

食物中乳清蛋白对高强度运动能力的促进作用分析

马 彬*

(南京航空航天大学, 南京 210016)

摘 要: 目的 通过研究在食物中补充乳清蛋白对体育运动员运动能力的促进作用来提高运动员比赛成绩。**方法** 以 A 市师范大学大学生篮球运动员训练实验为例, 对对照组和实验组 2 组运动员进行实验对比。**结果** 发现补充乳清蛋白饮料对实验组运动员身体素质、运动能力和比赛成绩均产生积极影响, 说明运动员在食物中补充乳清蛋白对其身体的恢复有积极的影响, 可以改善骨骼肌的有氧代谢, 增加运动员的无脂体重, 身体素质指标测试结果和比赛成绩较之未补充之前明显提高。**结论** 食物中乳清蛋白对高强度运动能力起着促进作用。

关键词: 乳清蛋白; 运动能力; 食物; 运动员

Analysis of the promoting effect of whey protein in food on high strength exercise ability

MA Bin *

(Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

ABSTRACT: Objective To improve athletes' performance by studying the supplementation of whey protein in food for their athletic ability. **Methods** The training experiment of college basketball players in A city normal university was taken as an example. The experimental comparison between the two groups of athletes in the control group and the experimental group was found. **Results** It had a positive impact on the physical fitness, athletic ability and performance of the athletes in the experimental group. Athletes supplemented with whey protein in their food had a positive effect on their recovery. It improved aerobic metabolism of skeletal muscle, increased athletes' fat-free body weight. The results of physical quality indicators and competition scores were significantly improved compared with those before supplement. **Conclusion** Whey protein in food plays an important role in promoting high-intensity exercise.

KEY WORDS: whey protein; sports ability; food; athletes

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助(NR2018034)

Fund: Supported by the Central University's Basic Research Business Expenses (NR2018034)

*通讯作者: 马彬, 硕士, 讲师, 主要研究方向为体质与健康等方面研究。E-mail: mabin@nuaa.edu.cn

*Corresponding author: MA Bin, Master, Lecturer, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China. E-mail: mabin@nuaa.edu.cn

1 引 言

乳清蛋白是一种具有较高营养价值的蛋白质,对于人体健康具有重要的作用,它不仅具有较高的生物利用价值,而且还具有高营养价值,对加速人体运动能力的恢复发挥非常重要作用^[1]。乳清蛋白是由生产奶酪过程中获得乳清,并以特殊的方式精制而成。乳清蛋白中含有非常丰富的人类必需氨基酸,并含有较高的生物活性物质。在食品产业发展过程中,乳清蛋白的各种重要营养元素已广泛运用到了营养食品中。对于人体而言,具有较好的补充优质蛋白的作用。体育运动员由于需要频繁高强度体育运动,要求他们具有较好的氧耐力与无氧冲刺能力。一次激烈运动的训练或者比赛,运动员的体重将会下降好几斤,所以他们对营养要求比较全面。从理论上而言,如果在运动前后补充乳清蛋白,就可以为运动员供应其长时间运动所需要能量,使得抗氧化性与自由基得到消除而提升运动员体内的免疫能力与减慢其中枢神经的疲劳,最终提高运动员的运动能力。为了弄清楚乳清蛋白的营养成分,很多学者从这方面着手研究^[1-3]。比如马玉琴等^[1]依照国家标准方法对乳清蛋白粉营养成分进行检测,并对检测数据进行汇总,分析不同批次间乳清蛋白粉营养素指标的波动范围及相对标准偏差。结果不同批次间乳清蛋白粉营养素波动不大。美国乳品出口协会与乳清蛋白协会联合多所大学、加利福尼亚乳品研究基金会共同研究发表的《乳清产品营养特性》^[2]中指出应用乳清产品制作功能性,食品和药品完全具有可行性,从而能减少传染性和慢性疾病的发生。韩婷等^[3]指出乳清蛋白因其具有高生物利用价值,高吸收率,脂肪、乳糖和糖类含量极低,同时含有丰富的支链氨基酸和生物活性多肽等生理特点,所以具备了有益于人体的多种保健功能,应用前景十分广泛。此外还有一部分学者将乳清蛋白与运动营养联系在一起研究^[4,5],比如关露等^[4]认为乳清蛋白对运动能力的影响主要表现为提供长时间运动时骨骼肌的能量供应,促进蛋白质合成和肌肉增长,清除自由基和抗氧化性,提高机体免疫能力和延缓中枢疲劳。乳清蛋白是一种理想的运动营养食品,在运动营养中将发挥越来越重要的作用。孙嘉诚等^[5]认为在运动营养品中应用乳清蛋白可以提高机体抗氧化能力,增加肌肉对能量物质的储备,有效促进肌肉代谢,因此在实际中得到广泛推广应用。但对于体育运动员在食物中补充乳清蛋白,能否提高运动员的运动能力,目前学界还很少有人在这方面进行研究^[6,7]。本研究以某师范大学的篮球比赛运动员为例,采取在食物中加入乳清蛋白粉,把食用了乳清蛋白与未食用乳清蛋

