

蓝莓原浆抗氧化及缓解视疲劳功能研究

蔡轶男¹, 王乐兵¹, 李德海^{1,2*}

(¹东北林业大学生命科学学院 哈尔滨 150040

²黑龙江省森林食品资源利用重点实验室 哈尔滨 150040)

摘要 研究蓝莓原浆体内抗氧化及缓解人体视疲劳的功效,分析蓝莓原浆抗氧化功能与改善视疲劳作用的相关性。灌胃给予小鼠低、中、高剂量的蓝莓原浆 30 d 后,采用试剂盒测定小鼠体内蛋白含量、超氧化物歧化酶(SOD)活力、过氧化氢酶(CAT)活力及丙二醛(MDA)含量。选择 18~22 岁具有视疲劳症状的志愿者共 40 名,随机分为对照组与试饮组。试饮组每天饮用 2 瓶蓝莓原浆,即服用量为 100 mL/d,连续服用 60 d。试验结果显示:与空白对照组相比,摄入 0.53 mL 蓝莓原浆后,小鼠体内血清 SOD 活力显著增加至 610.76 U/mg prot,同时小鼠体内血清 MDA 含量显著降低至 4.82 nmol/mg prot($P<0.05$);摄入 0.21 mL 蓝莓原浆可显著增加小鼠体内血清 CAT 酶活力至 8.58 U/mg prot($P<0.05$)。人体试饮试验表明饮用本蓝莓原浆 60 d 后,试饮组视疲劳症状及明视持久度均得到良好改善,其中男性群体具有显著性($P<0.05$)。结论:蓝莓原浆具备较好的抗氧化性及缓解人体视疲劳作用。

关键词 蓝莓原浆; 花青素; 抗氧化; 明视持久度; 视疲劳

文章编号 1009-7848(2024)02-0110-10 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2024.02.010

蓝莓属于杜鹃花科(Ericaceae)越橘属(*Vaccinium*)植物,别名越橘,多年生落叶或者常绿灌木。蓝莓果为扁圆形,成熟果实为深蓝色^[1]。蓝莓含有丰富的营养物质,其中花青素含量很高,具有极高的营养价值。花青素属于多酚类物质,是一类植物中普遍含有的水溶性色素,通常经糖基化修饰后形成花色苷^[2]。研究表明,蓝莓花青素不仅可以提供鲜艳的色彩,还具有具有显著的抗氧化^[3-5],改善视力,清除人体自由基、抑制肿瘤细胞增生^[6],神经保护^[7],防止细胞衰老,降血糖血脂,预防心血管疾病^[8]等功效。

近年来随着社会中各种智能电子产品的广泛使用,眼部视力问题越来越凸显,近视已成为世界范围内关注的公共健康问题^[9]。花青素对视力的保护作用逐渐得到人们的重视,现有国内外研究学者通过体内模型(即人体干预和动物实验)和体外模型(细胞培养)研究有关花青素对视力的保护作用。有科学家报道蓝莓中的成分,如花青素、多酚

和紫檀芪可以通过抗氧化作用、抗血管生成和抗衰老作用保护视网膜色素上皮细胞免受光致视网膜损伤^[10-11],蓝莓提取物(BAE)可以通过抗氧化和抗炎机制对人视网膜血管内皮细胞起到保护作用,可作为开发糖尿病相关视网膜病变的药物的理想成分^[12]。还有研究表明花青素能抑制短暂性近视,减少眼睛疲劳或增强青光眼患者的视网膜血流量^[13-14]。然而,蓝莓花青素能够起到缓解视疲劳的作用是否与其抗氧化性有密切关系尚不清楚。

本研究采用小鼠体内抗氧化和人体试饮试验探究蓝莓花青素抗氧化性与缓解视疲劳的相关性。采用低、中、高蓝莓原浆剂量对小鼠进行连续灌胃 30 d,测定昆明种(KM)小鼠体内蛋白、丙二醛(MDA)含量及超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)活性。同时招募具有视疲劳症状的志愿者进行蓝莓原浆试饮试验,监测其明视持久度、视疲劳症状积分等,旨在为进一步开发蓝莓花青素功能性食品提供新的思路。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

