

天然酵素运动饮料的抗疲劳性研究进展

龚希丹*

(河南理工大学体育学院, 焦作 454003)

摘 要: 酵素是以果蔬、食用菌、中草药为原料, 经微生物发酵而成的一种功能性物质, 富含多种营养物质, 受到国内外研究人员的极大关注。随着社会经济的发展以及人们生活水平的提高, 在保健养生等方面人们也有了新的需求, 天然酵素作为一类新型生物活性物质逐渐被应用于食品、保健品、医学等领域, 近些年在运动领域也显示出巨大的潜力, 其在运动食品中的应用价值正在被不断发掘, 具有极强的抗疲劳作用。天然酵素所含的一些生物活性成分赋予了它优越的抗疲劳特性, 因而天然酵素应用于运动饮料的开发会对现有运动饮料品质提升具有重要意义。本文主要介绍了天然酵素在国内外发展现状和功效酶、多酚、皂甙、有机酸等抗疲劳成分对机体的作用, 并对其研究方向和应用前景进行了展望, 为酵素饮料的抗疲劳研究提供一定的理论依据。

关键词: 酵素; 运动饮料; 抗疲劳性成分

Study on anti fatigue of natural enzyme sports drink

GONG Xi-Dan*

(School of Physical Education, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, China)

ABSTRACT: Enzyme is a kind of functional substance which is fermented from fruits and vegetables, edible fungi and Chinese herbal medicine. It is rich in a variety of nutrients and has attracted great attention of researchers at home and abroad. With the development of social economy and the improvement of people's living standards, people also have new demands in health care and other aspects. As a new type of bioactive substances, natural enzymes are gradually used in food, health care products, medicine and other fields. In recent years, they also show great potential in the field of sports, and their application value in sports food is constantly explored, which has great potential. The anti fatigue effect of the drug was studied. Some bioactive components contained in natural enzyme give it superior anti fatigue properties, so the application of natural enzyme in the development of sports drinks will be of great significance to improve the quality of existing sports drinks. This paper mainly introduced the development status of natural enzymes at home and abroad, and the effects of anti fatigue components such as efficacy enzymes, polyphenols, saponins, and organic acids on the body, and prospected its research direction and application prospect, so as to provide a certain theoretical basis for the anti fatigue research of enzyme drinks.

KEY WORDS: enzyme; sports drink; anti fatigue components

基金项目: 河南理工大学关于 2021 年度校级人文社会科学研究基金项目(SKND2021-22)

Fund: Supported by the 2021 University-level Humanities and Social Science Research Fund Project of Henan Polytechnic University (SKND2021-22)

*通信作者: 龚希丹, 硕士, 主要研究方向为体育教育训练学、运动营养。E-mail: sktdhisaa@163.com

*Corresponding author: GONG Xi-Dan, Master, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, China. E-mail: sktdhisaa@163.com

0 引言

酵素是一种在日本和我国台湾地区非常流行的植物功能食品,又被称为酶,是由活细胞产生的存在于所有生物细胞内具有生物催化功能的高分子物质^[1]。本文中的天然酵素饮料是指以果蔬、食用菌、中草药等天然物质为原料,利用微生物进行发酵的饮料产品。通常,在酵素饮料中,在酶的作用下,微生物产生了丰富的多酚类、皂苷、有机酸等营养物质,并保留了底物本身的营养成分以及益生菌。酵素饮料中的酶以及其他营养物质几乎可以参与所有的身体活动,帮助人体维持正常的机体免疫,在一定程度上消除机体产生的有害物质活性氧,从而促进机体新陈代谢、能量摄取以及生长繁殖^[2-6]。

相较于正常群体而言,一些特殊群体,包括重体力劳动者、运动员、疾病患者等,因各种原因导致代谢加速,对于某些酶以及营养物质的消耗量增大,因而需求量也会增大,因此需要进行补充外源性酶以及营养物质。本文主要针对运动人群,论述了天然酵素的抗疲劳性及其应用于运动饮料的必要性,以期对酵素运动功能性饮料的开发提供理论基础。