白的运动员分成实验组与对照组 2 组进行对比研究,分析乳清蛋白的补充对人体运动能力的影响,以期为提升运动员的发挥能力提供一定的科学参考。

2 材料与方 法

2.1 材料与仪器

乳清蛋白:规格:400 g/瓶,颜色:淡黄色,品牌:康比特,购买于京东商城;

白砂糖(规格 400 g/袋,北京大兴永辉超市);低聚糖(北京体育新科技公司);

肌酸激酶偶联试剂盒(绍兴美迪康生物技术有限公司);SYmsex K-4500 血细胞分析仪(日本共立仪器公司)。

2.2 研究对象

选择 10 位 A 市师范大学业余男篮运动员为研究对象,进行集中训练 3~4 年,随机分成实验组与对照组各 5 人,即 $n=5$ 。对照组平均年龄 22.5 周岁,平均身高为 1.76 米,实验前平均体重为 63.75 kg;实验组平均年龄 23.15 周岁,平均身高为 1.75 米,实验前的平均体重为 64.45 kg。对照组与实验组在年龄、身高、体重上没有比较明显差距。

2.3 乳清蛋白补充与有关训练情况

为了备战 2018 度 A 市秋季第 15 届大学生运动会,对照组与实验组中每位运动员每天均完成一样的训练计划,每周训练 3 次,每次训练 2 h,在训练期间,实验组在正式训练前后 1 h 内共补充低聚糖与乳清蛋白共同搭配的 800 mL 的饮料(低聚糖 100 g,乳清蛋白 25 g)。而且在训练当天睡觉前补充乳清蛋白 25 g,对照组只补充相等量的矿泉水。2 组均不再补充其它营养。服用时间 2 组一样均为 8 周。而还要求所有参加训练的学生都需要在学校餐厅就餐,伙食标准按照 25 元/天,再没有另外其它营养补充。

2.4 实验方法

2.4.1 检测指标与具体方法

(1) 检测最大消耗氧量。实验组与对照组运动员实验前后分别在 800-Ergometer 自行车上进行最大消耗氧量测试。运动员 5 min 自由活动后,开始进行测试。自行车递增运动负荷程序设置为:刚开始负荷为 100 W,每 3 min 增加 50 W,一直到力竭的时间,才能运动中心率与最大耗氧量数值。此外,在运动结束 3 min 之后,再抽取运动员身上血样 3 mL,进行冷藏待测。

(2) 血常规。使用日本制造的 SYmsex K-4500 血细胞分析仪对红细胞(red blood cell, RBC)、血红蛋白(hemoglobin, HB)、红细胞压积(hematocrit, HCT)、平均红细胞体积(mean corpuscular volume, MCV)进行检测。

(3) 血乳酸(blood lactic acid, BLA)浓度。运用升级版的 Barker Summerso 氏法。

(4) 血尿素氮(blood urea nitrogen, BUN)与肌酸激酶(creatine kinase, CK)。血尿素氮含量运用微量比色法,肌酸激酶使用肌酸激酶偶联试剂盒法检测确定,严格依照试剂盒有关使用说明书进行相关操作。

(5) 身体素质检测。在实验前后分别对每位运动员身体素质指标各检测一遍,详见表 1。

2.4.2 数据处理方法

全部数据以平均数±标准差($\bar{X} \pm SD$)进行表示,运用组资料 t 检测进行组间差异分析,明显性水平取 0.05。

3 结果与分析

3.1 对运动员血化指标的影响

表 2 通过本实验发现,经过 8 周训练,对照组训练前后比较,发现 HB 水平下降了 4.908%($P < 0.05$),而实验组在实验前的 HB 没有比较明显的变化,RBC 与 MVC 2 组实验前后均没有什么变化($P > 0.05$),HCT 对照与实验 2 组分别提升了 9.28%($P < 0.05$)与 6.8%($P < 0.05$)。这就反应了运动员补充糖与乳清蛋白就可以预防 HB 水平出现下降,维持红细胞功能,也就保证运动体能。