蓝莓原浆,由野生蓝莓经过打浆制作而成,其原花青素含量为 11.6 g/L,野生蓝莓由森骄山特产

收稿日期: 2023-02-07

基金项目: 黑龙江省自然科学基金项目(LH2022C007);黑龙江省“百千万”工程科技重大专项(2020ZX07B01-3)

第一作者: 蔡轶男,女,硕士生

通信作者: 李德海 E-mail: lidhaineau@163.com

品责任有限公司提供;18~20 g 清洁级健康昆明种(KM)雌性小鼠,购于辽宁长生生物技术股份有限公司,生产和使用许可证号:NO.SCXK(辽)2020-0001,饲养温度 20~22 ℃,相对湿度 50%~60%,自由饮水、进食。

试饮人群为东北林业大学在校本科备考学生,每日学习时间超过 8 h,经测试视疲劳症状明显。

生理盐水(0.9%),哈尔滨三联药业股份有限公司;维生素 C(食品级),石药集团维生药业(石家庄)有限公司;总蛋白(Total protein, TP)试剂盒、超氧化物歧化酶(Superoxide dismutase, SOD)试剂盒、过氧化氢酶(Catalase, CAT)试剂盒、丙二醛(Malondialdehyde, MDA)试剂盒,南京建成科技有限公司。

1.2 仪器与设备

FSH-II 型高速电动匀浆器,常州国宇仪器制造有限公司;721 型分光光度计,上海精密仪器公司;TG16B 实验室离心机,海南凯达科学仪器有限公司;HH-2 数显恒温水浴锅,常州荣华仪器制造有限公司;电子天平,沈阳龙腾电子有限公司。

1.3 方法

1.3.1 蓝莓原浆抗氧化功能研究 选取清洁级昆明种(KM)雌性小鼠 50 只,体质量在 18~20 g,适应性饲养 1 周后随机分为 5 组,每组 10 只。分别为正常对照组、花青素含量低(100 mg/kg)、中(150 mg/kg)、高(250 mg/kg)剂量组以及阳性对照组,具体灌胃剂量见表 1。

末次灌胃后,小鼠禁食不禁水 12 h,摘取眼球取血,4 000 r/min 离心 3 min,取上清备用;断颈处死后取肝脏,用 0 ℃生理盐水洗去表面血液,滤纸擦干后称质量,加入生理盐水制成 10%肝脏匀浆。血清与肝脏匀浆均置于冰浴备用。采用试剂盒测

定血清及肝脏总蛋白(TP)含量、超氧化物歧化酶(SOD)活力、过氧化氢酶(CAT)活力以及丙二醛(MDA)含量。

1.3.2 缓解视疲劳功能研究 本试验于东北林业大学在校学生中选择 18~22 岁具有视疲劳症状的志愿者共 40 名,排除不符合纳入标准,未按规定饮用受试物者,最终有效受试者为 39 名。具体分组试饮方法见表 2。

参照《保健食品检验与评价技术规范》的规定,观察指标分为安全性指标与功效指标,本试验仅对蓝莓原浆对视疲劳的缓解功效进行分析测定。功效判断标准见表 3。

表 1 动物实验方法

Table 1 Animal test method

组别	生理盐水	蓝莓原浆	花青素含量/mg·kg ⁻¹	维生素 C
空白对照(B)	+	-	-	-
低剂量组(L)	-	0.21	100	-
中剂量组(M)	-	0.32	150	-
高剂量(H)	-	0.53	250	-
阳性对照(P)	-	-	-	+

注:“+”表示灌胃 0.30 mL 生理盐水/维生素 C;“-”表示未灌胃。

表 2 蓝莓原浆试饮试验方法

Table 2 Test method for blueberry pulp

组别	性别	人数/人	每人每天摄入量	
			蓝莓原浆/mL	花青素含量/g
对照组	男	9	-	-
	女	10	-	-
试饮组	男	10	100	1.16
	女	10	100	1.16

注:“-”表示未摄入。

表 3 视疲劳症状判定方法(半定量积分法)

Table 3 Determination method of visual fatigue symptom (Semi-quantitative integral method)

