

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20240805003

等渗饮料的主要成分与生理功能：创新应用、 人群适用性及潜在风险

云春艳*, 靳 远, 毛磊红

(上海康识食品科技有限公司, 上海 201100)

摘 要: 近年来, 随着健康意识的提升和体育运动的普及, 等渗饮料作为一种能够迅速补充体内流失水分与电解质、促进体能恢复的饮品, 逐渐进入大众视野并备受关注。其独特的配方设计, 旨在模拟人体汗液成分, 实现快速等渗吸收, 从而在市场上获得了广泛的应用与发展。本文综述了等渗饮料的主要成分组成及生理功能机制。并进一步总结了新型等渗饮料的类型、生理功能、适用人群及其潜在危害。最后, 本文对未来等渗饮料发展的问题进行了展望, 指出了需要重点关注和亟待解决的问题。本综述不仅为等渗饮料的科学研究提供了系统性框架, 也为饮料行业的技术创新与可持续发展提供了理论依据与实践指导, 同时也为消费者的健康选择提供了科学、理性的参考依据。

关键词: 等渗饮料; 生理功能机制; 功能性成分; 特定人群; 潜在危害

Main ingredients and physiological functions of isotonic beverages: Innovative applications, suitability for different populations, and potential risks

YUN Chun-Yan*, JIN Yuan, MAO Lei-Hong

(Shanghai Kangshi Food Technology Co., Ltd., Shanghai 201100, China)

ABSTRACT: In recent years, with the enhancement of health awareness and the popularization of sports activities, isotonic beverages, as a drink capable of rapidly replenishing lost water and electrolytes in the body and facilitating physical recovery, have gradually gained prominence in public discourse. Their unique formulation design aims to simulate the composition of human sweat, achieving rapid isotonic absorption, which has led to their widespread application and development in the market. This review summarized the primary components and physiological mechanisms of isotonic beverages. Furthermore, it summarized the types, physiological functions, target consumer groups, and potential hazards associated with novel isotonic beverages. Finally, the paper offered insights into the challenges and issues facing the future development of isotonic beverages, highlighting areas requiring urgent attention and resolution. This comprehensive review not only provides a systematic framework for the scientific study of isotonic beverages but also offers theoretical underpinnings and practical guidance for technological innovation and sustainable development within the beverage industry. Additionally, it serves as a scientific and rational reference for consumers in making informed health choices.

*通信作者: 云春艳, 硕士, 中级工程师, 主要研究方向为食品研发。E-mail: yunchunyan@masterkong.com.cn

*Corresponding author: YUN Chun-Yan, Master, Intermediate Engineer, Shanghai Kangshi Food Technology Co., Ltd., 5th Floor, Building C, No.1688 Wuzhong Road, Minhang District, Shanghai 201100, China. E-mail: yunchunyan@masterkong.com.cn

KEY WORDS: isotonic beverages; physiological mechanisms; functional components; specific populations; potential damage

0 引言

等渗饮料作为一种运动补给饮品,自诞生以来便受到广泛关注。自 1965 年美国佛罗里达大学医学院的 Robert Cade 博士成功研发出佳得乐(Gatorade)以来,等渗饮料便凭借其独特的渗透压控制(轻工行业标准为 250~340 mOsmol/L,欧盟指南标准为 270~330 mOsm/kg),迅速成为市场上备受瞩目的产品。这一特性使得等渗饮料能够模拟人体体液的渗透压,实现快速、均衡的水分和电解质补充,有效促进体能的恢复^[1-4]。

近年来,随着中国经济的迅猛发展和人民生活质量的显著提升,全民健康意识得到了前所未有的增强。国家积极响应这一趋势,推出了“全民健身”战略,并通过《全民健身计划(2021—2025 年)》等政策措施,鼓励民众将体育锻炼融入日常生活,以提升国民体质和健康水平^[5]。在这一背景下,运动过程中的营养补给问题显得尤为重要。剧烈运动不仅会导致体内水分、电解质及能量的大量流失,还可能引发疲劳、肌肉痉挛等不良反应,进而影响运动表现和身体健康^[6]。因此,等渗饮料作为能够快速补充流失水分、电解质及能量的理想选择,其市场需求日益增加^[7]。

国际视角下,等渗饮料市场历经数十年的发展,已构建起多元化、全球化的竞争格局。表 1 详细列出了中国、美国及日本在这一领域的代表性品牌及其发展历程,展示了全球等渗饮料市场的繁荣景象与品牌竞争的激烈态势。尤为值得注意的是,以美国佳得乐为代表的国际品牌,凭借其深厚的市场积累与持续的产品创新,持续引领市场趋势;而中国的等渗饮料市场亦展现出蓬勃生机,本土品牌如健力宝、红牛等,通过技术创新与差异化策略,实现了市场份额的稳步扩大与品牌影响力的显著提升^[8]。

随着消费者对健康与品质追求的不断提升,等渗饮料市场也迎来了新一轮的创新浪潮。新型功能性等渗饮料如雨后春笋般涌现,它们不仅在传统配方基础上进行微调,更引入了天然色素、果汁、甚至固态颗粒等新型元素,以满足消费者日益多样化的个性化需求^[9-12]。此外,针对特定健康需求的功能性等渗饮料也相继问世,如针对肌肉恢复、血糖血脂管理及骨骼健康的定制产品,进一步拓宽了等渗饮料的应用场景与市场潜力^[13-15]。

然而,等渗饮料市场的快速发展并未掩盖其潜在的健康风险。已有研究表明,过度或不当使用等渗饮料可能带来包括牙釉质侵蚀、肾结石风险增加及特定人群中心脏

问题与肥胖风险等在内的健康挑战^[16-18]。鉴于当前市场缺乏系统性的综合评价与指导,对等渗饮料的成分、生理功能机制及潜在危害进行全面深入的剖析,明确其适宜消费群体与使用边界,显得尤为迫切与重要。

