

香菇多糖食品改善运动员肠道功能的作用分析

陈仪坤¹, 何睿¹, 蒋家俊²

(1. 贵阳护理职业学院 卫生管理系, 贵州 贵阳 550081; 2. 贵阳市疾病预防控制中心 质量控制科, 贵州 贵阳 550002)

摘要: 开发一种香菇多糖膨化食品, 并评价其对运动员肠道的调节作用。结果表明, 采用微波法制备的香菇多糖膨化食品可以有效保持香菇多糖的功能活性, 在膨化率 2.5% 时出品率最佳。通过主观判断、血液和粪便检测, 分析香菇多糖膨化食品对 4 个不同专业的运动员肠道的影响。经过主观判断, 实验组较对照组有明显提高; 通过血液检测, 发现除树突细胞含量未发生变化, 实验组其他指标均较对照组显著提高 ($P < 0.05$); 通过粪便检测, 实验组理化指标和微生物含量较对照组显著改善 ($P < 0.05$)。证明香菇多糖膨化食品对各赛和比赛期间运动员的肠道功能有较明显的调节作用, 并且无任何不良反应事件发生。

关键词: 香菇多糖; 膨化食品; 运动员; 肠道功能

Effect of Lentinan Food on Improving Intestinal Function of Athletes

CHEN Yi-kun¹, HE Rui¹, JIANG Jia-jun²

(1. Department of Public Health Management, Guiyang Nursing Vocational College, Guiyang 550081, Guizhou, China; 2. Department of Quality Control, Guiyang Centers for Disease Control and Prevention, Guiyang 550002, Guizhou, China)

Abstract: A kind of lentinan puffed food was developed, and assessed the regulatory function of the athlete intestinal was assessed. The results showed that lentinan puffed food prepared by microwave method could effectively maintain the functional activity of lentinan, and had the best yield when the puffing rate was 2.5%. Through the subjective judgment, the blood test and faeces test, the effects of lentinan puffed food on the four different professional athletes intestinal were analyzed. After the subjective judgment, the experimental group was significantly higher than the control group. By the blood test, in addition to dendritic cell content did not

作者简介: 陈仪坤(1981—), 男(汉), 副教授, 硕士, 研究方向: 营养与食品卫生、预防医学。

著的缓解作用; 最后, 纳米脂质功能食品可以拓宽体育健康产业的发展, 将纳米脂质载体加工方法引用功能性食品加工, 将增加功能性食品的产品种类, 拓宽产品线^[10]。同时由于其对食品功能性的促进作用, 将提高体育健康产业的影响力。

参考文献:

[1] 魏巍. 基于产业价值链共建的我国体育产业与健康产业协同发展模式研究[J]. 当代经济管理, 2015, 37(10): 69-73
 [2] 安磊, 崔欣悦. 植物功能性食品的研究进展[J]. 食品研究与开发, 2014, (15): 131-133
 [3] 初声英, 孙维玲, 张国喜, 等. 叶酸-白蛋白包覆阳离子纳米脂质载体的制备及体内外评价[J]. 中国药科大学学报, 2015, 46(1): 73-77
 [4] 赵蓉, 李多伟, 沈晓东, 等. 白芸豆中 α -淀粉酶抑制剂的研究[J]. 中

成药, 2008, 30(9): 1355-1357

[5] 誉艳, 王常青, 陈晓萌, 等. 具有 α -淀粉酶抑制活性的白芸豆多肽的制备及其热稳定性研究[J]. 食品科学, 2015, 36(13): 190-195
 [6] 贾光锋, 赵晨, 陆文总, 等. 超声波辅助提取白芸豆 α -淀粉酶抑制剂的研究[J]. 食品研究与开发, 2014(16): 39-42
 [7] 程敏, 田童童, 李甜, 等. 白芸豆中 α -淀粉酶抑制剂的提取工艺研究[J]. 中国酿造, 2015, 34(6): 89-93
 [8] 钟秉枢. 全民健身国家战略的提出与体育休闲健身产业的发展[J]. 体育科学, 2015(11): 19-23
 [9] 陈洪, 赵元弟, 魏芳, 等. 新型纳米脂质功能食品研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2011, 13(5): 64-72
 [10] 王佳丽, 董绪燕, 魏芳, 等. 纳米结构脂质载体的研究进展及其在食品中的应用[J]. 中国农业科技导报, 2012, 14(6): 91-97

