

抗疲劳运动饮料研制及其活性研究进展

李景华*

(咸阳师范学院体育学院, 咸阳 712000)

摘 要: 运动饮料是为补充人体运动时所消耗的各种物质而研制的, 使运动员快速恢复身体机能。当前人们已经不能满足运动饮料仅仅用来补充身体需要的各种能量, 还希望能够通过运动饮料得到机体抗疲劳能力以及运动能力的提升。随着人们健康意识的逐渐加强, 人们对食物成分更加趋于天然、有机成分, 比起单纯的在运动饮料中添加化学有效成分, 人们更热衷于在配料表中看到含有有效成分的天然物质, 目前市面上已有各种各样的抗疲劳运动饮料, 通过整理国内外相关文献, 本文针对抗疲劳运动饮料中营养成分、抗疲劳运动饮料研制中常见食物来源、抗疲劳运动饮料研制要点 3 个方面进行归纳总结, 为未来抗疲劳运动饮料的研究和新品的研发提供了系统性、理论性的参考依据。

关键词: 抗疲劳运动饮料; 营养成分; 天然物质; 食物来源; 研制要点

Study on the development and activity of anti-fatigue sports drink

LI Jing-Hua*

(School of Physical Education, Xianyang Normal University, Xianyang 712000, China)

ABSTRACT: Sports drinks can supplement various substances consumed by the human body during exercise, allowing athletes to quickly restore body functions. At present, people are not satisfied that sports drinks are only used to replenish the various energy required by the body. They also hope that sports drinks can improve the body's anti-fatigue ability and exercise ability. With the gradual strengthening of people's health awareness, people tend to be more natural and organic in food ingredients. Compared to simply adding chemical active ingredients to sports drinks, people are more willing to see natural ingredients in the ingredient list. At present, there are various anti-fatigue sports drinks on the market. By sorting out relevant domestic and foreign literatures, this article summarized the nutritional components of anti-fatigue sports drinks, common food materials in the development of anti-fatigue sports drinks, and key points in the development of anti-fatigue sports drinks, which provided a systematic and theoretical reference basis for the future research of anti-fatigue sports drinks and the development of new products.

KEY WORDS: anti-fatigue sports drink; nutritional components; natural substance; food materials; development points

0 引 言

运动饮料是根据人体在运动后机体内环境及能量消耗的现象来研制, 能够在较短时间内帮助身体机能恢复。

运动员在训练比赛中, 运动饮料可以快速补充糖、电解质、维生素、蛋白质、氨基酸、无机盐等物质, 以补充运动中所消耗的能量, 使身体机能保持良好, 并维持身体无机盐平衡。除此之外, 运动饮料中经常还会添加牛磺酸和咖啡

*通信作者: 李景华, 主要研究方向为体育营养。E-mail: shanyichuna@outlook.com

*Corresponding author: LI Jing-Hua, School of Physical Education, Xianyang Normal University, Xianyang 712000, China. E-mail: shanyichuna@outlook.com

因等成分, 从而增强人体活力、增加运动能力, 快速消除身体疲劳。本文就抗疲劳运动饮料中营养成分、抗疲劳运动饮料研制中常见食物来源、抗疲劳运动饮料研制要点进行了归纳总结, 以期对未来运动饮料的研发提供一定理论依据, 为运动饮料进一步的研究提供参考。

1 抗疲劳运动饮料中营养成分

1.1 碳水化合物

碳水化合物作为抗疲劳运动饮料的主要成分之一, 对运动员体能恢复、消除疲劳感有着十分重要的作用。碳水化合物在运动中是一种能量供应物质, 具有耗氧量小、动员快等优点, 并且可以为脂肪与其他营养物质的氧化提供碳骨架。在人体内糖以血糖、肌糖原和肝糖原的形式储存在我们的身体的各个地方, 但体内的糖储备是有限的, 如果在长时间的运动中糖类被大量消耗而没有及时补充, 肌肉就会因为没有能量的供应而出现乏力的现象, 疲劳感使运动表现也随之下降^[1]。近年来有很多关于抗疲劳运动饮料中碳水化合物的一些研究, 秦劭斐^[2]提出运动时的代谢对营养提出的迫切需要不仅仅只表现在机体运动时, 而且对运动后的恢复也有重要的作用。足量、适合的营养成分积极作用于运动后的合成、修复、生长, 补充能源, 这对于尽快恢复运动能力有着举足轻重的作用。因此, 在运动中和运动后及时补充糖分都是十分重要的。抗疲劳运动饮料中的糖以葡萄糖、蔗糖以及低聚糖^[3]为主。在运动中补充葡萄糖, 可以减少血液中肌糖原和肝糖原的分解, 同时葡萄糖也很容易被吸收进入血液中, 对调节血糖平衡起到重要作用。但低聚糖与葡萄糖不同, 很难或不能被人体所消化, 能提供的能量很少, 所以低聚糖多作为甜味剂添加在抗疲劳运动饮料当中来增加风味。总之, 碳水化合物在运动能量代谢中起着最重要的作用, 在运动中和运动后及时补充碳水化合物对恢复体能至关重要, 为运动饮料中必不可少的营养成分。