3.2 对运动员有氧能力的影响

如表 3 所示,此实验表明,对照组和实验组运动员在递增负荷运动试验中,2 组运动员的心血管功能均有明显改善。训练后的心率在恢复的第 1 min 没有明显差别。在第 3 与第 5 min 实验组和对照组($P < 0.05$)之间差异明显。实验组运动员心脏率在运动负荷不断发生递增后很快就到恢复了。这就体现了运动员在补充糖与乳清蛋白后之对身体运动之后的机体恢复有积极推动的作用。

3.3 对运动员身体素质和比赛成绩的影响

如表 4 所示,通过本试验可知,柔韧性 x8(体前屈)的检测结果显示没有较明显变化之外,其他体能素质 x1(立定跳远)、x2(1 min 俯卧撑)、x3(1 min 仰卧起坐)、x4(站立式 3 米跑)的横向试验结果没有显著变化。X5(5×10 米折返跑)、X6(12 min 跑)、X7(灵敏度检测)、X9(变换跑)检测结果或多或少均有一定提升。对照组除 X5 和 X6 试验结果变化有统计意义之外,其他身体素质指标测试结果变化均无统计学意义。而实验组运动员在实验前后各项身体素质所测试的结果,除了 X7、X8、X9 没有统计学意义之外,其他测试结果均有比较明显的差别($P < 0.05$)。

实验之后实验组身体素质各指标检测结果与对照组进行对比,X1 提升了 2.069%,X3 提升了 2.188%,X4

提升了 0.069%,X7 提升了 0.379%,X9 提升了 0.2201%。由此可知以上实验组身体素质指标检测结果 P 均小于 0.05。而 X2 提升了 9.529%,X5 提升了 5.198%,X6 提升了 3.631%,X8 提升了 5.871%,由此可知以上实验组身体素质指标 P 均大于 0.05。结果表明,补充糖与乳清蛋白能够促进运动员的身体素质提高。与以往的参赛成绩相比,2018 年秋季 A 市 15 届大学生运动会中,A 市师范大学篮球比赛获得第 4 名的好成绩,较之 2017 年的获得第 8 名的成绩提高了 4 个名次,由此可见补充乳清蛋白可以提高运动员成绩。

3.4 乳清蛋白的补充对人体运动能力和健康的影响

(1) 乳清蛋白对高强度运动能力的促进作用

乳清蛋白作为蛋白质的一种,作为人体机能组织修复和成长的原料,对于身体消除运动后的疲劳,蛋白质补充起着重要作用。目前,随着技术的不断发展,现代生产技术从牛奶中提取的蛋白质开始进入人们的视野,这种人造乳清蛋白的高纯度和氨基酸组成是最合理的^[3],逐渐被所认识。这种乳清蛋白的主要成分是 α -乳球蛋白、 β -乳蛋白、免疫球蛋白、牛白蛋白等,同时发现乳清蛋白还含有一些生物活性微量元素,主要是乳铁蛋白和乳代理酶、酪蛋白大肽、赖氨酸。因此,乳清蛋白(牛奶蛋白)是最适合运动员补充蛋白质的运动营养产品^[8]。

(2) 增强运动个体的抵抗能力

乳清蛋白富含半胱氨酸和谷氨酸,具有提高人体抵抗力和抗氧化作用。由于乳清蛋白含有大量的谷氨酰胺前体物质,如谷氨酸,它可以提供相应的糖原原料,人体内保持足够量的谷氨酰胺,达到保护免疫细胞的目的^[9]。除此以外,乳清蛋白能够有效增加血清蛋白的供给,有助于防止运动员由于过度或不合适的运动所引起的细胞抵抗能力的功能失衡,从而减轻过度或急性运动后的相关应激反应,使运动员在运动或准备期保持良好的身体抵抗力。