项目	0 分	1 分	2 分	3 分
眼胀	无	偶感眼胀	时有眼胀,休息后好转	经常眼胀,休息后改善
眼痛	无	偶感眼痛	时有眼痛	经常眼痛
畏光	无	偶有畏光	时有畏光	经常畏光
视物模糊	无	偶有模糊	时有模糊,休息后缓解	经常模糊,休息后改善
眼干眼涩	无	偶有干涩	时有干涩	经常干涩

注:“偶感”是指 1~2 次/2 d,“时有”是指 1~3 次/d,“经常”是指大于 3 次/d。

视疲劳即由于各种因素导致人眼在视物之时超过其视觉功能所能承受的负荷,而在用眼后出现视觉障碍、眼部不适或伴有全身症状等以致不能正常使用视功能的一组症候群^[15]。主要体现为6大症状:眼胀、眼酸痛、眼畏光流泪、视物模糊、眼干涩以及眼异物感。为进一步全面掌握受试者试饮期间视疲劳改善情况,针对这6大症状,试验人员通过设计调查问卷收集饮用蓝莓原浆期间各位受试者视疲劳的改善情况,打分标准见表4。

1.4 数据处理和系统分析

所有试验进行3次平行,结果均以平均值±标准方差($\bar{x}\pm s$)表示。采用SPSS 26.0软件进行数据统计分析和相关性分析。采用GraphPad Prism 9.0进行绘图。

2 结果与分析

2.1 蓝莓原浆抗氧化功能研究

2.1.1 蓝莓原浆对小鼠体质量的影响 体质量通常可以最直接地反映出动物的生存状态。进食、饮水异常,体内各个器官工作状态不佳的小鼠,通常会表现为小鼠体质量下降,毛发稀疏灰暗,精神状态萎靡。

表5 蓝莓原浆对小鼠体质量的影响

Table 5 Effects of blueberry pulp on body weight in mice

组别	初始体质量/g	结束体质量/g	有中毒症状的小鼠数量/只	死亡小鼠数量/只
B	27.39 ± 4.66 ^a	21.73 ± 3.88 ^{ab}	0	0
L	26.12 ± 1.22 ^a	30.78 ± 5.74 ^{ab}	0	0
M	25.77 ± 2.66 ^a	35.75 ± 1.99 ^b	0	0
H	28.85 ± 4.11 ^a	26.57 ± 2.44 ^a	0	0
P	26.59 ± 1.45 ^a	32.92 ± 2.57 ^{ab}	0	0

注:相同字母代表无显著性差异($P>0.05$),不同字母代表有显著性差异($P<0.05$)。

2.1.2 蓝莓原浆对小鼠脏器系数的影响 脏器系数能直观体现出受试物对小鼠脏器的影响。心脏、肝脏、脾脏、肺、肾脏是动物机体中参与代谢的重要器官,其发育状态可以反映出代谢机能同时能间接反映出生长状态^[16]。

脏器系数见表6,各剂量组之间两两比较,心、肝、脾以及肾脏器系数均差异不显著($P>0.05$);而对比肺脏器系数发现灌胃组小鼠的肺脏器系数偏小,考虑到给予小鼠的蓝莓原浆是由野生蓝莓全果压榨制成,浓稠并含有果肉的深蓝紫

表4 日判定标准

Table 4 Daily judgment criteria

分数/分	改善情况
0	视疲劳症状无改善
1	症状程度虽略有降低,但短时间内不能自行恢复
2	症状缓解,短时间内可自行恢复
3	症状稍有不适,休息10 s能即可恢复
4	无视疲劳症状

如表5所示,对小鼠进行灌胃处理之前,各剂量组之间小鼠体质量无显著差异($P>0.05$),说明分组前小鼠个体间身体状况相似,可以保证小鼠身体状况均处于同一水平。灌胃30 d后,中剂量组小鼠体重与高剂量组相比差异性显著($P<0.05$),表明适量的蓝莓原浆可能对小鼠的进食具有促进作用,使小鼠体质量增加;而高剂量组小鼠体质量相比于灌胃前下降了2.28 g,可能是小鼠普遍的胃容量为1.5~2.0 mL,蓝莓原浆灌胃量增加占据了小鼠的胃部空间,导致小鼠进食量下降,饲料中的营养物质的摄入受到抑制,进而使小鼠体质量降低。