表 1 中国、美国和日本国内的主流运动饮料品牌对比
Table 1 Comparison of mainstream sports drink brands in China, USA, and Japan

国家	产品名称	生产年份	生产厂商
中国	健力宝	1984	健力宝集团有限公司
中国	红牛	1986	健力宝集团有限公司
中国	脉动	1989	乐百氏食品饮料有限公司
中国	激活	2004	娃哈哈集团有限公司
美国	Gatorade	1965	百事公司
美国	Propel	2000	百事公司
美国	Powerade	1988	可口可乐公司
美国	Muscle Milk	2000	CytoSport 公司
日本	Pocari Sweat	1980	大塚食品公司
日本	Aquarius	1983	可口可乐公司

本综述旨在剖析等渗饮料的主要成分及其生理功能机制,探讨新型产品的创新趋势,并综合评估其在不同人群中的适用性及其潜在的健康风险。通过这一综合分析,我们旨在为相关领域的科学研究、产品开发及消费者教育提供坚实的理论基础与实践指导,从而推动健康饮品行业的健康发展与可持续进步。

1 等渗饮料的主要成分与生理功能机制

1.1 水

人体约 70%由水构成,水虽然不是传统意义上的营养物质,但在体内却扮演着至关重要的角色,既作为溶剂又参与多种关键的生化反应^[19]。在体力活动期间,随着新陈代谢率和热量消耗的增加,肝脏和肌肉中的水分、糖原及电解质会相应减少,这可能导致脱水现象,进而影响身体的正常功能,如引发早期疲劳、认知功能下降以及钠的失衡^[6]。因此,适当的水合作用对于维持体温稳定、保障生

理功能的正常运行以及支持运动时体内环境的稳态至关重要。对于高强度或长时间的体力活动,等渗饮料成为了一种理想的选择。等渗饮料的设计旨在与体液渗透压相近,能够迅速被身体吸收,有效补充因运动而流失的水分(占其总体积的 92%~95%)^[20]。

1.2 碳水化合物

碳水化合物是等渗饮料中的另一关键成分,它们不仅为肌肉和大脑提供能量,还增强了饮料的口感。在剧烈运动时,肌肉糖原和血糖水平的下降需要通过持续补充碳水化合物来避免疲劳^[21]。营养与饮食学会推荐,运动饮料中应含有 6%~8%的碳水化合物,以满足这一需求^[22]。等渗饮料中的碳水化合物主要包括单糖和多糖,如葡萄糖、果糖和麦芽糊精。研究显示,相较于摄入单一的碳水化合物,摄入多种碳水化合物(如葡萄糖和蔗糖)能改善肠道对碳水化合物的吸收速率。这是由于不同的糖会通过利用肠道消化酶和碳水化合物转运体,产生协同效应以及调节吸收速率来优化其在肠道中的吸收。这种混合可能提高整体的碳水化合物吸收效率,确保营养物质能够更有效地被利用^[23]。特别是,葡萄糖与果糖的特定比例(如 1.2:1 到 1:1)被发现能最大化外源性碳水化合物的氧化,同时利用果糖的高甜度及其对矿物质吸收的调节作用,减少运动中的胃肠道不适。此外,葡萄糖与果糖比例为 1.2:1 到 1:1 是促进外源性碳水化合物代谢的最佳方法。这一比例的选择不仅因为果糖具有比葡萄糖更高的甜度,能够提升饮料的口感,更重要的是,果糖还能与金属离子形成络合物,这一特性有助于调节肠道对矿物质的吸收和生物利用度,同时减少运动过程中可能出现的胃肠道不适感。

1.3 矿物质

运动过程中出汗过多会导致人体内的电解质流失,进而引发不自主的肌肉痉挛与无力^[24]。为了补充这些流失的电解质,等渗饮料成为了理想的选择,它们富含多种矿物质,主要包括钠、钾、镁、钙和氯离子^[25]。欧盟委员会建议,等渗饮料中钠浓度应维持在 460~1150 mg/L 之间,以确保其有效性和安全性^[1]。钠是细胞外液中的主要阳离子,在出汗时大量流失。钠离子不仅能增加肠道对碳水化合物的吸收,帮助肌肉收缩和放松,还能防止因出汗导致的低钠血症^[26]。此外,钠离子还被发现能改善味觉并刺激口渴机制,从而提高液体摄入量和水合作用^[27]。钾离子有助于维持稳定的肌肉收缩和神经传导,防止血液凝固并调节 pH,促进肌肉中碳水化合物的储存,并通过参与蛋白质和碳水化合物合成过程调节细胞内水含量^[26,28]。此外,钙离子和镁离子则有助于缓解肌肉痉挛,而氯化物在维持人体渗透压和酸碱平衡方面发挥重要作用。

除了水、碳水化合物和电解质,等渗饮料还包含各种成分以改善风味和颜色,如维生素、色素、香料和天然果

汁等^[29]。研究发现,添加小苏打到等渗饮料中可以促进中

和人体在

高强度运动时肌肉和血液中积聚的酸和二氧化碳,延缓肌肉疲劳并增加耐力^[30]。

2 新型等渗饮料与功能性等渗饮料

随着消费者对饮食要求的提升和健康生活的追求,等渗饮料的研发已超越传统范畴,聚焦于成分创新、功能拓展及风味优化,催生了兼具特色风味与生物活性的新型及功能性等渗饮料^[9,12-13,15]。新型等渗饮料结合了等渗饮料与传统饮料的特点,在为人体快速补充水分的同时也具备了良好的色泽与风味,如天然色素型、果汁型、啤酒型和固体颗粒型等渗饮料等。此外,功能性等渗饮料中则在保留传统等渗饮料特点的前提下,还添加了对人体生理功能具有益处的活性成分,如乳清超滤液、浆果和胶原蛋白水解物等。