1.2 维生素

维生素是抗疲劳运动饮料中的又一大类营养成分, 市面上的运动饮料中主要添加维生素 C 和维生素 B, 通过对维生素的快速补充, 来实现缓解疲劳和提高肌肉耐力。这是由于运动会产生大量汗液, 会导致部分水溶性维生素的流失, 尤其是维生素 C 和维生素 B, 因此需要对维生素进行及时的补充。B 族维生素在汗液中的丢失是比较明显的, 1 L 汗液大约丢失 B₁ 45 μg、B₂ 43 μg、B₆ 40 μg 和烟酸 140 μg^[4]。维生素 B₁ 是柠檬酸循环中参与合成反应的辅酶, 还参与糖、脂肪和蛋白质的氧化分解过程, 维生素 B₁ 的缺乏会导致柠檬酸循环发生障碍。维生素 B₂ 对维持肌肉骨骼系统的正常工作效率起重要作用。维生素 B₆ 的缺乏可导致小红细胞性贫血, 从而降低机体运转效率, 导致运动

能力下降。除此之外, 维生素 C 也对机体缓解疲劳产生非常重要的作用, 不但与柠檬酸循环有关, 还对蛋白质代谢产生很大影响。大量补充维生素 C 可明显提高肌肉的耐力, 加速运动后的体力恢复^[5]。因此, 维生素为抗疲劳运动饮料中的一大重要营养成分, 抗疲劳运动饮料可以保持体内具有充足的维生素 B 和维生素 C, 从而达到防止疲劳和促进疲劳恢复的作用。

1.3 氨基酸

氨基酸是蛋白质的合成底物, 进入人体消化道后可被迅速吸收, 对于从事耐力或力量训练的运动员, 他们每日所需的蛋白质远远高于普通人^[6]。牛磺酸是人体中含量最为丰富的氨基酸之一, 主要分布在神经系统和肌肉中, 它具有保护心脏、调节渗透压维持细胞正常功能和维持神经兴奋性等广泛的生物功能。同时它还可以促进运动疲劳的恢复和有氧能力的提高^[7]。顾磊等^[8]通过对照实验, 设牛磺酸的补充为单一变量, 对 2 组运动员的运动能力和糖代谢能力进行了验证, 实验结果表明, 相同条件下, 饮用牛磺酸运动饮料的小组运动能力和糖代谢水平明显优于另一组, 证明牛磺酸对人体运动能力和代谢水平有明显促进作用。亮氨酸、缬氨酸和异亮氨酸被称为支链氨基酸, 支链氨基酸是人体无法自身合成的必需氨基酸。支链氨基酸代谢与运动性疲劳的发生关系密切, 长时间运动引起血浆氨基酸谱发生变化, 导致芳香氨基酸/支链氨基酸的比值增加, 促进芳香氨基酸入脑, 增加脑内 5-羟色胺(5-HT)合成, 引起中枢疲劳^[9]。研究表明支链氨基酸能促进肌肉蛋白质合成, 为运动提供能量储备并推迟运动性疲劳的出现^[10-11]。因此抗疲劳运动饮料中氨基酸的补充对运动后的体能恢复、消除疲劳感有着重要作用。

1.4 无机盐

无机盐是构成机体组织和维持机体正常生理活动所必需的营养成分之一, 运动员在运动排汗时, 无机盐会与人体的汗液一起排出体外, 导致人体的体液组成发生变化, 血浆渗透压改变而降低体内酶活力, 从而降低细胞兴奋性导致体能下降^[12]。无机盐可以维持人体的酸碱度, 对体内 pH 的变化具有很好的缓冲作用, 并在运动时增加肌肉的缺氧承受能力, 并缓解疲劳感^[13]。抗疲劳运动饮料中的钠、钾等无机盐, 不仅可以补充随汗液流失的无机盐, 还可以调节血管渗透压, 从而将更多的水留在血管中, 使机体保持更充足的水分。