1 酵素的发展现状

酵素最早是在日本被开发利用,生产历史悠久,生产技术发展较为迅速且已领先于世界水平,但其雏形是中国 4000 多年前就盛行的酿酒技术,通过改良进而演化成酵素生产技术^[6-7]。酵素在日本非常受欢迎,已经达到普及的程度,几乎家家户户都可以自制酵素用来改善人体健康。同时酵素在日本的市场需求量也很大,据不完全统计,在日本,酵素食品有近百个品牌,年消费额高达 1000 亿日元,市场反应特别好^[8]。其生产的酵素通常可以分为两大类,一类直接用于生产制造,一类是作为原材料进行深加工。近些年来,酵素产品风靡全球,世界各国逐渐开始推广应用,2013 年全球酵素市场消费总额达 27.4 亿美元^[9],主要以欧美国家为主,其中食用酵素的市場銷售和發展空間最大,年增長率在 7% 以上,市場增長幅度極大^[8]。如美國的康能酵素和諾麗酵素飲品市場占有率在不斷增加^[10]。在日本、美國、歐洲等國家及我國台灣地區,酵素產品已經形成了相當成熟的產業,每天都有近千萬人在服用酵素,很多人把酵素當作一種具有改善腸胃、預防心血管疾病、提高免疫力、抗氧化、預防癌症、抗疲勞等功效的功能性產品^[11]。

雖然我國發酵技術歷史悠久,但酵素發酵技術直到 1994 年才傳入我國,開始並沒有受到重視,很少被應用到食品領域,市場缺口較大^[12-13]。我國第一個酵素保健食品批文是在 1997 年批准的。伴隨着酵素在全球範圍內蓬勃發

展,國內市場也逐漸被打開,但酵素真正進入國內市場是在 2000 年以後,而最初對於酵素的探索研究僅限於飼料,後期才逐步擴展到美容護膚、醫學、食品、保健品等領域^[14]。劉家友等^[15]報道國內市場酵素產品缺乏多樣性,質量水平好壞參半,新型酵素產品在工藝和質量管理方面亟待提高。有報道認為酵素具有清除活性氧、減少糖尿病、消除炎症、防癌抗癌等多種功效,因而廣受社會各界人士的關注^[16]。由於我國酵素產業起步較晚,因而在進行自主研發的同時,也應該借鑒國外酵素的研究成果來激發靈感,進而更加深入的探索研究,提高我國酵素產業的發展速度。

2 抗疲勞成分

酵素的抗疲勞活性主要依賴於其所含的抗疲勞成分,包括功效酶、多酚類、皂苷、有機酸等活性成分。

2.1 功效酶

研究證明,酶雖然是機體產生的,但是也可以通過攝食含酶的食物而從外界得到補充,而口服的酶同樣有助於免疫系統、新陳代謝系統等方面的完善。因此酵素中大量的酶在抗疲勞方面可能有着應用潛力^[17]。

酵素中的功效酶主要包括澱粉酶、蛋白酶、脂肪酶、超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)等,来源于原料本身所含的酶和微生物代谢产生的酶^[17]。SOD 是生物体内存在的一种抗氧化金属酶,能够催化超氧阴离子自由基发生歧化反应,能够有效清除超氧阴离子自由基,减少氧化应激对细胞产生的损伤,对维持机体氧化和抗氧化之间的动态平衡起着关键作用,具有抗氧化、抗辐射、抗癌、抗疲勞等功效^[18]。郭紅蓮等^[19]通過實驗證明,枸杞酵素發酵前後超氧自由基的清除率由 39.57% 增加到 89.95%。SOD 中含有金屬輔基,而這種特殊的結構也賦予了它良好的自由基清除能力,從而減輕或避免氧化損傷,延緩疲勞的產生。袁勤生等^[20]實驗證明在胃酸和蛋白酶中 SOD 的殘存活力超過 80%,小鼠口服 10~100 μg SOD 後,12 h 內血紅細胞中 SOD 的活性呈峰形增加,因此口服 SOD 在體內可能仍然具有抗氧化的活性,從而達到抗疲勞的效果。

澱粉酶可以作用於可溶性澱粉、直鏈澱粉、糖元等 α -1,4-葡聚糖、水解 α -1,4-糖苷鍵生成葡萄糖、寡糖或糊精等產物,是一種重要的澱粉水解酶^[21]。根據酶水解產物的異構類型可以分為 α -澱粉酶和 β -澱粉酶。 α -澱粉酶廣泛分布於動植物、微生物中,微生物發酵是獲取 α -澱粉酶最常見的一種方式,因而在酵素發酵過程中也極易產生 α -澱粉酶,而微生物分泌的 α -澱粉酶十分多樣,包括耐酸性強的 LpMA α -澱粉酶、耐高溫的 BLA α -澱粉酶、耐受極端環境的 α -澱粉酶^[22]。這種澱粉酶可以將食物中的澱粉分解成小分子,促進機體對碳水化合物消化吸收。 β -澱粉酶存在