收稿日期: 2016-12-09

change, the experimental group other indicators were significantly improved than the control group ($P < 0.05$). By the faeces test results, the physical indexes, chemical indexes and microbial content of the experimental group were significantly improved than the control group ($P < 0.05$). The lentinan puffed food had obvious regulation effect on the athletes intestinal function during the preparation and competition, and there were not any adverse reaction.

Key words: lentinan; puffed food; athlete; intestinal function

肠道是人类消化食物和吸收营养的主要器官,是人类能量代谢调节和肠道微生物聚集的主要场所。肠道功能紊乱可能会引起肠道菌群失调、肠道屏障损伤、激素分泌失调和肠道免疫水平下降,将导致神经退行性疾病、肠道炎症等恶劣后果^[1]。运动员在准备和参加竞技比赛阶段,受到精神和生理上的双重压力,易出现肠道功能紊乱的症状,影响身体健康和比赛发挥^[2]。香菇属于担子菌纲伞形科真菌,是我国主要的食用真菌种类,其保健功能丰富,长期食用香菇可以达到改善消化功能、预防衰老、提高免疫力的功效^[3]。从香菇的发酵液、菌丝体和子实体中均可分离到香菇多糖,研究表明,香菇多糖具有广泛的肠道功能活性,并且不具有毒副作用^[4]。长期服用香菇多糖可以缓解肠道细胞衰老、调节肠道细胞生长分化和改善肠道免疫水平^[5]。膨化食品具有香酥可口和易于消化的特点,一直是市场热销产品。采用微波法加工较传统方法可改善膨化食品高热量低营养的缺点,并且由于微波法控热率高、反应快速、加热时间短和受热均匀等优点,可以完整原料的功能活性^[6]。根据香菇多糖的特点,本研究保持采用香菇多糖为原料,开发一种香菇多糖膨化食品,并选择近期有比赛计划的运动员作为研究对象,分析香菇多糖食品对运动员肠道功能的改善作用。

1 材料与方法

1.1 材料

鲜香菇、魔芋粉、糯米粉、玉米粉、无水乙醇、白砂糖、食盐:购自当地市场;黄原胶、卡拉胶、乳化剂、香精香料、 β 环状糊精:购自北京天瑞食品添加剂销售公司;乙醇、浓硫酸、苯酚、DEAE-纤维素:购自鼎国生物。

1.2 主要仪器

HFM-8 超微粉碎机:河南瀚华科技发展有限公司;BHC-1300IIA2 超净工作台:苏州苏洁净化设备有限公司;Allegra X-15R 高速冷冻离心机:美国贝克曼;BS-2FS 电热恒温培养箱:苏州威尔实验用品有限公司;UV-3500S 可见光分光光度计:上海凌析仪器有限公司;TF-FD-1 真空冷冻干燥机:上海田枫实业有限

公司;EX225ZH 电子分析天平:北京西杰。

1.3 生产流程

香菇多糖膨化食品的制备过程主要包括香菇多糖提取、膨化食品加工和膨化率选择 3 个主要步骤。

1.3.1 香菇多糖提取工艺

香菇多糖的提取流程如下:鲜香菇干燥→粉碎→温水浸泡→过滤、除杂→收集浓缩滤液→乙醇提取→离心收集→DEAE 处理→离心收集→冷冻干燥→纯度鉴定→得到香菇多糖(纯度 99.89%)。