1.5 咖啡因

咖啡因属黄嘌呤类中枢兴奋剂, 对中枢神经系统具有兴奋作用, 可加强骨骼肌和心肌的收缩力, 适量的咖啡因能兴奋中枢神经系统, 提高注意力、增强警觉性, 缓解精神疲劳。随着咖啡因研究技术的发展, 咖啡因在营养补

剂中的应用也逐渐增加,运动员将咖啡因作为增进功能的辅助剂使用^[14]。咖啡因通过抑制磷酸二酯酶的活性,减少细胞内环腺苷磷酸(cyclic adenosine mono phosphate, cAMP)的分解破坏,以及通过竞争性阻断腺苷受体促进cAMP生成,从而提高细胞内cAMP含量而使中枢神经系统兴奋^[15]。此外,咖啡因对骨骼肌的收缩性产生作用,其通过增加神经递质的释放从而加强神经肌肉的传导,咖啡因也可通过改变细胞内钙离子浓度来加强肌纤维的收缩性^[16],通过对机体的刺激来缩短人体的反应时间和运动时间,进而提高运动能力。总之,咖啡因在提高人体运动能力方面有着重要作用,是运动饮料常见的营养成分之一。

2 抗疲劳运动饮料研制中常见食物来源

由上可知,抗疲劳运动饮料中主要营养成分为碳水化合物、维生素、氨基酸、无机盐、咖啡因。目前有很多学者利用不同食物原料研制成各种抗疲劳运动饮料,其发挥作用的主要成分也不尽相同。以下归纳总结了目前抗疲劳运动饮料研制中常见的食物来源,为今后抗疲劳运动饮料的研发提供参考。

2.1 抗疲劳运动饮料研制中富含碳水化物的食物来源

食用菌含有丰富的营养成分,其中以多糖类为主,食用菌具有延缓疲劳产生、加速消除疲劳的功效,国内外很多学者以食用菌为主要原料研制抗疲劳运动饮料。白灵菇,又名白灵侧耳,是一种著名的食药兼用菌。具有肉质细嫩、美味可口等特点,有“天山神菇”“草原上的牛肝菌”之称^[17]。白灵菇多糖具有减少运动员疲劳感,有助于运动员疲劳恢复的作用^[18-21]。应一帆^[22]以白灵菇为主要原料研制了运动饮料,通过感官评价、单因素实验、正交实验确定了白灵菇运动饮料的最佳配料比,即白灵菇汁、蔗糖和柠檬酸的最佳使用量分别为20%、5%、0.14%,并通过小鼠抗疲劳实验表明灌胃白灵菇运动饮料的小鼠负重游泳时间明显增加,小鼠血乳酸值随着饮料使用量的增加而减少,由此证明了白灵菇运动饮料可以有效缓解运动疲劳。与白灵菇类似,猴头菇中含有大量的多糖,可为运动后的人群有效补充糖分和能量。卢耀环等^[23]将猴头菇干粉和浸出液灌胃小鼠,结果显示猴头菇灌胃后的小鼠肝糖原、肌糖原含量和血乳酸消除率明显增高,血乳酸和血清尿素氮增量明显降低,这表明猴头菇具有显著的缓解疲劳的作用。刘晓燕^[24]以猴头菇为主要原料研制了抗疲劳运动饮料,经过感官评价和单因素测定可知猴头菇运动饮料的最佳配料比为猴头菇汁31%、绵白糖4%、柠檬酸0.16%,在小鼠抗疲劳实验中测定了运动时间、血清尿素氮浓度、小鼠体重等指标,结果表明,该猴头菇运动饮料可以有效缓解疲劳并对小鼠体重影响不大。除此之外,红蘑也是目前抗疲劳运

动饮料研制中富含碳水化物的食用菌之一,红蘑是一种菌根性食用菌,富含多糖,红蘑的药用价值主要体现在多糖的生物活性上,李震等^[52]研究了一种以红蘑为主要原料的抗疲劳运动饮料,并通过小鼠负重游泳实验证实了其抗疲劳活性;抗疲劳运动饮料研制中富含碳水化物的食物来源除了白灵菇等食用菌类外,秋葵中也含有丰富粘性多糖,具有良好抗氧化、抗疲劳活性,常常被人们所利用研发抗疲劳运动饮料。赵云蛟等^[26]分析测定了黄秋葵运动饮料的营养功能活性,为黄秋葵的资源开发利用提供理论依据。综上所述,目前抗疲劳运动饮料研制中富含碳水化物的食物来源主要有白灵菇、猴头菇、红蘑、秋葵。