2.1 新型等渗饮料

(1)天然色素型等渗饮料。颜色是食品的重要特性之一,也是消费者选择食品时的重要因素。等渗饮料中添加色素可以提升消费者的视觉体验,增加其销量。目前市场上的色素分为合成色素和天然色素^[31]。尽管合成色素在色彩稳定性和成本效益方面具有一定优势,但近年来,其安全性问题引起了广泛关注。消费者越来越关注食品中的添加剂成分,特别是那些可能对人体健康产生潜在影响的物质^[32-33]。在此背景下,天然色素因其来源于自然、被认为更为安全健康而备受青睐。这促使研究人员开发更多可应用于等渗饮料的天然色素。研究人员从天然资源中提取的色素,如微藻中的藻红蛋白、浆果中的花青素等。这些色素不仅赋予饮料丰富的色彩,还带来了抗氧化、抗炎等多种健康益处。CARMONA 等^[9]从微藻(*Porphyridium cruentum*)中提取和表征了富含藻红蛋白的粉红色提取物,其在 pH 3.0~9.0 范围内稳定,在等渗饮料中具有一定的应用潜力。此外,天然色素不仅提供视觉美感,还具有许多对人体健康有益的功效。例如天然来源的虾青素可降低氧化应激和炎症反应,而来自浆果的花青素具有抗氧化、抗衰老和降血糖等活性^[34-35]。GARCÍA 等^[36]从紫球藻(*Arthrospira platensis*)获得的藻蓝蛋白提取物作为蓝色天然着色剂用于等渗饮料,该天然色素此前已被发现具有抗氧化、抗癌和抗炎等生物活性。

天然色素也具有明显的缺陷,即易受环境影响而分解且溶解性差。如类胡萝卜素中含有多个共轭双键,易受光、氧和温度的影响,且水溶性有限。以上因素限制了类胡萝卜素作为等渗饮料着色剂的使用^[37]。因此,研究人员通过包埋技术、微胶囊化等手段,克服了天然色素易分解、溶解性差等缺陷,显著提高了其在等渗饮料中的稳定性和应用效果。LOBO 等^[38]在等渗饮料中加入黄甜椒中的类胡萝卜素色素,并通过超声均质技术使用 β -环糊精包埋,以

增强天然色素的稳定性。TUPUNA-YEROVI 等^[39]将源自红木种子的类胡萝卜素, 降红木素微胶囊化后添加到等渗橘子软饮料中, 提高了等渗饮料中颜色的稳定性。ANTONIO-GÓMEZ 等^[40]则应用紫金牛属植物(*Ardisia compressa* K.)浆果中的花青素并结合喷雾干燥微胶囊技术, 制作了一款具有稳定天然色素的等渗饮料。

(2)果汁型等渗饮料。果汁型等渗饮料作为近年来饮品市场的一个新兴趋势, 巧妙地融合了果汁的香甜口感与等渗饮料的高效补水功能, 为消费者带来了既清爽又健康的饮品选择。这种结合不仅满足了消费者对美味的追求, 还兼顾了运动后或日常生活中快速补充水分和电解质的需求。果汁型等渗饮料的推出, 得益于市场对健康、功能性饮品日益增长的需求, 以及对传统果汁饮品补水效果有限性的认识^[41-42]。研发果汁风味的等渗饮料成为了研究及热点之一^[14,43]。在研发果汁型等渗饮料的过程中, 研究人员致力于解决一系列关键问题, 以确保产品的品质与消费者体验。例如, 通过精确的配方设计, 调整果汁中的糖分、电解质等成分比例, 使饮料的渗透压接近人体液, 从而实现快速且有效的补水效果。此外, 为了保持果汁的天然风味和色泽, 研究者们采用了先进的提取和浓缩技术, 如超临界萃取、膜分离等, 以最大限度地保留果汁中的风味成分和营养成分。值得注意的是, 果汁型等渗饮料的研发还注重创新和特色化。PORFÍRIO 等^[11]利用乙醇萃取技术, 从巴西特产的富含花青素的浆果——嘉宝果(*Myrciaria jaboticaba* Berg)的果肉与果皮中, 提取出色泽诱人且富含活性的成分, 成功研制出一款蕴含12%浆果精华的等渗饮料。这款创新饮品不仅极大地丰富了口感层次, 更因浆果的天然健康属性而显著提升了其营养价值和健康益处。

(3)啤酒型等渗饮料。啤酒中含有的大量碳水化合物, 可以防止运动员低血糖并加速肌糖原的恢复, 一些国家的运动员习惯在庆祝活动中饮用啤酒^[44]。随着健康生活方式的推广, 低酒精和无酒精饮料逐渐受到关注。啤酒型等渗饮料是对传统啤酒饮料的创新改造, 通过调整发酵工艺, 降低酒精含量, 同时保留啤酒中的碳水化合物和酚类化合物等有益成分。此外, 低酒精或无酒精啤酒也被发现具有补水潜力^[45]。DEFUSCO 等^[10]通过中断发酵开发了一种低酒精等渗啤酒, 具有与运动饮料相似的特性, 并且含有更丰富的酚类化合物和适宜的渗透压, 这种低酒精或无酒精的等渗啤酒不仅适合运动员在运动后补充能量和水分, 还适合追求健康生活方式的消费者。

(4)固体颗粒型等渗饮料。固体颗粒型等渗饮料是近年来等渗饮料市场的一个新兴趋势。与传统的液体形式不同, 速溶浓缩物型饮料以其重量轻、体积小、易于运输以及长保质期的特点吸引了广泛关注^[46]。然而, 这类产品的一个显著挑战在于其往往依赖于人工甜味剂以改善口感, 这在

健康意识日益增强的消费者群体中引发了担忧。针对这一问题, 研究人员开始探索将天然甜味剂融入固体颗粒型等渗饮料的可能性。其中, 蜂蜜作为一种天然的糖源, 因其丰富的营养成分和抗氧化特性而备受青睐。TOMCZYK 等^[12]利用喷雾干燥技术, 成功地将富含植物提取物的蜂蜜粉应用于等渗饮料的粉末浓缩物生产中。这一创新不仅保留了蜂蜜的天然风味和营养价值, 还使得固体颗粒型等渗饮料在重新溶解后, 依然能够展现出优异的口感和抗氧化性能。