于植物与微生物中, 微生物来源的 β -淀粉酶热稳定性远高于植物性来源的 β -淀粉酶, 能够在机体内环境中保持更高的活性, 从而更好的消化吸收淀粉类能源物质, 有效提高淀粉类物质的利用率^[23-24]。因而淀粉酶能促进淀粉类物质为机体所利用, 延长供能时间, 从而延缓疲劳。同时, NOZAKI 等^[25]的研究证明在诱发疲劳的身体运动之后人体血浆中淀粉酶含量降低, 因此口服淀粉酶可能可以对于减缓疲劳产生一定作用。

蛋白酶是一类能够将蛋白质水解成肽链或氨基酸的酶类总称。酵素中所含的蛋白酶主要是微生物蛋白酶, 有少部分植物蛋白酶。相对于植物和动物来源的蛋白酶, 微生物蛋白酶更具优势, 除了微生物分泌蛋白酶的速度快之外, 微生物种类的多样性也决定了蛋白酶的多样性。微生物会根据培养环境的不同而产生不同的蛋白酶, 因而可以根据需求进行酵素发酵。各类蛋白质被蛋白酶水解后, 会产生诸如小分子肽、血红素等有益人体健康的物质^[25]。许多小肽具有十分重要的生理功效, 可以作为神经递质发挥生理作用, 能够改善免疫系统, 刺激和促进巨噬细胞的吞噬能力, 抑制肿瘤的生长, 促进细胞生成、生长和修复, 刺激细胞发挥正常功能, 维持肠道菌群平衡^[26-27]。李清等^[28]通过实验表明, 小肽能够促进利于免疫系统的发育, 提高免疫器官指数, 且在一定范围内与小肽用量呈正相关。所以蛋白酶可以提高人体免疫力, 减缓疲劳。

酵素的代谢产物中有脂肪酶^[29]。脂肪酶可以分解油脂, 是脂肪代谢最基本的酶, 被广泛应用于食品、保健品及医学领域。郭爽^[30]发现酵素可以有效抑制大鼠体重的增长和脂肪的积累。戴凌燕等^[31]发现糙米酵素能够有效预防食源性脂肪肝。因而酵素中的脂肪酶具有保持运动员体形并预防脂肪肝疾病的功能, 能够避免由体重超标而引起运动过程的超负荷, 减缓疲劳。

酵素中含有丰富的功能性酶, 而且 SOD、蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶等都是可以在胃部酸性环境和小肠碱性环境中保持活性的酶, 不会受到胃中胃酸和蛋白酶的破坏, 因此酵素饮料中的功效酶在抗疲劳作用方面具有很好的应用价值。但是目前酵素中单一酶的口服摄入的抗疲劳作用的动物研究和临床研究较少, 还需要进行进一步研究, 从而为改善发酵技术, 优化酵素抗疲劳效果提供理论基础。

2.2 多 酚

多酚是酵素中所含有的一种活性成分, 天然植物通过发酵后, 其多酚含量会升高。周英彪等^[32]研究证实荔枝酵素中的总酚含量是原料荔枝中的 1.54 倍, 且荔枝酵素中新增了 23 种新的酚类化合物。可以说明通过良好的发酵可以提高天然食品中多酚的含量, 使其功能性得到进一步提升。研究发现疲劳感的降低可能与酚类物质的摄入量具有正相关关系^[33]。王光军^[34]通过大鼠运动耐力实验证明, 茶多酚可以有效延长大鼠运动耐力时间, 茶多酚剂量的增加