2.2 抗疲劳运动饮料研制中富含氨基酸的食物来源

氨基酸是抗疲劳运动饮料中的主要营养成分之一。目前抗疲劳运动饮料研制中富含氨基酸的食物来源主要有山药和玉木耳。山药又称山芋,其肉质脆爽、肥厚且洁白多汁,非常适合加工成饮料,山药富含氨基酸等多种营养成分^[27]。许飞虎等^[28]将山药打浆、糊化、酶解、过滤、离心,得到山药提取液,将其与玉竹汁和红景天汁混合,并加入蔗糖、水、柠檬酸等材料,制成山药复合运动饮料,通过动物实验证明,山药复合运动饮料对小鼠运动能力有显著提升作用。玉木耳又称白玉木耳,拥有人体蛋白质所需的20种氨基酸中的17种^[29]。玉木耳以其优秀的抗氧化、免疫调节、抗疲劳活性备受研究人员关注^[30]。

2.3 抗疲劳运动饮料研制中富含维生素和无机盐的食物来源

由以上对抗疲劳运动饮料中营养成分的归纳总结可知,维生素和无机盐也是抗疲劳运动饮料中必不可少的,很多食物中富含维生素和无机盐,在抗疲劳运动饮料的研发中扮演着重要角色,目前抗疲劳运动饮料研制中富含维生素和无机盐的食物来源有麦苗、枸杞、黑米、绿豆。小麦苗作为一种广泛易得、廉价的植物资源,富含钙和钾等70余种矿物质、维生素,具有抗氧化、增强抵抗力、延缓衰老等药理作用。刘媛等^[31]研究通过小鼠负重力竭游泳时间、尿素氮、全血乳酸、肌乳酸、肝糖原、肌糖原等生化指标,从而证实了麦苗运动饮料的抗疲劳功能。枸杞是我国重要的传统中药及保健品资源,具有丰富的营养价值^[32-33]。枸杞果实中含有大量的天然胡萝卜素、维生素、核黄素等营养成分,具有促进肝细胞新生、调节免疫力、增强记忆力、降低血糖血压、抗疲劳、抗衰老、滋养肝肾、明目益精、扩张血管等功效^[34]。目前很多学者以枸杞为主要原料研制成抗疲劳运动饮料,如枸杞和刺五加、枸杞和大豆多肽、枸杞龙眼、枸杞和毛酸浆研制成的抗疲劳运动饮料^[34-37],并通过小鼠抗疲劳实验验证了其抗疲劳活性。黑米又名乌米、补血米,含有丰富铁、锌、硒等微量元素^[38-39]。黑米对改善睡眠、

贫血白发等症有一定治疗效果^[40-42], 被称为“世界米中之王”和“黑珍珠”。王永志^[43]以黑米、葛根为原料, 通过除杂质、清洗、干燥、粉碎、过筛、浸提等工艺获得黑米汁, 以黑米汁 15%、根提取液 10%、白砂糖 9%、柠檬汁 1%为配方制成复合饮料, 对小鼠进行灌胃实验, 将负重 5%体重的铅皮的小鼠放入水箱中游泳, 记录小鼠自游泳开始至死亡的时间, 待小鼠力竭后从水中捞出, 通过检测各组小鼠血清中血尿素氮含量及不同时间小鼠全血中乳酸含量得出结论: 此运动饮料可降低机体中的中血清尿素氮、血乳酸水平, 提高肝糖原含量并延长游泳时间。由此判定, 黑米饮料对机体抗疲劳有一定的辅助作用。绿豆是一种种植面积十分广泛的常见农作物, 绿豆含有丰富的营养成分, 绿豆中含有大量的微量元素, 不仅可作为一种主食食用, 还具有医药功能^[44-45]。许乐^[46]通过浸泡、清洗、脱皮、磨浆、过滤、煮制、等工艺流程得到绿豆浆液, 然后将绿豆浆液 35%、银耳浆液 15%、乳粉 2%、柠檬酸 0.25%、绵白糖 8%混合, 经过均质、杀菌冷却、灌装等流程制成运动饮料。由小鼠的负重游泳时间得出结论, 小鼠的运动能力提升程度与绿豆复合运动饮料剂量成正比, 证明以绿豆为主要原料的运动饮料具有良好的抗疲劳作用。综上所述, 目前抗疲劳运动饮料研制中富含维生素和无机盐的食物来源主要有麦苗、枸杞、黑米、绿豆。

3 抗疲劳运动饮料研制要点

3.1 合理的配方设计

消费者通过饮用抗疲劳运动饮料可以快速有效地补充人体水分及各种营养物质, 所以这就要求饮料的成分配比合理, 在能够满足人体的营养需求的同时也要利于人体的快速吸收。饮料中的营养成分通过小肠才能被消化吸收, 胃排空率的快慢影响饮料物质的吸收速率。因此在运动饮料配方设计时, 应尽量提高胃排空率以提高营养成分的吸收速率。