2.2 功能性等渗饮料

(1)缓解肌肉损伤。高强度训练时, 人体肌肉分解代谢物增加, 同时盐离子、水和能量物质会大量流失, 这将导致体内电解质平衡失调和运动员疲劳^[47]。及时补充电解质与碳水化合物对于快速恢复人体机能十分重要。超滤牛奶或乳清所产生的渗透液中含有大量维生素和矿物质, 可用于生产具有高电解质含量的饮料, 为运动员及时补充盐份与水^[48]。在传统等渗饮料成分的基础上添加该渗透液, 可以促进运动员修复肌肉组织微环境。FERREIRA 等^[13]开发了一款含有乳清超滤提取物和树葡萄果皮酚类提取物的等渗饮料, 并发现该饮料可以减少剧烈运动时的肌肉损伤和氧化应激标志物, 有助于运动后的恢复。

(2)抗氧化及抑制血糖和血脂。在运动员参与急性和剧烈运动期间, 身体经历着剧烈的水分和电解质消耗, 同时伴随着活性氧和活性氮的大量生成, 这加剧了体内的氧化应激状态。此时, 合理的营养补充尤为关键。然而, 传统等渗饮料虽能迅速提供能量, 但其高糖分含量若未得到适当控制, 可能在过量摄入时导致血糖水平急剧上升, 长期而言还可能增加血脂异常的风险, 这与现代健康生活的理念相悖。为了平衡能量补充与健康需求, 引入富含天然抗氧化剂和生物活性物质的浆果成为了一种创新且有效的策略。浆果不仅富含天然色素, 提升饮料的口感和风味, 还含有多种生物活性物质, 包括强效的抗氧化剂。例如来自智利的马基莓(*Maqui, Aristotelia chilensis Stuntz*)浆果富含花青素, 对抗氧化、改善肥胖和糖尿病具有显著效果^[49-50]。南美亚马逊地区的阿萨伊果(*Açaí, Euterpe oleracea Mart.*)浆果已被研究证实可以改善脑细胞损伤并降低代谢疾病的风险^[51-52]。此外, 柠檬和黑刺李(*Blackthorn, Prunus spinosa L.*)也被广泛认为具有优异的抗氧化能力^[53-54]。值得注意的是, GIRONÉS-VILAPLANA 等^[14]开发了一种包含 Maqui、Açaí、Blackthorn 和柠檬等多种浆果提取物的等渗饮料, 这种饮料不仅通过其丰富的抗氧化成分有效对抗运动后的氧化应激, 还通过抑制 α -葡萄糖苷酶和脂肪酶的活性, 减缓了糖分吸收和脂肪形成的速度, 从而在一定程度上降低了因过量摄入糖分而引发的高血糖和高血脂风险。

(3)促进骨骼健康。随着健康生活理念的普及, 越来越

多的老年人选择参与运动。然而,老年人的骨骼和软骨破坏问题日益普遍,主要是由于胶原蛋白生物合成减缓,导致含有胶原蛋白的组织恶化^[55]。此外,消化系统的衰退使得老年人的消化与吸收能力相对较差。为解决这些问题,将促进骨骼健康的活性物质添加到等渗饮料中不仅能迅速补充老年运动者所需的水分和电解质,还能促进肠道对保护骨质健康物质的快速吸收。ZARUBIN 等^[15]利用太平洋鲑鱼加工废料制备了一款含有蛋白水解产物的等渗饮料,其中还添加了维生素 C 作为胶原生物合成的辅助因子,具有抗氧化作用。这种饮料不仅有助于迅速补充水分和必要营养素,还有助于维持老年人的骨骼和软骨健康。

3 等渗饮料适用的特定人群与潜在危害

鉴于新型等渗饮料与功能性等渗饮料在成分上的优化与功能的增强,它们对于不同生理需求与健康状况的人群展现出了独特的吸引力与适用性。因此,下文将着重分析等渗饮料如何针对性地服务于这些特定人群,并探讨在广泛应用中可能伴随的潜在危害,以期为消费者提供科学合理的选择与使用指导。

3.1 等渗饮料适用的特定人群

(1)健身人群与运动员。在运动中适当摄入等渗饮料可以改善远动人员的运动表现、延缓疲劳和提高体能^[56]。等渗饮料不仅可以增加运动员的耐力、协调性和注意力,同时还能降低脱水和电解质紊乱的风险。在运动结束后摄入等渗饮料可以迅速补充流失的水分、电解质和糖类,促进机体的修复和再生,加速肌肉恢复过程。空手道是一种运动剧烈的运动,同时其特定的服饰不通风且阻碍了汗液的蒸发,这增加了运动员脱水的风险。快速及时地补水对空手道运动员的体能恢复就相当重要^[57]。GERALDINI 等^[58]开展了一项观察 10 名空手道运动员在训练期间补充等渗补充剂对他们身体水合作用和肾功能影响的研究。他们发现饮用等渗饮料的运动员体重变化更小、尿量更高,并且减少了运动员尿中蛋白的含量以及改善了运动员的心脏负荷。MORENO 等^[6]发现受试者在高强度运动后饮用等渗饮料,可以促使受试者在恢复过程中心脏自主神经调节的显著变化,从而促进线性心率变异性指数的更快恢复。

(2)高温环境工作人员。在高温环境中进行体力消耗会导致水电解质紊乱以及热平衡和内部稳态的破坏,导致机体功能的丧失^[59]。此外,脱水期间体内温度升高可能伴有水电解质失衡、乳酸水平升高以及血容量变化^[60]。在体力活动期间,用等渗饮料补水可以防止脱水并延缓疲劳的发作。PALKA 等^[61]分别评估了等渗饮料、蒸馏水和不补水对年轻男性在高环境温度下长时间体育锻炼期间血液学指标、血浆容量和血乳酸水平的影响。结果发现在高温环境下,等渗饮料能更好地维持运动期间人体的水电解质稳态,