会提高血乳酸脱氢酶的活力, 降低大鼠体内血乳酸、尿素的含量, 起到抗疲劳的作用。张卓睿等^[35]通过小鼠负重游泳力竭实验证明花青素可以延长小鼠游泳时间, 增强小鼠体内抗氧化物质的活力, 降低血液内代谢废物血尿素氮、血乳酸的含量, 从而有效地缓解疲劳。马向前等^[36]通过小鼠游泳力竭实验表明, 桑叶总黄酮能够延长小鼠游泳时间, 能够降低血液中血清肌酐和尿素氮的含量, 并抑制丙二醛的生成, 能有效清除机体内的自由基, 从而延缓疲劳的产生。多酚类化合物的多羟基结构赋予了它良好的抗氧化特性, 使它在抗疲劳方面有着广阔的应用空间。相对于天然食物原料, 酵素中高含量多种类的多酚物质可能会使其在抗疲劳方面产生一定的作用。

2.3 皂 苷

皂苷是一类苷元为三萜或螺旋甾烷类的糖苷, 皂苷由糖和皂苷元组成, 组成皂苷的糖包括葡萄糖、鼠李糖、半乳糖、木糖、阿拉伯糖、半乳糖醛酸和葡萄糖醛酸。很多中草药的功效成分都包含皂苷, 包括人参、桔梗、甘草、知母、红景天等, 因而以这些中草药为原料经微生物发酵而成的酵素中也包含皂苷成分^[37]。人参皂苷的抗疲劳特性已经被广泛证实, 具有抗中枢疲劳、调节糖代谢、减少乳酸堆积、清除自由基的功效。刘娜等^[38]通过小鼠负重游泳实验证明, 人参皂苷能够减少小鼠体内血乳酸和血清尿素氮的水平, 增加肝脏中肝糖原的储备, 提高乳酸脱氢酶活性, 延长游泳时间, 具有良好的抗疲劳作用。陈林军等^[39]通过给军校学员口服复方红景天苷胶囊并进行运动训练, 发现复方红景天苷胶囊可以降低血乳酸和丙二醛的含量, 提高超氧化物歧化酶的活力, 有效消除疲劳, 提高机体运动能力。皂苷类物质对中枢神经系统有着重要的影响, 因此在酵素产品中的应用也应进行剂量上严格控制。

2.4 有机酸

酵素发酵过程中, 由于微生物的生长代谢作用, 会产生一定量的有机酸。有机酸在赋予酵素特有的风味的同时, 还能够维持肠道黏膜的完整性, 保证肠道的正常功能, 某些有机酸还有清除机体自由基的能力^[40-41]。蒋增良等^[42]通过实验证明葡萄酵素有机酸在体外具有良好的自由基清除能力。韦仕静^[43]通过研究表明, 桑葚酵素发酵过程中, 乳酸和乙酸的含量随发酵的进行不断升高, 有机酸种类也较发酵前明显增加。包括柠檬酸、苹果酸、琥珀酸、异戊酸等, 其中某些有机酸还具有抗疲劳、保护心脏、促进代谢、改善记忆力、解毒等功效, 能够有效提高运动能力。有机酸的清除自由基特性使机体免受应急氧化损伤, 运动时延缓疲劳产生。

3 结论与展望

在酵素饮料中通常含有丰富的功效酶、多酚类、皂苷、有机酸等营养活性物质, 其中超氧化物歧化酶、淀粉

酶、蛋白酶、脂肪酶可以在胃中保留大部分的活性,可能可以在体内通过减轻氧化损伤、延长淀粉类物质供能时间、生成活性多肽、避免体重超标等方法减缓疲劳;多酚类物质通过减少氧化损伤减轻机体疲劳;皂苷的抗中枢疲劳、调节糖代谢、减少乳酸堆积、清除自由基的作用可能可以有效减缓疲劳。有机酸可能可以利用其清除自由基的能力使机体疲劳感减轻。

但是目前针对酵素还有一些问题需要得到解决。酵素中所含的重要功效成分酶摄入人体后,在消化道内被消化成氨基酸才会被人体吸收利用,因此酵素中的功效酶在被消化道吸收后是否还能发挥酶的正常功效值得深入研究^[43]。一些研究认为多数蛋白质是以短肽的形式被人体吸收利用,甚至超过氨基酸的吸收速度^[44-45]。另外有少数蛋白质被以蛋白质或多肽的形式被完整吸收,以这 3 种形式被吸收的蛋白质可以在机体内发挥其生物功效^[46-47]。而且,并非所有的蛋白质都是被机体吸收后才能发挥作用,如食欲控制肽、蛋白质结合肽等,能够在胃肠道中正常发挥作用^[48-49]。因而,科学工作者在对微生物酵素进行研究时,可以花一部分精力到酵素中蛋白质的吸收方式及功效上,同时对蛋白质在胃肠道中的作用机制进行一定的探索。