3.2 良好的风味和口感

抗疲劳饮料良好的口感不仅可以大大增强消费者更好的体验感, 研究发现, 添加柠檬、酸橙、橙的饮料, 其饮用量与水相比增加一倍^[47], 因此在抗疲劳运动饮料在研制过程中, 除了添加基本的营养物质来满足基本的运动补充需要, 还可以添加相应的果味、奶味、酸味剂, 来满足消费者的喜好和个性化需求。

3.3 合适的渗透压

饮料的渗透压会影响消费者的饮用量和饮料中营养成分的吸收效率, 目前市面上的运动饮料主要分为高渗透压、等渗透压、低渗透压, 高渗透压的运动饮料容易引起口渴感, 在饮料研制中需根据不同目的来进行渗透压设计^[48]。

4 结束语

当前, 我国运动饮料行业发展迅速, 其由于含有碳水化合物、维生素、氨基酸、无机盐、牛磺酸、咖啡因等营养成分, 可以有效的消除疲劳感, 增加运动能力。随着人们生活质量的逐步提高, 消费者越来越关注保健产品的原料是否纯天然, 比起直接添加活性成分的运动饮料, 人们更加倾向于以更天然的食物原料制成的运动饮料^[49-50], 不同的食物原料发挥作用的主要成分也不尽相同, 目前很多国内外学者以不同的食物原料制成抗疲劳运动饮料并进行研究, 目前抗疲劳运动饮料研制中富含碳水化物的食物来源为白灵菇、猴头菇、红蘑、秋葵, 富含氨基酸的食物来源为山药和玉木耳, 富含维生素和无机盐的食物来源为麦苗、枸杞、黑米、绿豆, 最终以抗疲劳小鼠实验来对其抗疲劳活性进行评价。今后抗疲劳饮料研制中可以通过添加各种保健型食品原料, 来促进人体对疲劳感的抵抗能力。通过目前抗疲劳运动饮料研制中常见的食物来源的归纳总结, 为今后抗疲劳运动饮料的研制提供了参考。除此之外, 合理的配方设计、良好的风味和口感、合适的渗透压也是抗疲劳运动饮料研发中的要点, 值得我们关注, 对抗疲劳运动饮料研制要点对归纳总结为进一步提高疲劳运动饮料的产品质量打下理论基础, 使抗疲劳运动饮料产业更好更健康的发展。

参考文献

- [1] AIKHELAIF F, ABRAHAM D, DIBOUN I, *et al.* Proteomics and metabolomics research in exercise and sport [J]. *J Int Soc Sports Nutr*, 2019, (1): 21.
- [2] 秦劭斐. 碳水化合物、水、电解质与运动饮料[J]. *体育科技*, 2000, (1): 32-34, 29.
QIN SF. Carbohydrate, humores, electrolyte feeding and homeotasis [J]. *Sport Sci Technol*, 2000, (1): 32-34, 29.
- [3] 俞孟辰, 魏冰, 瞿超艺, 等. 不同种类补糖饮料对人体耐力运动中运动能力及相应代谢参数的时序性影响[A]. 中国体育科学学会. 第十一届全国体育科学大会论文摘要汇编[C]. 中国体育科学学会: 中国体育科学学会, 2019, (3): 7647-7649.
YU MC, WEI B, QU CY, *et al.* The temporal effect of different types of sugar-supplementing beverages on exercise capacity and corresponding metabolic parameters in human endurance exercise [A]. *Chinese Society of Sports Science. Compilation of abstracts of the 11th National Sports Science Conference* [C]. *Chinese Sports Science Association: Chinese Sports Science Association*, 2019, (3): 7647-7649.
- [4] 高秀兰. 食品营养与卫生[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2015.
GAO XL. Food nutrition and hygiene [M]. Chongqing: Chongqing University Press, 2015.
- [5] YANTI C, DELI CK, GEORGAKOULI K, *et al.* Sport nutrition, redox homeostasis and toxicity in sport performance [J]. *Curr Opin Toxicol*, 2019, 13(1): 45-47.
- [6] KRISETHERTON PM, INNIS S, ASSOCIATION AD, *et al.* Position of the American dietetic association and dietitians of Canada: Dietary fatty acids