血液学指标变化最小。

(3)孕妇。在分娩早期补充等渗饮料还可以缓解孕妇的疼痛,有助于孕妇顺利地分娩。在英国的一项研究中,KUBLI 等^[62]将 60 名宫颈扩张小于 5 cm 的妇女随机分配为两组,分别接受等渗饮料或纯净水,并且在分娩早期和第一阶段结束时测定她们血浆中相关指标,结果发现等渗饮料在不增加孕妇胃容量的情况下减少产妇在分娩中酮体过多生成,有助于生产过程的顺利进行。在国内也有类似的报导,蒋小燕等^[63]开展的一项针对 200 名孕妇的研究显示,在无痛分娩中给予孕妇饮用等渗饮料可以有效减轻产妇恶心呕吐等胃肠道症状,且对产妇产程及新生儿 Apgar 评分、血糖无不良影响。

(4)其他人群。除了上述人群外,等渗饮料还被发现可应用于改善感染幽门螺旋杆菌,并且有益于长期待在空调房中的人群的水合作用。ITO 等^[64]在日本北海道展开的一项包含 210 名受访者的横断面研究中发现,摄入等渗饮料可以显著降低患幽门螺旋杆菌感染的风险。SIOW 等^[65]探究等渗饮料对空调环境下中国健康成年人水合状态的影响,发现在空调环境中活动,即使没有过多的水分流失,饮用等渗饮料在帮助人体保留液体和保持水合作用状态方面均优于饮用纯净水。

3.2 等渗饮料的潜在危害

(1)侵蚀牙釉质。牙齿侵蚀是由酸侵蚀引起的牙釉质不可逆转损失的化学过程,其特征在于牙齿硬组织的酸溶解^[66]。关于等渗饮料对牙釉质的影响,现有研究存在不同的观点。RUIZ 等^[67]通过系统性评价强调了幼儿和青少年频繁饮用等渗饮料可能导致的牙釉质侵蚀风险,而 OSTROWSKA 等^[16]的体外实验进一步证实了柠檬酸在等渗饮料中作为牙釉质腐蚀主要因素的作用。然而,ANTUNES 等^[68]在一项横断面研究中评估了巴西里约热内卢州的 108 名跑步者牙齿侵蚀的患病率和潜在的危险因素,发现牙齿侵蚀与使用等渗饮料无关,同时发现引起牙齿侵蚀的危险因素是每周运动频率和胃食管反流。这些差异可能源于研究设计、样本选择、地域特异性及个体差异等多重因素的交互作用。因此,未来研究需进一步探索这些因素对等渗饮料与牙齿健康之间关系的具体影响,以提供更全面的认识。

(2)引发肾结石。ABREU 等^[17]通过评估雄性 Wistar 大鼠在运动后摄入等渗饮料补水对肾功能的影响进行了研究。研究中,大鼠每周进行 5 d 的跑步训练,每天以 20 m/min 的速度跑步 1 h,并且每天两次灌胃 2 mL 市售的等渗饮料。在进行了 42 d 的实验后,研究发现等渗饮料并未改变血浆或尿液的生化成分,但却诱导了大鼠膀胱内基质的形成。这表明饮用等渗饮料可能会增加肾结石的风险。此外,研究指出,在存在血管紧张素转换酶时,Tamm-Horsfall 蛋白可能促进了蛋白质凝集,尽管具体的

机制仍需进一步研究。

(3)引起肥胖。肥胖是过量饮用等渗饮料的另一个风险。首要原因是等渗饮料中通常含糖量高^[1]。若消费者没有进行剧烈或长时间的体力运动,直接饮用过量的等渗饮料,导致人体内糖分摄入量过剩体内化为脂肪储存。此外,体内多余的脂肪会加速其在肝脏中的积累,并且导致胰岛素抵抗^[69]。

(4)诱使心脏衰竭。尽管 FUJITA 等^[18]在一项病理研究报告了一个极端案例,即一名 21 个月大的女婴因长期大量摄入等渗饮料(每天 0.5~1.5 L)而患上脚气病性心脏病,并最终导致代谢性酸中毒和心源性休。但需要指出的是,这一案例属于个别现象,不能直接推广为等渗饮料对婴幼儿的普遍危害。此外,值得注意的是,等渗饮料作为专为运动员设计的运动饮料,其成分和配比并不适合婴幼儿食用。因此,这一案例更多地提醒我们关注婴幼儿饮食的安全性和适宜性,而非等渗饮料本身对所有群体的潜在危害。

4 结束语

等渗饮料作为一种特殊的运动饮料,通过补充水分、电解质和能量,不仅有助于维持运动者的水合状态,还能显著提高运动表现并促进身体的迅速恢复。随着国家对大健康的关注不断增强、人们健康对生活方式的追求以及运动潮流日益兴盛,等渗饮料在全球范围内都展现出了巨大的市场潜力和发展前景。然而,这一发展背后也面临着多方面的挑战。为了更好地引领未来等渗饮料的发展方向,本文提出以下建议。首先,有必要深入研究等渗饮料成分对人体生理的详细作用及其作用机制。这包括了解不同电解质和能量来源如何影响运动表现和恢复速度,以制定更科学的配方。其次,探索不同种类和配方的等渗饮料在不同运动条件下的效果。这不仅可以帮助运动员在竞技中优化表现,还可以为普通消费者提供更好的运动后恢复选择。再者,需要重点研究等渗饮料在特定人群(如老年人、儿童及患有慢性疾病者)中的效果。这些人群可能对水分、电解质和能量的需求有所不同,因此针对性的产品开发和研究显得尤为重要。最后,探索等渗饮料与其他营养补充品或药物联合应用的效果。这种组合可能会产生协同作用,进一步提升运动表现和恢复效果。此外,消费者在选择和使用等渗饮料时,应当注意适量饮用,并结合个人的健康状况和需求进行合理选择。同时,研究人员也需持续深入研究等渗饮料的成分、作用机制及其潜在的健康影响与风险。这些努力将有助于提供更为全面和科学的指导,确保等渗饮料在市场上的安全和有效应用。

参考文献

[1] SUGAJSKI M, BUSZEWSKA-FORAJTA M, BUSZEWSKI B. Functional beverages in the 21st century [J]. *Beverages*, 2023, 9(1): 27.