色液体状态,由于液体浓稠,导致灌胃难度加大,在小鼠挣扎过程中可能出现液体吸入气管从而对小鼠肺部造成负面影响。

2.1.3 蓝莓原浆对小鼠血清及肝脏总蛋白(TP)含量的影响 蛋白质可以说是参与了包括疾病和健康在内的所有生命过程。最近一项深入的血清蛋白质组调查显示血清蛋白质网络与常见疾病密切相关^[17],突出了血清蛋白作为潜在病原体的生物标记物的新作用,在动物实验中血清及肝脏蛋白含量具有重要参考意义。

表 6 蓝莓原浆对小鼠脏器指数的影响

Table 6 Effects of blueberry pulp on organ index in mice

组别	心脏/%	肝脏/%	脾脏/%	肺/%	肾脏/%
B	0.537 ± 0.001 ^a	4.363 ± 0.006 ^a	0.546 ± 0.002 ^a	1.113 ± 0.001 ^a	1.115 ± 0.001 ^a
L	0.552 ± 0.002 ^a	4.360 ± 0.004 ^a	0.467 ± 0.001 ^a	0.680 ± 0.002 ^b	1.089 ± 0.000 ^a
M	0.478 ± 0.001 ^a	3.815 ± 0.005 ^a	0.445 ± 0.000 ^a	0.569 ± 0.001 ^b	1.043 ± 0.001 ^a
H	0.496 ± 0.001 ^a	4.130 ± 0.003 ^a	0.381 ± 0.001 ^a	0.745 ± 0.001 ^b	0.903 ± 0.000 ^a
P	0.474 ± 0.001 ^a	3.807 ± 0.006 ^a	0.411 ± 0.002 ^a	0.743 ± 0.001 ^b	0.888 ± 0.003 ^a

注:同列含有相同字母代表无显著性差异($P>0.05$),含有不同字母代表有显著性差异($P<0.05$)。

由图 1 可知,空白对照组与灌胃组两两相比,血清蛋白含量均存在显著差异($P<0.05$),由此推断蓝莓原浆可以增加小鼠血清蛋白含量,灌胃组小鼠的机体功能状态得到了一定程度的提高;同时中剂量组与阳性对照相比不存在显著差异($P>0.05$),可知蓝莓原浆中剂量组中花青素对小鼠血清蛋白含量的增加作用与抗坏血酸相似。

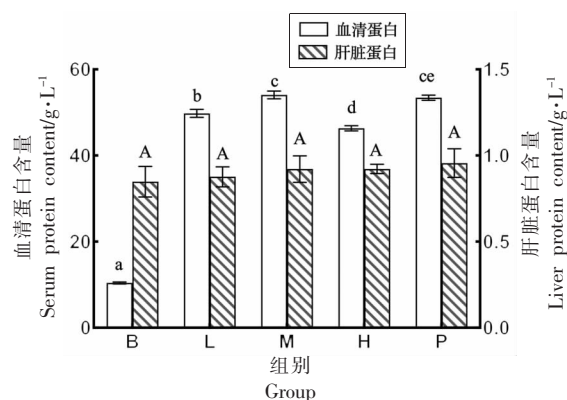
比较各剂量组间肝脏蛋白含量,灌胃组中肝脏蛋白含量虽稍高于对照组,但与对照组相比不存在显著差异($P>0.05$)。

2.1.4 蓝莓原浆对小鼠体内 SOD 活力的影响 SOD 是在进化过程中形成的、广泛存在于生物体内,可有效清除超氧阴离子自由基的主要酶类之一,在抗氧化方面发挥了重要作用^[18]。SOD 在有限的催化速率下,将超氧自由基分解为 O_2 和 H_2O_2 ,为机体抗氧化提供第一道酶防线^[19]。不同剂量蓝莓花青素对小鼠肝脏及血清中 SOD 酶活力的影响如图 2 所示。

随着蓝莓原浆用量的增加,小鼠肝脏中 SOD 酶活力呈上升趋势;中、高剂量组与空白对照组相比均存在显著差异($P<0.05$);同时中、高剂量组小鼠肝脏 SOD 酶活力与阳性对照组相似,说明蓝莓原浆能够提高小鼠肝脏 SOD 酶活力,并且与剂量呈正相关关系。Chen 等^[20]从山茱萸中提取出富含花青素的提取物 ANF 也可通过提高小鼠体内 SOD 酶活力达到提高抗氧化能力的目的,与本研究结果相似。