3.5 补服乳清蛋白对最大吸氧量的作用从而影响运动能力提升

(1) 补服乳清蛋白时间对吸氧量效果

一个人体内吸氧量大小是评价其运动能力强弱最重要指标之一,而补服乳清蛋白对人体吸氧量的大小有非常重要的影响。

运动人群除了选择合适的营养补充品,补充这些营养的时间也应该被重视,蛋白质补充的时间可以包括以下几个方面:运动前补充;训练前短期补充,运动前期补充、运动中与运动后补充。在运动前半小时小补服乳清蛋白,这种方式服用的效果主要参考药品服用时间,不过对运动人群而言,这种服用效果也只是来自临床医学,在运动实践

表 1 身体素质测试一览表
Table 1 Physical fitness test list

项目	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
素质测试	立定跳远	1 min 俯卧撑	1 min 仰卧起坐	站立式 3 米跑	5×10 米折返跑	12 min 一般耐力	灵敏度检测	体前屈	变换跑协调
素质指标	下肢爆发	上肢力量	腰腹力量耐力	短距离移动速度	速度耐力	一般耐力	灵敏度	柔韧性	协调性

表 2 对照组与实验组运动员训练前后血液成分变化比较明细表($\bar{X} \pm S, n=8$)
Table 2 Comparison of blood composition changes before and after training between the control group and the experimental group ($\bar{X} \pm S, n=8$)

	对照组		实验组	
	实验前	实验后	实验前	实验后
HB	138.49±3.859	131.69±2.20★	138.69±5.80	141.19±4.83☆
RBC	4.90±0.459	4.619±0.459	4.851±0.289	5.089±0.631
MVC	73.379±6.869	79.20±7.629	75.299±1.098	74.849±3.889
Hct	35.779±0.951	39.09±3.209	36.468±2.191	38.950±1.709

注: ★实验前、后比较: $P < 0.05$; ☆实验前、后比较: $P > 0.05$ 。

表3 本研究2组运动员实验前、后有氧能力指标比较一览表($\bar{X} \pm S, n=8$)Table 3 Comparison of aerobic capacity indicators before and after the experiment in the two groups of athletes ($\bar{X} \pm S, n=8$)

	安静心率 (b/min)	递增负荷运动心率/(b/min)			恢复期心率/(b/min)			
		50 W	100 W	150 W	1 min	3 min	5 min	
对照组	实验前	65.3±5.9	86.1±7.4	108.3±9.7	141.4±11.9	94.6±12.6	82.3±14.0	78.1±10.5
	实验后	65.1±6.4	87.3±7.3	109.9±8.4	139.3±12.2	108.9±13.3	101.4±12.3	88.0±12.15
实验组	实验前	64.5±6.1	85.0±6.8	105.9±8.2	139.8±10.3	92.0±13.7	80.1±13.5	77.0±9.6
	实验后	64.1±7.7	88.7±7.7	111.1±6.5	138.3±11.6	105.9±10.3*	85.1±13.0*	80.0±10.1*

注: ★实验前、后比较: $P < 0.05$; ☆实验前、后比较: $P > 0.05$ 。

表4 本研究受试者实验前、后身体素质指标变化比较一览表($\bar{X} \pm S, n=8$)Table 4 Comparison of changes in physical fitness indicators before and after the experiment in the study subjects ($\bar{X} \pm S, n=8$)

	对照组		实验组	
	实验前	实验后	实验前	实验后
X1/m	2.41±0.97	2.54±0.10☆	2.48±0.18	2.61±0.17★△
X2/次	33.13±5.08	35.38±4.80☆	34.38±4.41	38.75±4.86★▲
X3/次	37.80±3.11	40.25±3.21☆	36.70±3.16	41.13±2.95★△
X4/次	4.26±0.15	4.25±0.15☆	4.25±0.17	4.22±0.17★△
X5/s	21.84±0.70	21.71±0.74★	21.73±0.85	20.58±0.86★▲
X6/m	2818.75±	2844.38±251.79★	2856.25±272.02	2947.53±8.53★▲
X7/s	15.85±0.34	15.72±0.37☆	15.90±0.50	15.78±0.50☆△
X8/cm	15.11±6.50	16.01±3.21☆	16.23±6.73	16.95±1.71☆▲
X9/s	9.35±0.68	9.11±0.68☆	9.43±0.62	9.09±0.60☆△

注: 与自身比较, ★为实验前、后比较: $P < 0.05$; ☆实验前、后比较: $P > 0.05$,
与对照组比较, ▲为实验前、后比较 $P < 0.05$; △实验前、后比较: $P > 0.05$ 。