- [2] 宋蕾, 任耀鹏, 毛佳奇, 等. 等渗电解质饮料研制[J]. *饮料工业*, 2024, 27(4): 54–59.
SONG L, REN YP, MAO JQ, *et al.* Development of isotonic electrolyte beverage [J]. *J Food Saf Qual*, 2024, 27(4): 54–59.
- [3] AGNIHOTRI A, BHATTACHARYA S. Body armor versus gatorade: A proxy cola war? [M]. SAGE Publications: SAGE Business Cases Originals, 2022.
- [4] 韩凯. 运动功能饮料的发展和展望[J]. *食品科技*, 2008(1): 57–61.
HAN K. Development and prospects of sports functional beverages [J]. *Food Sci Technol*, 2008(1): 57–61.
- [5] 国务院. 国务院关于印发全民健身计划(2021—2025 年)的通知 [EB/OL]. [2021-07-18]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2021/content_5631816.htm [2024-08-25].
The State Council. Notice of the State Council on Issuing the National Fitness Program (2021-2025) [EB/OL]. [2021-07-18]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2021/content_5631816.htm [2024-08-25].
- [6] MORENO IL, PASTRE CM, FERREIRA C, *et al.* Effects of an isotonic beverage on autonomic regulation during and after exercise [J]. *J Int Soc Sports Nut*, 2013, 10: 1–10.
- [7] PRESTA V, AMBROSINI L, CARUBBI C, *et al.* Different waters for different performances: Can we imagine sport-related natural mineral spring waters? [J]. *Water*, 2021, 13(2): 166.
- [8] 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(7): 3–6.
XU YJ, ZHANG HN, ZHANG YS, *et al.* Current status and trends in the development of sports drinks [J]. *Bev Ind*, 2006(7): 3–6.
- [9] CARMONA R, MURILLO MC, LAFARGA T, *et al.* Assessment of the potential of microalgae-derived phycoerythrin as a natural colorant in beverages [J]. *J Appl Phycol*, 2022, 34(6): 3025–3034.
- [10] DEFUSCO DO, MADALENO LL, DELBIANCHI VL, *et al.* Development of low-alcohol isotonic beer by interrupted fermentation [J]. *Int J Food Sci Technol*, 2019, 54(7): 2416–2424.
- [11] PORFÍRIO MCP, GONCALVES MS, BORGES MV, *et al.* Development of isotonic beverage with functional attributes based on extract of *Myrciaria jabuticaba* (Vell) Berg [J]. *Food Sci Technol*, 2019, 40: 614–620.
- [12] TOMCZYK M, ZAGUŁA G, DŽUGAN M. A simple method of enrichment of honey powder with phytochemicals and its potential application in isotonic drink industry [J]. *LWT*, 2020, 125: 109204.
- [13] FERREIRA PR, MARINS JCB, DE OLIVEIRA LL, *et al.* Beverage based on whey permeate with phenolic extract of jabuticaba peel: A pilot study on effects on muscle and oxidative stress in trained individuals [J]. *J Funct Foods*, 2020, 65: 103749.
- [14] GIRONÉS-VILAPLANA A, VILLAÑO D, MORENO DA, *et al.* New isotonic drinks with antioxidant and biological capacities from berries (maqui, açai and blackthorn) and lemon juice [J]. *Int J Food Sci Nutr*, 2013, 64(7): 897–906.
- [15] ZARUBIN NY, KHARENKO EN, BREDIKHINA OV, *et al.* An isotonic drink containing pacific cod (*Gadus macrocephalus*) processing waste collagen hydrolysate for bone and cartilage health [J]. *Mar Drugs*, 2024, 22(5): 202.
- [16] OSTROWSKA A, SZYMAŃSKI W, KOŁODZIEJCZYK Ł, *et al.* Evaluation of the erosive potential of selected isotonic drinks: *In vitro*