小鼠血清中 SOD 酶活力虽随着蓝莓原浆用量的增加而略有增大,但各剂量组之间无显著差异($P>0.05$)。综上可知剂量为 250 mg/kg 对提高小鼠体内 SOD 酶活力效果最佳。

2.1.5 蓝莓原浆对小鼠体内 CAT 活力的影响 CAT



注: B. 空白对照; P. 阳性对照; L. 低剂量组; M. 中剂量组; H. 高剂量组; 含有相同字母代表无显著性差异($P>0.05$); 含有不同字母代表有显著性差异($P<0.05$); 下同。

图 1 蓝莓原浆对小鼠血清蛋白及肝脏蛋白含量的影响

Fig.1 Effects of blueberry pulp on serum protein and liver protein content in mice

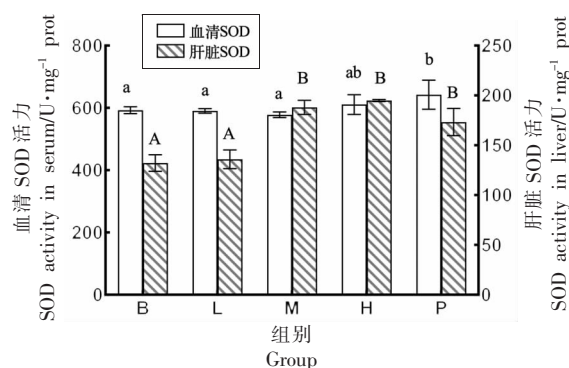


图 2 蓝莓原浆对小鼠血清及肝脏中 SOD 酶活力的影响

Fig.2 Effects of blueberry pulp on SOD activity in serum and liver of mice

作为一种含铁的同四聚体酶,主要作用为催化 H_2O_2 分解产生 H_2O 和 O_2 ^[21],在活性氧(Reactive oxygen species, ROS)清除过程中起着重要作用。

如图所 3 示,当蓝莓花青素含量为 100 mg/kg 时,小鼠肝脏中 CAT 酶活力最高,随着剂量增加 CAT 酶活力呈下降趋势;阳性对照组小鼠体内 CAT 酶活力最低;小鼠血清中 CAT 酶活力也随着蓝莓原浆用量的增加而略有降低,差异不显著($P>0.05$)。由此可说明适量的蓝莓原浆摄入可对小鼠体内 CAT 酶活力的增强起到促进作用,剂量为 100 mg/kg 促进作用最大。

2.1.6 蓝莓原浆对小鼠体内 MDA 含量的影响

MDA 含量可反映出机体内脂质过氧化物的程度,MDA 含量越少,说明机体细胞受损伤程度越小。

如图 4 所示,灌胃组小鼠肝脏 MDA 含量与对

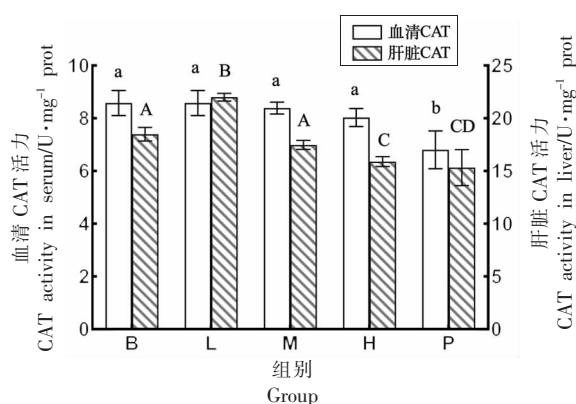


图 3 蓝莓原浆对小鼠血清及肝脏中 CAT 酶活力的影响
Fig.3 Effects of blueberry pulp on CAT activity in serum and liver of mice