- [J]. J Am Dietetic Assoc, 2007, 107(9): 1599–1611.
- [7] 高昕. 牛磺酸在游泳训练中的作用效果研究[J]. 游泳季刊, 2006, (2): 33–35.
- GAO X. Research on the effect of taurine in swimming training [J]. Swim Quart, 2006, (2): 33–35.
- [8] 顾磊, 鹿微, 杨立平, 等. 牛磺酸在游泳训练中的作用效果的研究[J]. 惠州学院学报(自然科学版), 2003, (6): 67–71.
- GU L, LU W, YANG LP, *et al.* The effect of besoar acid in the training of swimmer [J]. J Huizhou Univ, 2003, (6): 67–71.
- [9] BLOMSTRAND E, HASSMEN P, EKBLOM P, *et al.* Administration of branched chain amino acids during sustained exercise-effect on performance and an plasma concentrations of some amino acids [J]. Eur J App Physiol, 1991, 63(2): 83–88.
- [10] AUDREY YC, MARCELO MR, JULIO T. Glutamine as an anti-fatigue amino acid in sports nutrition [J]. Nutrients, 2019, 11(4): 863.
- [11] BURKE LM, READ R. Sports Nutrition[J]. Sports Med, 2019, 8(2): 80–100.
- [12] 宿光. 柔道运动员如何克服比赛心理紧张[J]. 信息周刊, 2019, (34): 481.
- SU G. How Judo athletes overcome psychological tension in competition [J]. Inform Weekly, 2019, (34): 481.
- [13] 龚希丹. 运动员的代谢特点与营养补充研究[J]. 文体用品与科技, 2020, 437(4): 176–177.
- GONG XD. Athlete's metabolic characteristics and nutritional supplement [J]. Stati Sport Good Technol, 2020, 437(4): 176–177.
- [14] 冉莉, 郎和东, 周曦, 等. 含咖啡因某维生素功能饮料对机体运动行为能力影响分析[J]. 现代医药卫生, 2016, 32(4): 506–508, 511.
- RAN L, LANG HD, ZHOU X, *et al.* Effect of Red Bull vitamin functional beverage containing caffeine on body athletic behavior ability [J]. J Mod Med Health, 2016, 32(4): 506–508, 511.
- [15] WANG C, ZHOU Y, GUAN X, *et al.* Estradiol antagonizes the inhibitory effects of caffeine in BMMSCs via the ER-mediated cAMP-dependent PKA pathway [J]. Toxicology, 2018, 394(1): 1–10.
- [16] DOMASZEWSKI P, PAWEŁ P, KONIECZNY M, *et al.* Caffeine-induced effects on human skeletal muscle contraction time and maximal displacement measured by tensiomyography [J]. Nutrients, 2021, 13(3): 815.
- [17] 李志涛, 孙金旭, 王倩, 等. 白灵菇多糖的提取及其免疫活性研究[J]. 食品研究与开发, 2017, (7): 56–58.
- LI ZT, SUN JX, WANG Q, *et al.* Extraction of *Pleurotus ostreatus* polysaccharide and its immune activity [J]. Food Res Dev, 2017, (7): 56–58.
- [18] 邱娟. 白灵菇多糖对力竭运动大鼠抗疲劳和抗氧化作用研究[J]. 食品研究与开发, 2017, (17): 189–192.
- QIU J. Effects of *Pleurotus nebrodensis* polysaccharides on exhausting exercise rats anti-fatigue and antioxidant [J]. Food Res Dev, 2017, (17): 189–192.
- [19] 续延军. 白灵菇多糖对力竭运动大鼠抗疲劳及抗氧化作用探析[J]. 中国食用菌, 2020, 229(2): 54–56.
- XU YJ. Anti-fatigue and antioxidant effects of *Pleurotus nebrodensis* polysaccharide on exhaustive exercise rats [J]. Edible Fungi Chin, 2020, 229(2): 54–56.
- [20] 贾靖. 白灵菇多糖对运动小鼠氧化应激的影响[J]. 基因组学与应用生物学, 2020, 39(2): 415–421.