1.3.2 膨化食品加工

膨化食品的加工过程如下:香菇多糖(30 g)、魔芋粉(50 g)、糯米粉(30 g)、玉米粉(40 g)混匀→调湿→搅拌、溶胀→蒸煮→挤压切片→干燥脱水→挤压→微波膨化→香菇多糖膨化食品

采用相同方法制备不含香菇多糖,其他成分一致的膨化食品,作为对照食品。

1.3.3 香菇多糖膨化食品膨化率的选择

为获得优质食品,对香菇多糖膨化食品的膨化率进行选择,在同一水分含量下,膨化范围从 1.1%~4.5% 观察出品情况,进行判断。

1.4 功能性分析实验

1.4.1 实验对象

选择处于备赛期的大学生运动员 80 名,包括游泳专业 20 名、田径专业 20 名、散打专业 20 名和举重专业 20 名。所有入选的学生男女比例 1:1,年龄在 21 岁~22 岁之间,入选实验前进行三甲医院体检,无任何健康问题和香菇多糖膨化食品过敏症状。将 80 名运动员按照专业和性别随机分成实验组和对照组,每组 40 人。实验组在备赛阶段开始食用香菇多糖膨化食品,每天食用 100 g,连续服用 100 d。对照组服用色香味和造型相似的对照膨化食品,每天食用 100 g,连续服用 100 d。所有运动员不服用任何药物,在专业营养师指导下,进行合理饮食,并保持摄入食品种类一致。

1.4.2 实验方法

在所有参与实验运动员的比赛阶段,随机采集运动员的静脉血和粪便 3 次,采集粪便过程要求尽量无菌。

1.4.3 检测指标

1.4.3.1 主观感受判断

采用运动员主观判断的方法对肠道功能改善情况进行分析。主观感受调查内容包括:饥饿感、饱腹感、消化、排泄4个方面。通过评分进行效果判断,评分标准包括:5分,表示好;4分,表示良;3分,表示一般;2分,表示差;1分,表示极差。

1.4.3.2 血液样本检测

所有采集的血液样本,平均分成两份,一份用于流式细胞仪检测树突细胞和巨噬细胞;一份用于在37℃条件下静置1h,随后在4℃条件下放置过夜。第2天离心收集血清,采用人类胃泌素、胃动素、IgA和IL-2的ELISA检测试剂盒进行分析。

1.4.3.3 粪便样本检测

对所有采集的粪便进行pH、氮含量、水分含量、短链脂肪酸含量和肠道微生物含量检测,具体的实验方法如下:新鲜粪便加入蒸馏水制备成浓度为10%的溶液,4℃,12 000 r/min,离心10 min,去除杂质后进行pH值检测。参考《公共场所空气中氨测定方法》^[7]和纳氏试剂法计算粪便中的氮含量,取0.1 g新鲜粪便加入5 mL吸收溶液中,充分搅拌均匀,定容至10 mL,在425 nm波长下进行吸光度测定,并通过吸光度计算氮含量。将所有粪便碱性充分干燥(105℃,30 min),通过记录干燥前后粪便重量的变化,计算粪便中的水分含量。从干燥的粪便中取出0.1 g重新使用纯净水溶解,并持续振荡。离心(12 000 r/min,10 min)除杂后进行滤膜过滤(0.45 μm),取滤液3 mL,以此加入浓硫酸和石油醚,充分混匀,离心(12 000 r/min,10 min)去上层溶液进行气相色谱分析,计算粪便中短链脂肪酸的含量。

粪便采用无菌生理盐水进行梯度稀释,随后采用BEA、VRBAD、MRS+NNLP、LBS培养基进行无菌培养,通过分离细菌的菌落形态、革兰氏染色和16S测序鉴定对微生物进行种群和种类的计数和鉴定,其中重点鉴定菌株种类包括肠球菌(BEA琼脂)、肠杆菌(VR-BAD琼脂)、双歧杆菌(MRS+NNLP琼脂)和乳杆菌(LBS琼脂)。