2.2 蓝莓原浆缓解视疲劳功能研究

有研究表明,以花青素为代表的黄酮类化合物可能参与了涉及视觉生理学和眼睛健康不同过程中的 2 个主要方面^[22]:一是在视觉信号转导中发挥作用,而其机理目前尚不清楚;二是类黄酮也可能作为抗氧化剂发挥作用^[23],这在眼睛中尤其重要。相比于其它器官,眼部氧化应激十分显著,它的损害可导致包括黄斑变性在内的许多视觉病理问题。视觉疲劳即是眼部氧化应激的最初体现,因此本试验以视疲劳作为测定指标,通过体现疲劳程度的 6 大症状来评估蓝莓原浆缓解视疲劳的能力。

2.2.1 蓝莓原浆对受试者眼胀与眼酸痛的改善效果 长时间的用眼导致睫状肌长时间的固定在一个姿势,处于紧张状态,逐渐失去原有的舒缩能力,即眼肌放松调节障碍。眼部毛细血管血液流通

对照组相比均有明显减少,说明蓝莓原浆与抗坏血酸对小鼠体内抗氧化起到了积极作用;当花青素剂量为 150 mg/kg 时,小鼠肝脏 MDA 含量最低,为(2.64±0.58)nmol/mg prot,并且与空白、低、高剂量组两两相比均存在显著差异($P<0.05$);当蓝莓原浆灌胃量为 0.53 mL,即花青素用量为 250 mg/kg 时,小鼠血清中 MDA 含量最低,且与其它剂量组相比均存在显著性差异($P<0.05$)。综合比较可知高剂量蓝莓原浆摄入可以明显降低小鼠体内 MDA 含量,有效地抑制小鼠体内脂质过氧化作用。

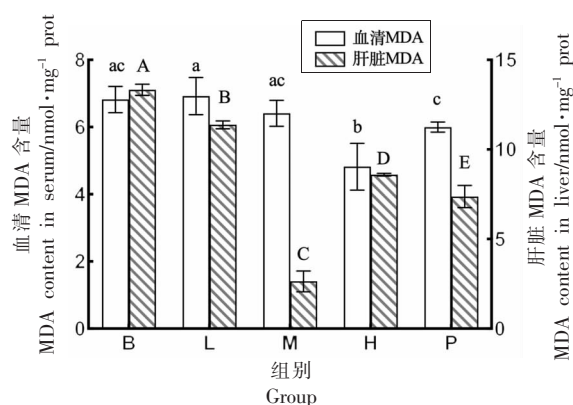
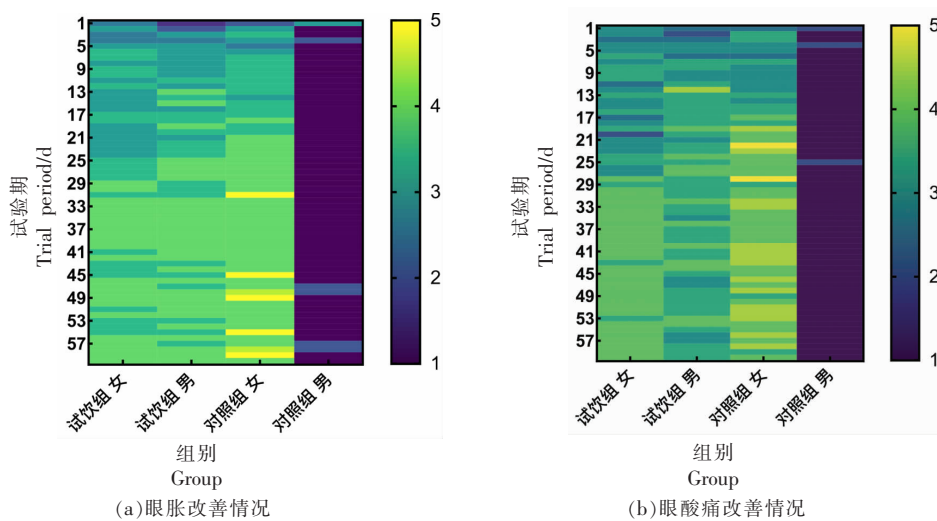


图 4 蓝莓原浆对小鼠血清及肝脏中 MDA 含量的影响
Fig.4 Effects of blueberry pulp on MDA content in serum and liver of mice