中还没有得到证。根据有关实验^[10]从最大吸氧量视角进行研究, 补服不同的乳清蛋白之后最大吸氧量有着不同变化, 但是不能从单纯补服时间进行判断, 也并不能完全证明在运动前半小时补服乳清蛋白就将一定会对最大吸氧量有明显的效果, 毕竟对最大吸氧量产生因素的是多方面的, 究

竟是哪个因素起决定作用, 当前还是未能做出一个正确的判定, 而且倘若补服时间是其中一个因素的话, 那么究竟在哪个时间段服用效果更佳, 还需要相关研究人员进行不断地对研究才能得出最后结论。

(2) 补服乳清蛋白对人体最大吸氧量所产生的影响

糖(碳水化合物)、蛋白质与脂肪是人体必需营养成分。这 3 种人体所必需营养成分的基本要素可直接氧化成细胞内的二氧化碳和水,在此基础上合成 ATP,构成有氧氧化系统。据有关实验^[11]表明,9 min 递增负荷测试最大吸氧量的运动是通过有氧氧化系统所提供能量。由表 5 能够看出在运动期间,同一被测试者补剂组在补服乳清蛋白之后的最大吸氧量水平均有着较明显的变化。但是补剂中同时含有蛋白质、脂肪与糖,尽管两者含量不是很多,但他们究竟发挥了的作用有多大,到目前为止,还没有得到确切的验证,由此我们可以推断乳清蛋白的补充可以提升有氧氧化系统的供应能量的能力,这证明了乳清蛋白在氧化系统中能一定程度上提高人体的有氧运动能力。

(3) 增强肌肉的强度,提高运动能力

通常而言,肌肉力量与肌肉的截面积有呈正比例关系,所以一定要促进肌肉体积增加来达到提升肌肉力量的目的。肌肉组织重点是由水与蛋白质构成,故可以通过调节蛋白代谢来提升蛋白质含量以此来促进肌肉体积增大,也就是通过促进蛋白合成或者抑制蛋白分解与下降来使得肌肉体积与力量增加^[12]。运动锻炼的目的就是使得肌肉体积与力量得到增加,这就可以提升生长激素与各种不同生因子分泌与形成,为了更好达到运动锻炼目的,应该保持血液中多种合成肌肉蛋氨基酸的水平。

乳清蛋白由于它具有一定适合人体内需要营养的特点,比如很容易被人体消化与吸收,就能够较快地使得人体血液的氨基酸与谷氨酰胺水平迅速提升,被运动营养学界公认是肌肉比较理想的来源^[13]。同时,氨基配与谷氨酰胺还可以促进肌肉蛋白合成,乳清蛋白含有较高氨基配与谷氨酰胺。其中亮氨酸与他的氧化代谢物能够抑制蛋白水解酶活性,从而进一步降低肌肉蛋白的分解。此外乳清蛋中还含有非常丰富的赖氨酸与精氨酸,这 2 种氨基酸能够刺激合成代谢激素与肌肉生长因子分的形成,将会刺激肌肉生长与脂肪的降低,从而促进运动能力提高^[14,15]。

(4) 预防损伤与疲劳乳清蛋白的营养价值及特点

改变蛋白质的生理活性对于锻炼过程中身体的生理

功能能够发挥重要作用。在血液和肌肉中的肌红蛋白的血红蛋白水平的提高,这样就可以实现剧烈运动,更好地利用有氧代谢途径,减少疲劳。初步实验表明,在训练时进行必需的蛋白质补充,不仅可以预防运动性贫血,而且还能防损伤与疲劳。比如牛奶蛋白质的主要功能是提高免疫力、抗氧化、增加肌肉内注射的次数避免伤害和疲劳等^[16]。

4 结论与讨论

对于运动性贫血研究,有研究^[7]结果表明,引起贫血的最重要原因是由于运动过程中自由基的快速增加造成对红细胞膜的破坏而产生的。乳清蛋白很多的活性成份均有抵抗氧化作用,比如乳酸铁蛋白、含硫氨基酸等,还有就是乳清蛋白中乳铁蛋具有非常强的活性,乳铁蛋白与铁能够很紧密地结合在一起,使它不能被细菌所分解。此外,乳铁蛋白还有一种功能,就是能够催化过氧化物自由基形成游离铁与其它二价金属离子,对于金属离子催化氧化过程能起到一定抑制作用,所以,乳铁蛋白是饮食中一种有效的铁传递形式^[17]。添加牛奶蛋白无疑能促进身体的新陈代谢。关于由于运动而出现贫血患者饮食补充乳清蛋白是否有有效,尚需更深一步分析。