- studies [J]. *Adv Clin Exp Med*, 2016, 25(6): 1313–1319.
- [17] ABREU NP, BERGAMASCHI CT, DI MARCO GS, *et al.* Effect of an isotonic rehydration sports drink and exercise on urolithiasis in rats [J]. *Braz J Med Biol Res*, 2005, 38: 577–582.
- [18] FUJITA I, SATA T, GONDO K, *et al.* Cardiac beriberi (Shoshin beriberi) caused by excessive intake of isotonic drink [J]. *Pediatr Int*, 1992, 34(4): 466–468.
- [19] SCHOELLER DA. Changes in total body water with age [J]. *Am J Clin Nutr*, 1989, 50(5): 1176–1181.
- [20] MORENO IL, PASTRE CM, FERREIRA C, *et al.* Effects of an isotonic beverage on autonomic regulation during and after exercise [J]. *J Int Soc Sports Nutr*, 2013, 10(1): 2.
- [21] MARAPANA R, CHANDRASEKARA C, APOUNSO M. Nutrient fortified king coconut water as an isotonic thirst quenching beverage for sports men and women [J]. *Int J Chem Stud*, 2017, 10(1): 2.
- [22] TAPPY L, LÊ KA, TRAN C, *et al.* Fructose and metabolic diseases: New findings, new questions [J]. *Nutrition*, 2010, 26(11-12): 1044–1049.
- [23] BURKE LM, HAWLEY JA, WONG SH, *et al.* Carbohydrates for training and competition [J]. *Food Nutr Sports Perform III*, 2013, 1: 17–27.
- [24] COOMBES JS, HAMILTON KL. The effectiveness of commercially available sports drinks [J]. *Sports Med*, 2000, 29: 181–209.
- [25] STASIUK E, PRZYBYŁOWSKI P. Osmolality of isotonic drinks in the aspect of their authenticity [J]. *Pol J Nat Sci*, 2017, 32(1): 161–168.
- [26] HALDER S, DAW S. Importance of sports drinks as a performance prerequisites [J]. *Senhri J Multidiscip Stud*, 2020, 5: 2582–6840.
- [27] THOMAS DT, ERDMAN KA, BURKE LM. Nutrition and athletic performance [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2016, 48(3): 543–568.
- [28] URDAMPILLETA A, GÓMEZ-ZORITA S. From dehydration to hyperhydration isotonic and diuretic drinks and hyperhydratant aids in sport [J]. *Nutr Hosp*, 2014, 29(1): 21–25.
- [29] PIVNENKO T, ESIPENKO R, KOVALEV A. Functional isotonic drinks based on the tissue fluid of *Rhopilema jellyfish* [J]. *Proceed Univ Appl Chem Biotechnol*, 2018, 4(27): 141–149.
- [30] TAHMASSEBI JF, BANIHANI A. Impact of soft drinks to health and economy: A critical review [J]. *Eur Arch Paediatr Dent*, 2020, 21: 109–117.
- [31] CAROCHO M, BARREIRO MF, MORALES P, *et al.* Adding molecules to food, pros and cons: A review on synthetic and natural food additives [J]. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 2014, 13(4): 377–399.
- [32] GULTEKIN F, DOGUC DK. Allergic and immunologic reactions to food additives [J]. *Clin Rev Allergy Immunol*, 2013, 45: 6–29.
- [33] KANAREK RB. Artificial food dyes and attention deficit hyperactivity disorder [J]. *Nutr Rev*, 2011, 69(7): 385–391.
- [34] VILLARÓ S, CIARDI M, MORILLAS-ESPAÑA A, *et al.* Microalgae derived astaxanthin: Research and consumer trends and industrial use as food [J]. *Foods*, 2021, 10(10): 2303.
- [35] LIANG Z, LIANG H, GUO Y, *et al.* Cyanidin 3-O-galactoside: A natural compound with multiple health benefits [J]. *Int J Mol Sci*, 2021, 22(5): 2261.
- [36] GARCÍA AB, LONGO E, BERMEJO R. The application of a phycocyanin extract obtained from *Arthrospira platensis* as a blue natural colorant in beverages [J]. *J Appl Phycol*, 2021, 33(5): 3059–3070.
- [37] KOPSELL DA, LEFSRUD MG, KOPSELL DE, *et al.* Spinach cultigen variation for tissue carotenoid concentrations influences human serum carotenoid levels and macular pigment optical density following a 12-week dietary intervention [J]. *J Agric Food Chem*, 2006, 54(21): 7998–8005.
- [38] LOBO FAT, SILVA V, DOMINGUES J, *et al.* Inclusion complexes of yellow bell pepper pigments with β -cyclodextrin: Preparation, characterisation and application as food natural colorant [J]. *J Sci Food Agric*, 2018, 98(7): 2665–2671.
- [39] TUPUNA-YEROVI DS, PAESE K, FLÔRES SH, *et al.* Addition of norbixin microcapsules obtained by spray drying in an isotonic tangerine soft drink as a natural dye [J]. *J Food Sci Technol*, 2020, 57: 1021–1031.
- [40] ANTONIO-GÓMEZ MV, SALINAS-MORENO Y, HERNÁNDEZ-ROSAS F, *et al.* Color and stability of anthocyanins of chagalapoli (*Ardisia compressa* K.) fruit added to an isotonic beverage as microcapsules and as free extract [J]. *Foods*, 2023, 12(10): 2009.
- [41] 施伽, 范志平, 陆雅丽, 等. 刺梨果汁饮料的贮藏稳定性及其货架期预测[J]. *食品安全质量检测学报*, 2021, 12(20): 8076–8083.
- SHI J, FAN ZP, LU YL, *et al.* Storage stability and shelf-life prediction of *Rosa roxburghii* trutt. juice beverage [J]. *J Food Saf Qual*, 2021, 12(20): 8076–8083.
- [42] 王赞, 肖祥云, 刘云, 等. 无子刺梨红茶复合饮料配方研究及其香气成分分析[J]. *食品安全质量检测学报*, 2022, 13(11): 3660–3667.
- WANG Y, XIAO XY, LIU Y, *et al.* Study on the compound beverage formula of *Rosa sterilis* and black tea and analysis of its aroma components [J]. *J Food Saf Qual*, 2022, 13(11): 3660–3667.
- [43] GIRONÉS-VILAPLANA A, HUERTAS JP, MORENO DA, *et al.* Quality and microbial safety evaluation of new isotonic beverages upon thermal treatments [J]. *Food Chem*, 2016, 194: 455–462.
- [44] DIETZE PM, FITZGERALD JL, JENKINSON RA. Drinking by professional Australian football league (AFL) players: Prevalence and correlates of risk [J]. *Med J Aust*, 2008, 189(9): 479–483.
- [45] DESBROW B, MURRAY D, LEVERITT M. Beer as a sports drink? manipulating beer's ingredients to replace lost fluid [J]. *Int J Sport Nutr Exercise Metab*, 2013, 23(6): 593–600.
- [46] 张奕涛, 谢荣华, 谭德馨, 等. 速溶型马蹄脆脆粉配方优化及性能分析[J]. *食品研究与开发*, 2024, 45(11): 125–135.
- ZHANG YT, XIE RH, TAN DX, *et al.* Formula optimization and performance analysis of instant water chestnut crisp powder [J]. *Food Res Dev*, 2024, 45(11): 125–135.
- [47] POWERS SK, NELSON WB, HUDSON MB. Exercise-induced oxidative stress in humans: Cause and consequences [J]. *Free Radical Biol Med*, 2011, 51(5): 942–950.
- [48] YADAV JSS, YAN S, PILLI S, *et al.* Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides [J]. *Biotechnol Adv*, 2015, 33(6): 756–774.
- [49] SCHRECKINGER ME, WANG J, YOUSEF G, *et al.* Antioxidant capacity and *in vitro* inhibition of adipogenesis and inflammation by phenolic extracts of *Vaccinium floribundum* and *Aristotelia chilensis* [J]. *J Agric Food Chem*, 2010, 58(16): 8966–8976.
- [50] ROJO LE, RIBNICKY D, LOGENDRA S, *et al.* *In vitro* and *in vivo* anti-diabetic effects of anthocyanins from Maqui Berry (*Aristotelia chilensis*) [J]. *Food Chem*, 2012, 131(2): 387–396.