1.5 数据统计与分析

所有数据处理用SPSS 17.0软件进行分析,采用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表现,差异显著以 $P < 0.05$ 表示,差异极显著以 $P < 0.01$ 表示。

2 结果与分析

2.1 香菇多糖膨化食品加工特点

在本研究中,我们以香菇多糖为原料,添加魔芋

粉和玉米粉等原料制备膨化食品。所用的香菇多糖采用新鲜香菇为原料,经过干燥、浸泡、醇提和纯化制得,有效保障香菇多糖的生物活性。添加魔芋粉、玉米粉和糯米粉后,香菇多糖膨化食品的组成更具营养,配比均衡丰富,经过微波加工后,香菇多糖膨化食品营养价值较传统膨化食品有显著提高。

2.2 香菇多糖食品膨化率的选择

不同的膨化率可以显著影响产品品质,为获得最佳的出品率,我们对膨化率进行选择。膨化率比较结果见表1。

表1 膨化率比较结果

Table 1 Puffing rate comparison results

产品品质	膨化率/倍
长型颗粒,组织紧密,咀嚼酥脆,风味清香,香气诱人,色泽鲜艳	2.5
造型一般,口感较脆,风味一般,香气较淡,色泽暗淡	2.8
无造型,口感较硬,略有糊味,无香气,颜色偏黑	3.3
无造型,口感硬,糊味明显,带有苦味,颜色黑	3.6
无造型、质地不均、表面粗糙、口感硬、糊味苦味很重、颜色深黑	4.2

如表1所示,在膨化率为2.5倍时,产品品质最佳,在产品造型、质地、口感、风味、香气和色泽方面均达到理想条件。

2.3 运动员主观调查结果

通过主观调查,两组运动员表现出不同的肠道功能调查结果。主观调查结果见表2。

表2 主观调查结果

Table 2 Subjective survey result

组别	饥饿感	饱腹感	消化	排泄
实验组	4.8	4.5	5.0	4.5
对照组	1.8	5.0	2.5	3.5

如表2所示,实验组人员在饥饿感、饱腹感、消化、排泄4个方面得分均在4.5分以上,为良好水平,而对照组人员存在饥饿感不明显,仅2分左右,为较差水平,而饱腹感明显,为5分,存在明显的不平衡。同时消化、排泄的情况也差于实验组人员。

2.4 运动员血液指标检测

通过检测运动员血液中的肠道激素、免疫因子和免疫细胞含量,分析两组运动员的肠道消化和免疫功能现状。血液检测结果见表3。

如表3所示,实验组人员的胃泌素和胃动素表达水平显著高于对照组人员, $P < 0.05$,说明实验组人员肠道消化功能更好;实验组人员IgA和IL-2表达水平显

表3 血液检测结果

Table 3 The blood test result

组别	胃泌素/(ng/L)	胃动素/(ng/L)	IgA/(μ g/mL)	IL-2/(μ g/mL)	树突细胞/(个/mL)	巨噬细胞/(个/mL)
实验组	88.24±0.54 [#]	265.18±0.37 [#]	13.21±0.34 [#]	7.44±0.12 [#]	1.14×10 ⁸	1.51×10 ⁸
对照组	65.13±0.32	211.23±0.52	8.25±0.12	4.15±0.13	1.09×10 ⁸	1.07×10 ⁸

注:#表示差异显著, $P<0.05$ 。

著高于对照组人员, $P<0.05$,实验组人员树突细胞数量与对照组人员相接近,而巨噬细胞数量高于对照组人员,说明实验组人员肠道免疫功能更好。

2.5 运动员粪便理化指标检测

通过检测各理化指标,分析运动员的肠道功能。粪便理化指标检测见表4,短链脂肪酸含量检测见表5。

表4 粪便理化指标检测

Table 4 Excrement physicochemical index text

组别	pH值	氮含量/(mg/g)	水分含/(mL/L)
实验组	7.21±0.08	52.35±1.12 [#]	54.54±1.04 [#]
对照组	7.44±0.07	64.78±1.23	69.42±1.16