由于目前酵素更多地应用于保健产品,而非药物,酵素产品的功效型一般用动物试验、模型试验等体外试验来证明,而不用经过临床试验。同时酵素成分的多样性和人体消化环境的复杂性,都增加了酵素产品在人体内时是否能还原体外试验的疑问。针对这一情况,在以后的微生物酵素功效研究中,除了体外试验之外,应该增加一定的临床试验,如此更能反映酵素对人体的真实功效。

酵素在国内属于新兴行业,关于酵素的研究较少,酵素产品基础研究薄弱,缺少理论支撑,对酵素产品的功效成分及作用机制研究不充分^[50]。同时,酵素行业的技术门槛较高。国内高水平的酵素生产企业少,多数酵素生产企业存在生产规模小、生产技术不规范的问题,酵素产品的质量标准和管理制度都不够完善,行业整体技术水平参差不齐。目前为了稳定并促进这一产业的发展,需要监管部门加大监管力度,完善质量标准和管理制度。由于酵素成分的多样性而无法对所有成分进行检测,因而可以着重于功效成分的检测,原料成分进行一定比例的抽检即可。同时,应鼓励更多的科研工作者投身于酵素的研究,为酵素产品的开发提供充足的理论依据,促进酵素行业的发展。

参考文献

- [1] 毛建卫, 吴元锋, 方晟. 微生物酵素研究进展[J]. 发酵科技通讯, 2010, 39(3): 42-44.
MAO JW, WU YF, FANG S. Research progress of microbial enzymes [J]. Ferment Technol Commun, 2010, 39(3): 42-44.
- [2] 牛广财, 朱丹, 李志江, 等. 我国糙米酵素的研究进展[J]. 中国酿造, 2019, (1): 12-14.
- NIU GC, ZHU D, LI ZJ, *et al.* Research progress of brown rice enzymes in China [J]. China Brew, 2019, (1): 12-14.
- [3] 梅子龙, 陈润杰, 王旺, 等. 不同发酵工艺对资丘木瓜酵素品质的影响[J]. 农产品加工, 2019, (12): DOI: 10.16693/j.cnki.1671-9646(X). 2019.06.046
MEI ZL, CHEN RJ, WANG W, *et al.* Effects of different fermentation processes on enzyme quality of Ziqiu papaya [J]. Acad Period Farm Prod Process, 2019, (12): DOI: 10.16693/j.cnki.1671-9646(X).2019.06.046
- [4] 杨成玮, 袁斌, 杨权, 等. 食用酵素的功能活性及应用研究进展[J]. 现代食品, 2019, (9): 70-76.
YANG CW, YUAN B, YANG Q, *et al.* Research progress on functional activity and application of edible enzymes [J]. Mod Food, 2019, (9): 70-76.
- [5] CHO DH, LIM ST. Germinated brown rice and its bio-functional compounds [J]. Food Chem, 2018, 196(1): 259-271.
- [6] 白浩, 文佳嘉, 费爽雯, 等. 酵素的功能与综合应用研究进展[J]. 食品工业, 2017, 38(6): 270-272.
BAI H, WEN JJ, FEI SW, *et al.* Research progress on the function and comprehensive application of enzymes [J]. Food Ind, 2017, 38(6): 270-272.
- [7] 刘欣. 探析古代酿酒技术[J]. 黑龙江史志, 2018, (5): 303-309.
LIU X. Analysis of ancient wine making technology [J]. Histori Record Heilongjiang, 2018, (5): 303-309.
- [8] 韦仕静, 刘涛, 葛亚中, 等. 西兰花酵素在发酵过程中生化指标变化及其抗氧化活性研究[J]. 现代食品科技, 2018, 33(8): 123-129.
WEI SJ, LIU T, GE YZ, *et al.* Changes of biochemical indexes and antioxidant activity of broccoli enzyme during fermentation [J]. Mod Food Sci Technol, 2018, 33(8): 123-129.
- [9] 潘宜如, 毛昶昊. 浙江果蔬酵素新兴产业现状分析及对策[J]. 北方经贸, 2018, (11): 103-105.
PAN XR, MAO MH. Analysis on the current situation and countermeasures of fruit and vegetable enzyme emerging industry in Zhejiang province [J]. Beifang Econom Trad J, 2018, (11): 103-105.
- [10] 敖梅英, 王鑫, 葛亚中, 等. 食用型酵素产品的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(30): 64-66, 145.
AO MY, WANG X, GE YZ, *et al.* Research progress of edible enzyme products [J]. Anhui Agric Sci, 2016, 44(30): 64-66.
- [11] VAN HVJE, VEIGA P, ZHANG C, *et al.* Impact of microbial transformation of food on health - from fermented foods to fermentation in the gastro-intestinal tract [J]. Current Opin Biotechnol, 2019, 22(2): 211-219.
- [12] 陈倩, 刘善江, 李亚星, 等. 我国酵素菌技术概况及应用现状[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(23): 11612-11615.
CHEN Q, LIU SJ, LI YX, *et al.* General situation and application of enzyme technology in China [J]. Anhui Agric Sci, 2012, 40(23): 11612-11615.
- [13] OGUNREMI OR, SANNI AI, AGRAWAL R. Probiotic potentials of yeasts isolated from some cereal-based Nigerian traditional fermented food products [J]. J App Microbiol, 2015, 119(3): 797-808.
- [14] 陈丹. 浅论食用酵素[J]. 食品研究与开发, 2019, 37(12): 210-214.
CHEN D. On edible enzymes [J]. Food Res Dev, 2019, 37(12): 210-214.
- [15] 刘加友, 王振斌. 微生物酵素食品研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(1): 273-276.

