, *et al.* Synergistic antioxidant effects of procyanidins from *Litchi chinensis* Pericarp and VC or VE [J]. Food Sci, 2012, 33(3): 5–8.
- [27] 韩宇, 刘思琪, 郑璇, 等. 维生素 C 和 B 族维生素复合体对小鼠运动性疲劳的影响[J]. 中国西部科技, 2015, 14(12): 92–95.
Han Y, Liu SQ, Zheng X, *et al.* Effect of vitamin C and vitamin B complex on exercise-induced fatigue in mice [J]. West Chin Sci Technol, 2015, 14(12): 92–95.
- [28] 苏美华, 许庆忠, 张水莲. 维 C 不同补充时间对运动小鼠血细胞 DNA 氧化损伤的影响[J]. 长春师范大学学报, 2018, 37(8): 88–91.
Su MH, Xu QZ, Zhang SL. Effects of vitamin C supplementation time on DNA oxidative damage in blood cells of exercise mice [J]. J Changchun Norm Univ, 2018, 37(8): 88–91.
- [29] 谢卫平. 体育运动中的水营养探析[J]. 青海大学学报, 2004, 22(4): 89–92.
Xie WP. Water nutrition in sports [J]. J Qinghai Univ, 2004, 22(4): 89–92.
- [30] 肖军秀, 王娟. 运动饮料的研究进展[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(4): 228–232.
Xiao JX, Wang J. Research progress of sports drinks [J]. Food Res Dev, 2019, 40(4): 228–232.
- [31] 任秀红, 杨多多, 李海英. 补服乳清蛋白对人体有氧运动能力的影响[J]. 吉林体育学院学报, 2012, (5): 70–73.
Ren XH, Yang DD, Li HY. Effect of whey protein supplementation on aerobic exercise ability [J]. J Jilin Inst Phy Edu, 2012, (5): 70–73.
- [32] Sherwood S, Jenkins D. High protein, fatigue reducing powder [J]. 2007, 10: 1–3.
- [33] 陈玮, 潘卫仓. 茶多酚对健美操运动员抗疲劳作用研究[J]. 福建茶叶, 2018, 40(11): 30.