注:#表示差异显著, $P<0.05$ 。

表5 短链脂肪酸含量检测

Table 5 Short chain fatty acid content detection

组别	mg/mL		
	正丁酸	丙酸	乙酸
实验组	0.23±0.02 [#]	0.19±0.02 [#]	1.32±0.04 [#]
对照组	0.11±0.01	0.06±0.01	1.01±0.03

注:#表示差异显著, $P<0.05$ 。

如表4和表5所示,在表4中,实验组人员粪便pH值低于对照组人员,更接近中性,说明香菇多糖可以有效改善肠道的pH值;实验组人员粪便氮含量显著低于对照组人员, $P<0.05$,说明香菇多糖可以提高蛋白质的利用率,降低粪便中的氮含量;实验组人员粪便水含量显著低于对照组人员, $P<0.05$,说明香菇多糖可以有效降低粪便的含水量,提高粪便的成型率,促进排泄。在表5中,实验组人员粪便中3种短链脂肪酸的含量显著低于对照组人员, $P<0.05$,证明香菇多糖可以有效促进益生菌在肠道中的发酵,为肠道细胞提供代谢能量,维持肠道健康。

2.6 运动员肠道微生物含量比较

通过对运动员粪便中主要微生物含量的检测,肠道微生物检测结果见表6。

如表6所示,实验组人员在未补充双歧杆菌和乳杆菌的情况下,较对照组人员显著增加粪便内双歧杆菌和乳杆菌的含量, $P<0.05$,同时有效降低了肠杆菌和肠球菌的数量,维持肠道内微生物数量的平衡。

表6 肠道微生物检测结果

Table 6 Gut microbial test result

组别	cfu/mL			
	双歧杆菌	乳杆菌	肠杆菌	肠球菌
实验组	2.27×10 ⁸	3.28×10 ⁸	1.41×10 ⁷	1.67×10 ⁸
对照组	1.53×10 ⁵	2.01×10 ⁶	1.26×10 ⁸	2.28×10 ⁹

注:#表示差异显著, $P<0.05$ 。

2.7 不良反应事件

在运动员备赛和比赛期间,均未发生任何不良反应事件。

3 讨论

真菌多糖类的研究已经开展多年,随着食品科研技术的进展,发现香菇多糖在生物体中不仅作为结构或能源材料,而且可以参与多项生命活动,特别是具有肠道调剂功能。我国是体育大国,运动员的肠道健康与比赛成绩密切相关,因此采用香菇多糖为原料开发供运动员食用的肠道功能调节食品具有较好的市场前景。本研究从鲜香菇中提取香菇多糖,采用微波法制备香菇多糖膨化食品,并通过备赛期运动员实验证实香菇多糖膨化食品具有肠道调节功能,可以有效改善比赛阶段运动员的肠道功能,维持运动员的身体健康。

参考文献:

- 李伟,陈庆森.肠道黏膜免疫屏障及其菌群与机体健康关系的研究进展[J].食品科学,2008,29(10):649-655
- 张文,关良劲,魏东凌,等.运动性胃肠综合征64例临床分析[J].中国运动医学杂志,2006,25(1):119-120
- 张润光,苏东华,张小翠,等.香菇的营养保健功能及其产品开发[J].食品研究与开发,2004,25(4):125-128
- 罗兰,陈光,遇常红,等.香菇多糖对微生态失调小鼠肠道菌群及免疫功能的调节作用[J].中国微生态学杂志,2013,25(1):36-38
- 江益平,马方励,周联,等.香菇多糖对免疫抑制小鼠肠道派氏结T细胞的影响[J].中国药理学通报,2011,27(9):1236-1239
- 杨宗渠,田孟超,李长看,等.金针菇多糖膨化营养食品加工工艺研究[J].食品工业科技,2009(2):214-216
- 梅小庆.室内空气氨含量两种化学测定方法的比较[J].广州建筑,2007(2):27-29

收稿日期:2016-11-22