- LIU JY, WANG ZB. Research progress of microbial enzyme food [J]. Food Dev Ferment Ind, 2016, 42(1): 273–276.
- [16] 范婧. 浅谈酵素食品[J]. 新商务周刊, 2018, (21): 281.
FAN J. On enzyme food [J]. New Bus Weekly, 2018, (21): 281.
- [17] 刘松青, 杨婉身, 张祖民. 马铃薯羟丙基淀粉的制备及理化特性研究[J]. 食品科技, 2018, (2): 132–136.
LIU SQ, YANG WS, ZHANG ZM. Preparation and physicochemical properties of potato hydroxypropyl starch [J]. Food Sci Technol, 2018, (2): 132–136.
- [18] 李平, 葛雪松, 姜义军, 等. 马铃薯氧化淀粉的制备及其成膜性研究[J]. 粮食与油脂, 2016, 29(8): 42–46.
LI P, GE XS, JIANG YJ, *et al.* Preparation and film forming properties of oxidized potato starch [J]. J Food Oils, 2016, 29(8): 42–46.
- [19] 郭红莲, 邢紫娟, 余巧银, 等. 天然枸杞酵素发酵的代谢产物分析[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(5): 48–55.
GUO HL, XING ZJ, YU QY, *et al.* Analysis of metabolites of natural wolfberry enzyme fermentation [J]. Food Res Dev, 2018, 39(5): 48–55.
- [20] 袁勤生, 崔玉敏. 口服 SOD 的稳定性及吸收途径研究[J]. 药物生物技术, 1994, 1(1): 24–29.
YUAN QS, CUI YM. Study on the stability and absorption pathway of oral SOD [J]. Pharm Biotechnol, 1994, 1(1): 24–29.
- [21] 康明丽. 淀粉酶及其作用方式[J]. 食品工程, 2018, (3): 120–129.
KANG ML. Amylase and its action mode [J]. Food Eng, 2018, (3): 120–129.
- [22] 罗春雷, 韦宇拓. 淀粉酶的分类及应用研究进展[J]. 广西科学, 2018, (3): 5–12
LUO CL, WEI YT. Research progress on classification and application of amylase [J]. Guangxi Sci, 2018, (3): 5–12.
- [23] 郑昆, 杨红. 淀粉酶及其作用方式[J]. 化工设计通讯, 2019, 43(12): 256–256.
ZHENG K, YANG H. Amylase and its action mode [J]. Chem Eng Design Comm, 2019, 43(12): 256–256.
- [24] 张剑, 林庭龙, 秦瑛, 等. β -淀粉酶研究进展[J]. 中国酿造, 2009, (4): 5–8.
ZHANG J, LIN TL, QIN Y, *et al.* Research progress of β -amylase [J]. Chin Brew, 2019, (4): 5–8.
- [25] NOZAKI S, TANAKA M, MIZUNO K, *et al.* Mental and physical fatigue-related biochemical alterations [J]. Nutrition, 2019, 25(1): 51–57.
- [26] 李博, 秦研, 王鹏, 等. 鹿茸多肽对小鼠肠道菌群的影响[J]. 当代畜牧, 2018, (12): 15–20.
LI B, QIN Y, WANG P, *et al.* Effect of pilose antler polypeptide on intestinal flora of mice [J]. Contemp Anim Husb, 2018, (12): 15–20.
- [27] 王建科, 吴磊, 焦良奎, 等. 小肽在动物营养中的应用研究进展[J]. 河南畜牧兽医, 2017, (3): 20–27.
WANG JK, WU L, JIAO LK, *et al.* Research progress on application of small peptide in animal nutrition [J]. Henan Anim Husb Vet, 2017, (3): 20–27.
- [28] 李清, 毛华明, 肖调义. 小肽对鲤鱼免疫力的影响[J]. 饲料研究, 2005, (5): 3–5.
LI Q, MAO HM, XIAO TY. Effect of small peptide on immunity of carp [J]. Feed Res, 2005, (5): 3–5.
- [29] 田雷. 一种含有益生菌的复合植物酵素及其应用, 中国: CN103876155B[P]. 2016-05-11.
- TIAN L. A compound plant enzyme containing probiotics and its application, China: CN103876155B [P]. 2016-05-11.