为了更好防止出现中枢疲劳的症状,以及使得骨骼功能得到正常发挥,实验前后 2 组运动员(即对照组与实验组)的 HCT 都有了较大程度上的增加,这主要是由运动自身而导致形成的。可是在实验过程中对照组高于实验组,那表明为了防止血容量降低,就需要增加相应的乳清蛋白与糖的饮料才能起到明显效果^[18]。

实验结果表明,尽管 2 组的运动员心血功能有了较大提升,但是实验组的运动员的心率恢复较快,说明运动后补充糖和乳清蛋白对身体的恢复有积极的影响。在此实验过程中,还发现通过 8 周训练之后,在负荷不断递增的运动检测过程中,实验组在运动之后的血乳酸水平明显得到下降,其 P 值明显小于 0.05,说明补充糖与乳清蛋白能够提升骨骼肌有氧代谢能力,还能够使得运动员增加去脂体重速度得到加快。而且,通过运动员身体素质各项指标检测结果与比赛结果,均可以表明运动员科学、适当补充糖与乳清蛋白对其身体素质、运动能力、比赛成绩均有一定程度提高。

表 5 被测试最大吸氧量的变化($\bar{X} \pm S, n=12$)

Table 5 Changes in the maximum oxygen uptake tested ($\bar{X} \pm S, n=12$)

补剂	安慰剂	7 g 乳蛋白	14 g 乳蛋白
$\bar{X} \pm S$	3.069±0.298	3.340±0.241	3.599±0.230

5 小结

对运动员进行补充低聚糖+乳清蛋白能够使得红细胞功能正常发挥得到有效的保障,防止HB水平出现下滑,此外,还可以使它们的体能得到提升,从而减少疲劳的发生,以及对维持肌肉微结构具有积极作用。