- JIA J. Effect of *Plesurotus nebrodensis* polysaccharide on oxidative stress in exercised mice [J]. Genom Appl Biol, 2020, 39(2): 415–421.
- [21] 王冬生. 白灵菇多糖对长跑运动员疲劳恢复的作用[J]. 中国食用菌, 2020, 235(8): 200–203.
- WANG DS. Effect of *Pleurotus ferulae* polysaccharide on fatigue recovery of long distance runners [J]. Edible Fungi Chin, 2020, 235(8): 200–203.
- [22] 应一帆. 白灵菇运动饮料对运动性疲劳的缓解机制[J]. 中国食用菌, 2019, 38(12): 34–36.
- YING YF. Alleviating mechanism of *Pleurotus ferulae* sports drink on sports fatigue [J]. Edible Fungi Chin, 2019, 38(12): 34–36.
- [23] 卢耀环, 辛长砺, 周于奋, 等. 猴头菇对小鼠抗疲劳作用的实验研究[J]. 生理学报, 1996, (1): 98–101.
- LU YH, XIN CL, ZHOU YF, *et al.* Experimental study on the anti-fatigue effect of *Heridium erinaceus* on mice [J]. Acta Physiol Sin, 1996, (1): 98–101.
- [24] 刘晓燕. 猴头菇运动饮料研制分析及其抗疲劳功能探讨[J]. 中国食用菌, 2019, 38(7): 64–66.
- LIU XY. Research on the development and anti-fatigue function analysis of *heridium erinaceus* sports beverage [J]. Edible Fungi Chin, 2019, 38(7): 64–66.
- [25] 李震, 张海悦, 张鑫, 等. 红蘑饮料的研制及其抗疲劳活性研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(9): 105–109.
- LI Z, ZHANG HY, ZHANG X, *et al.* Development of red mushroom beverage and its anti-fatigue activity [J]. Food Res Dev, 2016, 37(9): 105–109.
- [26] 赵云蛟, 郭佳敏, 刘锐, 等. 黄秋葵饮料的抗氧化活性及抗疲劳活性研究[J]. 饮料工业, 2019, 22(1): 5–11.
- ZHAO YJ, GUO JM, LIU R, *et al.* Study on antioxidant activity and anti-fatigue activity of okra beverage [J]. Bever Ind, 2019, 22(1): 5–11.
- [27] 孟秀梅, 李明华, 顾立众, 等. 莲子山药饮料的研制[J]. 食品工业, 2017, 38(2): 107–111.
- MENG XM, LI MH, GU LZ, *et al.* Development of lotus seed and yam beverage [J]. Food Ind, 2017, 38(2): 107–111.
- [28] 许飞虎, 王经健. 山药-玉竹-红景天复合运动饮料研制及其抗疲劳功能研究[J]. 粮食与油脂, 2018, 31(11): 67–72.
- XU FH, WANG JJ. Study on production of yam-polygonatum odoratum-rhodiola composite sports drinks and its anti-fatigue function [J]. J Cere Oils, 2018, 31(11): 67–72.
- [29] 王月, 任梓铭, 于延申. 玉木耳保健功效及栽培技术要点[J]. 吉林蔬菜, 2020, (1): 41–42.
- WANG Y, REN ZM, YU YS. The health effects of jade fungus and key points of cultivation techniques [J]. Jilin Veget, 2020, (1): 41–42.
- [30] 曹玉春. 玉木耳化学成分及其药理活性的研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2018.
- CAO YC. Study on the chemical constituents and pharmacological activities of Jade fungus [D]. Changchu: Jilin Agricultural University, 2018.
- [31] 刘媛, 戚露月, 顾伟光, 等. 麦苗运动饮料抗疲劳功能研究[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(19): 216–219.
- LIU Y, QI LY, GU WG, *et al.* Research on anti-fatigue function of wheat seedling sports drink [J]. Jiangsu Agric Sci, 2018, 46(19): 216–219.
- [32] 李克剑, 李伊姣, 王储, 等. 菜用枸杞叶的营养价值及营养等级评价