- [51] POULOSE SM, FISHER DR, LARSON J, *et al.* Anthocyanin-rich açai (*Euterpe oleracea* Mart.) fruit pulp fractions attenuate inflammatory stress signaling in mouse brain BV-2 microglial cells [J]. *J Agric Food Chem*, 2012, 60(4): 1084–1093.
- [52] UDANI JK, SINGH BB, SINGH VJ, *et al.* Effects of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) berry preparation on metabolic parameters in a healthy overweight population: A pilot study [J]. *Nutr J*, 2011, 10: 1–7.
- [53] GONZÁLEZ-MOLINA E, DOMÍNGUEZ-PERLES R, MORENO D, *et al.* Natural bioactive compounds of *Citrus limon* for food and health [J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2010, 51(2): 327–345.
- [54] GANHAO R, ESTÉVEZ M, KYLLI P, *et al.* Characterization of selected wild mediterranean fruits and comparative efficacy as inhibitors of oxidative reactions in emulsified raw pork burger patties [J]. *J Agric Food Chem*, 2010, 58(15): 8854–8861.
- [55] 王建华, 李靖年. 骨性关节炎关节软骨损伤与修复的研究进展[J]. 中国矫形外科杂志, 2006(12): 941–944.
WANG JH, LI JN. Research progress on injury and repair of articular cartilage in osteoarthritis [J]. *Orthop J China*, 2006(12): 941–944.
- [56] SAWKA MN, MONTAIN SJ, LATZKA WA. Hydration effects on thermoregulation and performance in the heat [J]. *Comp Biochem Physiol*, 2001, 128(4): 679–690.
- [57] ROSSI L, TIRAPEGUI J. Avaliação antropométrica de atletas de Karatê [J]. *Rev Bras Ciênc Mov*, 2007, 15(3): 39–46.
- [58] GERALDINI S, CRUZ IDF, ROMERO A, *et al.* Suplemento hidroeletrólítico favorece reidratação e diminui proteinúria pós-treino em atletas karate [J]. *Braz J Nephrol*, 2017, 39: 362–369.
- [59] IBRAIMOV A, AKHUNBAEV S, UZAKOV O. The missing link in the human thermoregulation systems [J]. *Biomed Res Clin Rev*, 2022, 6(4): 1.
- [60] WATT MJ, GARNHAM AP, FEBBRAIO MA, *et al.* Effect of acute plasma volume expansion on thermoregulation and exercise performance in the heat [J]. *Med Sci Sports Exercise*, 2000, 32(5): 958–62.
- [61] PAŁKA T, KOTEJA PM, TOTA L, *et al.* The influence of various hydration strategies (isotonic, water, and no hydration) on hematological indices, plasma volume, and lactate concentration in young men during prolonged cycling in elevated ambient temperatures [J]. *Biology*, 2023, 12(5): 687.
- [62] KUBLI M, SCRUTTON MJ, SEED PT, *et al.* An evaluation of isotonic “sport drinks” during labor [J]. *Anesth Analg*, 2002, 94(2): 404–408.
- [63] 蒋小燕, 杨秀. 等渗功能饮料对无痛分娩母婴结局的影响[J]. 临床医学工程, 2021, 28(10): 1421–1422.
JIANG XY, YANG X. Impact of isotonic functional drinks on maternal and infant outcomes of painless delivery [J]. *Clin Med Eng*, 2021, 28(10): 1421–1422.
- [64] ITO Y, SUZUKI K, ICHINO N, *et al.* The risk of helicobacter pylori infection and atrophic gastritis from food and drink intake: A cross-sectional study in Hokkaido, Japan [J]. *Asian Pac J Cancer Prev*, 2000, 1(2): 147–156.
- [65] SIOW PC, TAN WSK, HENRY CJ. Impact of isotonic beverage on the hydration status of healthy Chinese adults in air-conditioned environment [J]. *Nutrients*, 2017, 9(3): 242.
- [66] SERRA MC, MESSIAS DCF, TURSSI CP. Control of erosive tooth wear: Possibilities and rationale [J]. *Braz Oral Res*, 2009, 23: 49–55.
- [67] RUIZ DC, MARQUÉS ML, GARCÍA ME. Dental erosion and diet in young children and adolescents: A systematic review [J]. *Appl Sci*, 2023, 13(6): 3519.
- [68] ANTUNES LS, VEIGA L, NERY VS, *et al.* Sports drink consumption and dental erosion among amateur runners [J]. *J Oral Sci*, 2017, 59(4): 639–643.
- [69] 关彤彤, 刘远新. 运动干预治疗糖尿病肝脏损伤的研究进展[C]. 第二届陕西省体育科学大会论文集, 2024.
GUANG TT, LIU YX. Research progress of exercise intervention in the treatment of diabetic liver injury [C]. *Proceedings of the Second Shaanxi Sports Science Conference*, 2024.

(责任编辑: 蔡世佳 于梦娇)

作者简介



云春艳, 硕士, 中级工程师, 主要研究方向为食品研发。

E-mail: yunchunyan@masterkong.com.cn