参考文献

- [1] 马玉琴,崔广智,苏德亮,等. 乳清蛋白粉营养成分分析研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 7(25): 4687-4691.
- Ma YQ, Cui GZ, Su DL, *et al.* Analysis and research on nutritional components of whey protein powder [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 7(25): 4687-4691.
- [2] 美国乳品出口协会. 乳清产品的营养特性[J]. 中国食品工业, 2009, 4(15): 43-45.
- American Dairy Export Association. Nutritional characteristics of whey products [J]. *China Food Ind*, 2009, 4(15): 43-45.
- [3] 韩婷,蔡东联. 乳清蛋白的营养特点和作用[J]. 肠外与肠内营养, 2005, 8(20): 243-246.
- Han T, Cai DL. Nutritional characteristics and functions of whey protein [J]. *Parenter Enter Nutr*, 2005, 8(20): 243-246.
- [4] 关露,李跃敏. 乳清蛋白与运动营养[J]. 四川体育科学, 2003, 12(30): 17-19.
- Guan L, Li YM. Whey protein and sports nutrition [J]. *Sichuan Sport Sci*, 2003, 12(30): 17-19.
- [5] 孙嘉诚,唐小凡. 分析乳清蛋白在运动营养中作用[J]. 大家健康(学术版), 2014, 8(20): 324-324.
- Sun JC, Tang XF. Analysis of the role of whey protein in sports nutrition [J]. *Publ Health (Acad Ed)*, 2014, 8(20): 324-324.
- [6] 李莹,林晓明. 乳清蛋白营养特点与功能作用[J]. 中国食物与营养, 2008, 6(28): 62-64.
- Li Y, Lin XM. Nutrition characteristics and functional role of whey protein [J]. *Chin Food Nutr*, 2008, 6(28): 62-64.
- [7] 庞广昌,陈庆森,胡志和,等. 食品营养与免疫代谢关系研究进展[J]. 食品科学, 2018, 1(55): 1-15.
- Pang GC, Chen QS, Hu ZH, *et al.* Research progress on the relationship between food nutrition and immune metabolism [J]. *Food Sci*, 2018, 1(55): 1-15.
- [8] Saunders MJ, Kanem D, Todd K. Effects of a carbohydrate-protein beverage on cycling endurance and muscle damage [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2004, 36(7): 1233-1238.
- [9] 吴尚,梁肖娜,吴尚仪,等. 降血脂牛乳中功能性成分与乳蛋白的相互作用对降脂效果的影响[J]. 乳业科学与技术, 2018, 9(20): 6-11.
- Wu S, Liang XN, Wu SY, *et al.* The effect of the interaction between functional components and milk protein in blood lipid milk on lipid-lowering effect [J]. *Dairy Sci Technol*, 2018, 9(20): 6-11.
- [10] 孙敏,李诚,刘爱平,等. 乳清蛋白抗氧化肽的制备及体外抗氧化活性研究[J]. 中国油脂, 2019, 8(44): 22-27.
- Sun M, Li C, Liu AP, *et al.* Preparation and antioxidant activity of whey protein antioxidant peptides [J]. *Chin Oils Fats*, 2019, 8(44): 22-27.
- [11] 郭慧青,金越,王婧宜,等. 乳清蛋白在航天食品中的应用探究[J]. 食品安全导刊, 2019, 5(48): 186-188.
- Guo HQ, Jin Y, Wang JY, *et al.* Application of whey protein in aerospace foods [J]. *Chin Food Saf Magaz*, 2019, 5(48): 186-188.
- [12] 张雪飞. 热诱导聚合乳清蛋白功能特性及其机理研究[D]. 长春: 吉林大学, 2019.
- Zhang XF. Functional characteristics and mechanism of heat-induced polymerization of whey protein [D]. Changchun: Jilin University, 2019.
- [13] 卓长清,周兵. 蛋白食品对运动员生理功能的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 19(9): 5259-5263.
- Zhuo CQ, Zhou B. Effects of protein food on athletes' physiological function [J]. *J Food Saf Qual*, 2018, 19(9): 5259-5263.
- [14] 美中健康产品协会. 添加HMB的乳清更有助于肌肉损伤恢复[J]. 食品安全导刊, 2017, 12(68): 49.
- US-China Health Products Association. Adding HMB whey is more conducive to muscle damage recovery [J]. *Chin Food Saf Magaz*, 2017, 12(68): 49.
- [15] 王佳琦. 乳清蛋白—菊粉干/湿糖基化复合物理化及抗氧化特性研究[D]. 长春: 吉林大学, 2018.
- Wang JQ. Study on the physicochemical and antioxidant properties of whey protein inulin dry / wet glycosylation complex [D]. Changchun: Jilin University, 2018.
- [16] 王文军. 运动营养食品的现状和未来发展探讨[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 6(9): 1411-1414.
- Wang WJ. Discussion on the status quo and future development of sports nutrition foods [J]. *J Food Saf Qual*, 2018, 6(9): 1411-1414.
- [17] 周玲美. 乳清蛋白、运动以及联合干预的降压效应研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2017.
- Zhou LM. Study on antihypertensive effect of whey protein, exercise and

joint intervention [D]. Suzhou: Suzhou University, 2017.

[18] 王军, 肖军秀, 吴达雄, 等. 运动蛋白饮料配方研究[J]. 饮料工业, 2019, 2(78): 44-48.

Wang J, Xiao JX, Wu DX, et al. Research on formula of sports protein beverage [J]. Beverage Ind, 2019, 2(78): 44-48.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介



马 彬, 硕士, 讲师, 主要研究方向为体质与健康等方面研究。

E-mail: mabin@nuaa.edu.cn



“功能食品研究” 专题征稿函

食用农产品中农药、兽药残留问题是国内外广泛关注的课题。本刊特组织“功能食品研究”专题, 征集的稿件主要围绕天然活性物质的分离、纯化、提取及综合利用; 活性物质的功能研究; 天然活性物质结构及功能活性分析; 功能食品(多糖、酚类、黄酮类、葡聚糖、蛋白质肽类)等或者您认为与本专题相关有意义的领域。该专题计划在 2020 年 4 月出版。

本刊主编吴永宁研究员与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 2 月 15 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, 再次感谢您的关怀与支持!

投稿方式(注明专题功能食品研究):

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-投稿选择“专题: 功能食品研究”)

邮箱投稿: E-mail: jfoodsq@126.com(备注: 功能食品研究专题投稿)

《食品安全质量检测学报》编辑部