- [J]. 中国食物与营养, 2016, 22(4): 69–73.
- LI KJ, LI YJ, WANG C, *et al.* Nutrition value and nutritional rating of vegetable wolfberry leaves [J]. Food Nutr Chin, 2016, 22(4): 69–73.
- [33] XIA Q, NIU M, WU C, *et al.* Formation of ethyl carbamate in Goji wines: Effect of Goji fruit composition [J]. Food Sci Biotechnol, 2016, 25(3): 921–927.
- [34] 张强. 枸杞大豆多肽复配运动饮料的研制及其对大鼠抗疲劳功能的研究[J]. 粮食与油脂, 2018, 31(10): 40–44.
- ZHANG Q. Study on the preparation of wolfberry soybean polypeptide compound sports beverage and its anti fatigue function in rats [J]. J Cere Oils, 2018, 31(10): 40–44.
- [35] 卓长清, 赵欣, 栾朝霞. 枸杞刺五加运动饮料研制及抗疲劳作用研究[J]. 中国食品添加剂, 2019, 30(12): 131–136.
- ZHUO CQ, ZHAO X, LUAN ZX. Study on preparation and anti-fatigue function of wolfberry and acanthopanaxsenticosus sports beverage [J]. China Food Addit, 2019, 30(12): 131–136.
- [36] 宫亚东, 房磊. 枸杞龙眼复合运动饮料研制及其抗疲劳功能研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(22): 74–78.
- GONG YD, FANG L. Research of wolfberry longan composite sports drinks and its anti-fatigue function [J]. Food Res Dev, 2016, 37(22): 74–78.
- [37] 张钱伟. 毛酸浆枸杞液体营养饮料研制及其对运动抗疲劳作用的研究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(9): 141–145.
- ZHANG QW. Development of *Physalis pubescens* L. and wolfberry compound liquid nutrition beverage and its anti-fatigue effect on sports [J]. Food Res Dev, 2020, 41(9): 141–145.
- [38] 马先红, 许海侠, 刘洋. 黑米发酵食品研究进展[J]. 食品工业, 2016, 37(10): 233–236.
- MA XH, XU HX, LIU Y. Research progress in black rice fermented foods [J]. Food Ind, 2016, 37(10): 233–236.
- [39] 王丽华, 叶小英, 李杰勤, 等. 黑米红米的营养保健功效及其色素遗传机制的研究进展[J]. 种子, 2006, 25(5): 50–54.
- WANG LH, YE XY, LI JQ, *et al.* The research progress of pigment genetic mechanism and nutritional value and the health care function in black rice and red rice [J]. Seed, 2006, 25(5): 50–54.
- [40] TANG Y, CAI W, XU B. From rice bag to table: Fate of phenolic chemical compositions and antioxidant activities in waxy and nonwaxy black rice during home cooking [J]. Food Chem, 2016, 191(1): 81–90.
- [41] PEDRO AC, GRANTO D, ROSSO N. Extraction of anthocyanins and polyphenols from black rice (*Oryza sativa* L.) by modeling and assessing their reversibility and stability [J]. Food Chem, 2016, 191(1): 12–20.
- [42] 鲁明, 付欣, 王小鹤, 等. 响应面法优化乳酸菌发酵黑米饮料工艺研究[J]. 保鲜与加工, 2016, 16(6): 54–60.
- LU M, FU X, WANG XH, *et al.* Optimization of fermentation technology of black rice *Lactobacillus* beverage by response surface methodology [J]. Stor Proc, 2016, 16(6): 54–60.
- [43] 王永志. 葛根黑米运动饮料工艺优化及其抗疲劳活性研究[J]. 粮食与油脂, 2018, 31(12): 35–39.
- WANG YZ. Process optimization and anti fatigue activity of kudzu black rice sports drink [J]. J Cere Oils, 2018, 31(12): 35–39.
- [44] 郭红珍, 申磊, 李新. 海带绿豆饮料的工艺研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2014, 35(4): 100–103.
- GU HZ, SHEN L, LI X. Preparation process of beverage containing kelp and mung bean [J]. J Henan Univ Technol (Nat Sci Ed), 2014, 35(4): 100–103.
- [45] 高翔, 牟琼, 李娟. 绿豆的研究进展[J]. 农技服务, 2019, (6): 51–52.
- GAO X, MOU Q, LI J. Research progress of mung bean [J]. Agric Techn Serv, 2019, (6): 51–52.
- [46] 徐乐. 绿豆银耳运动乳饮料加工工艺及其抗疲劳功能研究[J]. 粮食与油脂, 2019, 32(3): 64–68.
- XU L. Study on processing technology and anti-fatigue function of mung bean tremella sports milk beverage [J]. J Cere Oils, 2019, 32(3): 64–68.
- [47] ROLLS BJ, WOOD RJ, ROLLS ET. Thirst: The initiation, maintenance, and termination of drinking [J]. Prog Psychobiol Phy Psychol, 1980, 9: 263–321.
- [48] 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): 220–224.
- XIAO JX, WANG J. Progress in research on sports drinks [J]. Food Res Dev, 2019, 40(4): 220–224.
- [49] 徐维, 冀柄宪, 刘利, 等. 蓝莓复合功能饮料的研究现状及发展前景[J]. 酿酒科技, 2017, (7): 95–98.
- XU L, JI BX, LIU L, *et al.* The research status and development prospects of blueberry compound functional beverage [J]. Liquor-Mak Sci Technology, 2017, (7): 95–98.
- [50] MAVARA, TERENCE, TAYNA, *et al.* Effectiveness of clinpro XT in reducing dentin permeability and its resistance to acid challenges [J]. Oral Hlth Prev Dent, 2018, 16(4): 339–344.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介

李景华, 主要研究方向为体育营养。
E-mail: shanyichuna@outlook.com