- Chen W, Pan WC. Study on anti-fatigue effect of tea polyphenols on aerobics athletes [J]. *Fujian Tea*, 2018, 40(11): 30.
- [34] 张卓睿, 毛迪锐, 高晗, 等. 蓝莓花青素对小鼠抗疲劳及体内抗氧化作用[J]. *食品科学*, 2017, (21): 207–211.
- Zhang ZR, Mao DR, Gao H, *et al.* Anti fatigue and antioxidant effects of blueberry anthocyanins in mice [J]. *Food Sci*, 2017, (21): 207–211.
- [35] 薛建安. 白藜芦醇的抗氧化抗疲劳作用研究[J]. *中国新技术新产品*, 2013, (23): 8.
- Xue JA. Study on antioxidant and anti-fatigue effects of resveratrol [J]. *New Technol New Prod Chin*, 2013, (23): 8.
- [36] 程丽彩, 何玉秀. 补充葛根素对力竭游泳训练大鼠海马细胞凋亡及 Bcl-2、P53 蛋白表达的影响[J]. *中国运动医学杂志*, 2010, 29(3): 332–334.
- Cheng LC, He YX. Effects of Puerarin supplementation on apoptosis and Bcl-2, P53 protein expression in hippocampus of rats after exhaustive swimming training [J]. *Chin J Sport Med*, 2010, 29(3): 332–334.
- [37] 郭雅, 习雪峰. 葛根素对运动疲劳大鼠海马 NO-cGMP 信号系统的影响[J]. *食品科学*, 2012, 33(13): 276–279.
- Guo Y, Xi XF. Effect of puerarin on NO cGMP signal system in hippocampus of exercise-induced fatigue rats [J]. *Food Sci*, 2012, 33(13): 276–279.
- [38] 戴小华, 韩俊成, 吾买尔江·牙合甫, 等. 抗疲劳成分及机制研究进展 [C]// 中国畜牧兽医学会兽医药理毒理学分会第十五次学术讨论会论文集, 2019.
- Dai XH, Han JC, Wumeierjiang YHF, *et al.* Research Progress on anti fatigue components and mechanism [C]// *Proceedings of the 15th Symposium of Veterinary Pharmacology and Toxicology Branch of Chinese animal husbandry and Veterinary Association*, 2019.
- [39] 马莉. 红景天苷抗疲劳作用及其机制的实验研究[D]. 上海: 第二军医大学, 2006.
- Ma L. Experimental study on anti fatigue effect and mechanism of salidroside [D]. Shanghai: Second Military Medical University, 2006.
- [40] Ma GD, Chiu CH, Hsu YJ, *et al.* Changbai mountain ginseng (anax ginseng C.A. Mey) extract supplementation improves exercise performance and energy utilization and decreases fatigue-associated parameters in mice [J]. *Molecules*, 2017, 22(2): 237.
- [41] 夏星, 钟振国, 林彩云, 等. 罗汉果皂苷抗疲劳及耐缺氧作用[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2012, (17): 208–211.
- Xia X, Zhong ZG, Lin CY, *et al.* Effects of *Siraitia grosvenorii* saponins on anti-fatigue and hypoxia [J]. *Chin J Exp Pres*, 2012, (17): 208–211.
- [42] 郑鸿雁, 高阳, 王慧彬. 黄秋葵种子咖啡碱提取工艺优化及抗氧化活性研究[J]. *食品科技*, 2016, 41(6): 230–236.
- Zheng HY, Gao Y, Wang HB. Optimization of extraction process and antioxidant activity of caffeine from okra seeds [J]. *Food Sci Technol*, 2016, 41(6): 230–236.
- [43] 穆丽华, 刘屏, 胡园, 等. 胡椒碱及其衍生物抗疲劳和心肌细胞保护作用研究[J]. *解放军药学报*, 2009, 25(2): 113–117.
- Mu LH, Liu P, Hu Y, *et al.* Studies on anti-fatigue and myocardial protection of piperine and its derivatives [J]. *Chin PLA Pharm J*, 2009, 25(2): 113–117.
- [44] 徐明. 黄秋葵种子中生物碱提取及抗疲劳活性的研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2014.
- Xu M. Study on Extraction and antifatigue activity of alkaloids from okra seeds [D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2014.
- [45] 张丽婧, 胡文力, 周敏, 等. 水溶性雨生红球藻虾青素粉对小鼠抗疲劳功能研究[J]. *食品安全质量检测学报*, 2020, 11(10): 3100–3104.
- Zhang LJ, Hu WL, Zhou M, *et al.* Study on anti-fatigue function of water soluble *Haematococcus pluvialis* astaxanthin powder in mice [J]. *J Food Saf Qual*, 2020, 11(10): 3100–3104.
- [46] Liu CC, Huang CC, Lin WT, *et al.* Lycopene supplementation attenuated xanthine oxidase and myeloperoxidase activities in skeletal muscle tissues of rats after exhaustive exercise [J]. *Brit J Nutr*, 2005, 94(4): 595–601.
- [47] 毕立茹, 周冬, 王凤阳, 等. 番茄红素对训练小鼠力竭运动能力的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2008, 23(6): 537–539.
- Bi LR, Zhou D, Wang FY, *et al.* Effect of lycopene on exhausted exercise ability of trained mice [J]. *Chin J Rehabil Med*, 2008, 23(6): 537–539.
- [48] 董艳国, 仇梓冰. 二十八烷醇缓解小鼠体力疲劳的作用[J]. *中国生物制品学杂志*, 2017, (4): 1–2.
- Dong YG, Qiu ZB. Effect of octacosanol on alleviating physical fatigue in mice [J]. *Chin J Boil Prod*, 2017, (4): 1–2.
- [49] Oh S, Komine S, Warabi E, *et al.* Nuclear factor (erythroid derived 2)-like 2 activation increases exercise endurance capacity via redox modulation in skeletal muscles [J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1): 12902–12912.
- [50] Ang X, Zhuang J, Chen J, *et al.* Arctigenin efficiently enhanced sedentary mice treadmill endurance [J]. *PLoS One*, 2011, 6(8): 1–13.
- [51] Wu RM, Sun YY, Zhou TT, *et al.* Arctigenin enhances swimming endurance of sedentary rats partially by regulation of antioxidant pathways [J]. *Acta Pharm Sin*, 2014, 35(10): 1274–1284.
- [52] 刘德军, 路涛. 山茱萸[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2001.
- Liu DJ, Lu T. *Cornus officinalis* [M]. Beijing: China Traditional Chinese Medicine Press, 2001.
- [53] 姚玉才. 运动型牛奶产品应用前景研究[J]. *安徽农业科学*, 2018, 46(7): 144–146.
- Yu YC. Research on the application prospect of sports milk products [J]. *Anhui Agric Sci*, 2018, 46(7): 144–146.
- [54] 何海玲, 单承莺, 张卫明, 等. 山药研究进展[C]// 中医药现代化与科技创新高层论坛暨第二届金陵名医论坛论文集, 2007.
- He HL, Shan CY, Zhang WM, *et al.* Research Progress of yam [C]// *Proceedings of the high level forum on modernization and technological innovation of traditional Chinese medicine and the 2nd Jinling famous doctors forum*, 2007.
- [55] 吴虹, 魏伟, 吴成义. 木瓜化学成分及药理活性的研究[J]. *安徽中医药大学学报*, 2004, 23(2): 62–64.
- Wu H, Wei W, Wu CY. Studies on chemical constituents and pharmacological activities of papaya [J]. *J Anhui Univ Tradit Chin Med*, 2004, 23(2): 62–64.
- [56] 师玉森. 猪胎盘功能性肽的分离纯化及其活性的初步研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2013.