- [30] 郭爽. 敖东酵素保健功能研究[D]. 长春: 吉林大学, 2015.
GUO S. Research on health function of Aodong enzyme [D]. Changchun: Jilin University, 2015.
- [31] 戴凌燕, 关琛, 翟爱华, 等. 糙米酵素提取物对高血脂大鼠脏器及消化酶影响的研究[J]. 农产品加工(创新版), 2010, 2(4): 21–24.
DAI LY, GUAN C, ZHAI AH, *et al.* Effects of brown rice enzyme extract on viscera and digestive enzymes in hyperlipidemic rats [J]. Agric Prod Proc (Innov Ed), 2010, 2(4): 21–24.
- [32] 周英彪, 邹晓桐, 刘骏, 等. 荔枝酵素的发酵工艺优化及其酚类化合物的转化分析[J]. 生物技术, 2021, 31(2): 176–182, 197.
ZHOU YB, ZOU XT, LIU J, *et al.* Fermentation process optimization of litchi enzyme and transformation analysis of phenolic compounds [J]. Biotechnology, 2021, 31(2): 176–182, 197.
- [33] 尚琪, 苏小育. 浅谈酵素抗氧化活性成分——多酚[J]. 企业科技与发展, 2018, (9): 72–74.
SHANG Q, SU XY. Discussion on antioxidant activity of enzyme polyphenols [J]. Enterp Technol Dev, 2018 (9): 72–74.
- [34] 王光军. 茶多酚对运动抗疲劳作用的分析研究[J]. 福建茶叶, 2018, 38(3): 39–39.
WANG GJ. Analysis and Research on anti fatigue effect of tea polyphenols on sports [J]. Fujian Tea, 2018, 38(3): 39–39.
- [35] 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, (12): 214–218.
ZHANG ZR, MAO DR, GAO H, *et al.* Anti fatigue and anti oxidative effects of blueberry anthocyanins on mice [J]. Food Sci, 2017, (12): 214–218.
- [36] 马向前, 胡颖. 桑叶总黄酮运动抗疲劳作用及相关机制研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, (12): 226–229.
MA QQ, HU Y. Study on anti fatigue effect and related mechanism of total flavonoids from mulberry leaves [J]. Chin J Exper Prescri, 2013, (12): 226–229.
- [37] 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]// 中国畜牧兽医学学会兽医药理毒理学分会第十五次学术讨论会, 2020.
DAI XH, HAN JC, WUMJ YHP, *et al.* Research progress on Antifatigue components and mechanisms [C]// The 15th Symposium of Veterinary Pharmacology and Toxicology Branch of Chinese Society of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2020.
- [38] 刘娜, 刘鲲, 刘蕊川, 等. 人参皂苷对小鼠抗疲劳作用研究[J]. 光明中医, 2015, (1): 44–46.
LIU N, LIU K, LIU PC, *et al.* Anti fatigue effect of Ginsenoside on mice [J]. Guangming Tradit Chin Med, 2015, (1): 44–46.
- [39] 陈林军, 蔡东联, 王莹, 等. 复方红景天苷胶囊抗疲劳效果的研究[J]. 职业与健康, 2011, (3): 20–21.
CHEN LJ, CAI DL, WANG Y, *et al.* Study on anti fatigue effect of compound salidroside capsule [J]. Occup Health, 2011, (3): 20–21.
- [40] 沙如意, 王珍珍, 毛旸晨, 等. 火龙果酵素在发酵过程中总酸和有机酸功能成分变化规律研究[C]// 中国食品科学技术学会第十四届年会暨第九届中美食品业高层论坛, 2020.
SHA RY, WANG ZZ, MAO MC, *et al.* Study on the variation of total acid and organic acid functional components of Pitaya enzyme during