Shi YM. Isolation and purification of functional peptide from porcine placenta and preliminary study on its activity [D]. Hangzhou: Zhejiang Agriculture and Forestry University, 2013.

[57] 黎明华, 汤长发, 欧阳江琼. 红景天苷对运动后自由基和能量代谢改变的影响[J]. 中国应用生理学杂志, 2012, 28(1): 53-56.

Li MH, Tang CF, Ouyang JQ. Effects of salidroside on free radical and energy metabolism after exercise [J]. Chin J Appl Phy, 2012, 28(1): 53-56.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介

王 思, 硕士, 主要研究方向为体育教学与运动康复。
E-mail: z83553@163.com

“果蔬加工和质量安全控制”专题征稿函

我国是果蔬生产大国,水果蔬菜的总产量在世界名列前茅,果蔬产品也成为我国较好的经济来源之一。蔬菜、水果等农产品的质量越来越受到全社会关注,在生产阶段和加工、包装、储运等采后阶段进行质量安全风险控制显得越来越必要和紧迫。

鉴于此,本刊特别策划了“果蔬加工和质量安全控制”专题,由**郑州轻工业学院纵伟教授**担任专题主编。专题将围绕**(1)果蔬加工过程质量安全识别控制; (2)果蔬生产过程质量安全溯源控制; (3)果蔬产后处理与贮运过程质量安全控制**。或您认为本领域有意义的问题综述及研究论文均可,专题计划在 2020 年 12 月出版。

本刊主编**国家风险评估中心吴永宁研究员**与**专题主编纵伟教授**及**编辑部全体成员**特邀请有关食品领域研究人员为本专题撰写稿件,综述、研究论文和研究简报均可。请在 2020 年 11 月 30 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

同时烦请您帮忙在同事之间转发一下,希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和 E-mail。再次感谢您的关怀与支持!

投稿方式(注明专题**果蔬加工和质量安全控制**):

网站: www.chinafoodj.com(备注: 投稿请登录食品安全质量检测学报主页-作者

登录-注册投稿-投稿栏目选择“2020 专题: **果蔬加工和质量安全控制**”)

邮箱投稿: E-mail: jfoods@126.com(备注: **果蔬加工和质量安全控制**专题投稿)

《食品安全质量检测学报》编辑部