- fermentation process [C]// The 14th annual meeting of Chinese society of food science and technology and the 9th high level forum of Chinese food industry, 2020.
- [41] 夏霄璇, 方芳, 王博, 等. 一种抗氧化能力增强的红茶菌饮料及其制备方法, 中国: CN107410796A[P]. 2017-12-01.
- XIA XX, FANG F, WANG B, *et al.* A Kombucha beverage with enhanced antioxidant capacity and its preparation method, China: CN107410796A [P]. 2017-12-01.
- [42] 蒋增良, 刘晓庆, 王珍珍, 等. 葡萄酵素有机酸分析及其体外抗氧化性能[J]. 中国食品学报, 2017, (12): 125–130.
- JIANG ZL, LIU XQ, WANG ZZ, *et al.* Analysis of organic acids in grape enzymes and their antioxidant activity *in vitro* [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2017, (12): 125–130.
- [43] 韦仕静. 桑葚酵素发酵工艺及花青素生物转化的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2018.
- WEI SJ. Study on fermentation technology of mulberry enzyme and biotransformation of anthocyanins [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2018.
- [44] 钟石. 胶原蛋白吹破美丽神话[J]. 质量探索, 2013, 10(7): 7–9.
- ZHONG S. Collagen breaks the myth of beauty [J]. Qual Expl, 2013, 10(7): 7–9.
- [45] 潘兴昌. 食源性短肽的临床优势[C]// 中国营养学会第 12 届全国临床营养学术会议, 2020.
- Pan XC. Clinical advantages of food derived peptides [C]// the 12th National Conference on clinical nutrition of Chinese Nutrition Society, 2020.
- [46] 李昊剑, 杨良嵘, 魏雪团, 等. 功能性短肽的分类及其酶解制备方法[J]. 食品工业科技, 2012, 33(17): 373–377.
- LI HJ, YANG LR, WEI XT, *et al.* Classification and enzymatic preparation of functional peptides [J]. Food Ind Sci Technol, 2012, 33(17): 373–377.
- [47] 李盈, 姜月芬. 蛋白多肽类药物制剂的研究进展[J]. 现代生物医学进展, 2012, 12(19): 3762–3765.
- LI Y, LOU YF. Research progress of protein peptide drug preparations [J]. Prog Mod Biomed, 2012, 12(19): 3762–3765.
- [48] 许利霞, 陈凌霄, 赵雅, 等. 食物不耐受检测在儿科疾病的临床应用研究[J]. 饮食保健, 2017, 4(28): 25–26.
- XU LX, CHEN LX, ZHAO Y, *et al.* Clinical application of food intolerance test in pediatric diseases [J]. Diet Health Care, 2017, 4(28): 25–26.
- [49] 庞广昌, 陈庆森, 胡志和, 等. 蛋白质的消化吸收及其功能评述[J]. 食品科学, 2013, 34(9): 375–391.
- PANG GC, CHEN QS, HU ZH, *et al.* Review on digestion and absorption of protein and its function [J]. Food Sci, 2013, 34(9): 375–391.
- [50] 李占东, 王丁, 李皓. 酵素主要功能及其行业展望[J]. 食品工业, 2019, 40(1): 301–303.
- LI ZD, WANG D, LI H. Main functions of enzyme and its industry prospect [J]. Food Ind, 2019, 40(1): 301–303.

(责任编辑: 于梦娇 韩晓红)

作者简介

龚希丹, 硕士, 主要研究方向为体育教育训练学、运动营养。
E-mail: sktdhisaa@163.com