缓慢,眼部供氧不足,引起眼胀、眼酸痛症状。

由图 5a 可以看出,试饮组中女性受试者在试饮 30 d 左右,眼胀状况得到明显改善,并开始相对稳定地在 3~4 分之间浮动;男性受试者在第 13 天就出现明显的改善情况,在试饮 25 d 时打分情况相对稳定下来;女性试饮者在饮用蓝莓原浆第 9 天时(见图 5b),眼酸痛状况开始有所改善,而在试饮 10~30 d 期间打分情况浮动相对加大。在试饮 30 d 后,打分情况稳定在 4 分左右。男性试饮者在试饮第 7 天出现明显改善,而自此直到试饮结束打分情况均在 3~4 之间出现不同程度的浮动。可见蓝莓原浆对男性眼胀及眼酸痛改善情况见效较快,这可能与男生好动,相比于女生户外活动以及体育锻炼更加频繁,眼部疲劳状况改善更明显有关。



注:右侧图注表示分数与颜色的对应关系,下同。

图 5 蓝莓原浆对视疲劳症状积分的影响

Fig.5 Effects of blueberry pulp on visual fatigue symptom score

2.2.2 蓝莓原浆对受试者眼畏光流泪与视物模糊的改善效果 畏光流泪与视物模糊通常发生在眼部疲劳程度较重,或眼部炎症存在的情况下,在一般人群中出现几率相较于其它几项疲劳症状出现几率较低。由于熬夜玩手机、睡眠质量不佳、用眼过度等不良习惯刺激,造成睑板腺油脂分泌功能障碍,使眼表润滑度降低,泪膜不稳定,形成畏光流泪,严重者导致视物模糊。

由图 6a 可以看出,试饮组男性在第 8 天后打

分情况就基本稳定在 4 分左右,女性在试饮第 12 天打分情况稳定在 4 左右。说明蓝莓原浆对于缓解眼部畏光流泪状况效果良好。对照组中女性受试者打分情况极不稳定,几乎所有男性受试者在 60 d 的试饮期间眼部畏光流泪状况没有得到改善。试饮 20 d 后,试饮组男女受试者打分情况均在 3~4 范围波动(见图 6b),这是由于眼部畏光流泪及视物模糊的程度与当天人们用眼程度直接相关,导致对照组打分情况的较大波动。

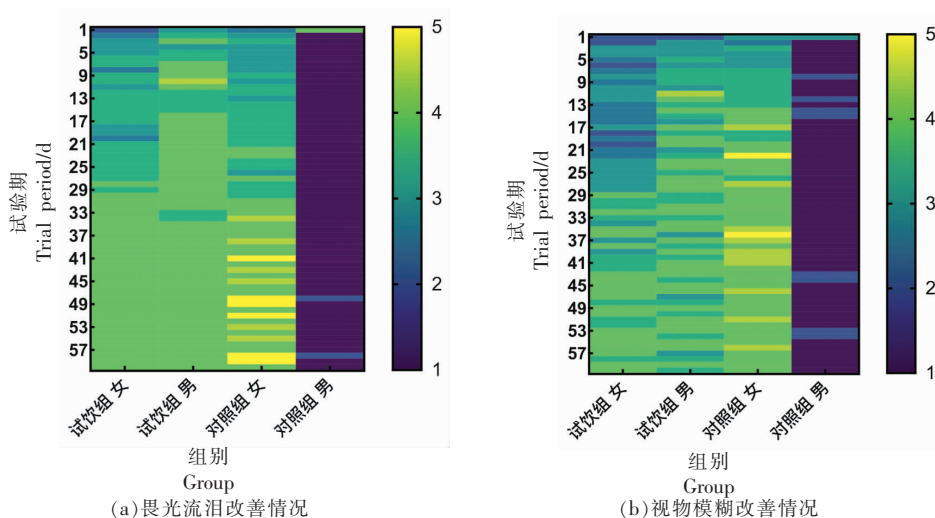


图 6 蓝莓原浆对视疲劳症状积分的影响

Fig.6 Effects of blueberry pulp on visual fatigue symptom score

2.2.3 蓝莓原浆对受试者眼干涩与眼异物感的改善效果 在视疲劳的6大症状中,干眼的发生率和频率明显高于其他眼部症状^[24],电子产品的蓝光会损伤角膜和泪膜,使泪膜的稳定性下降。长时间注视纸张或屏幕也导致眨眼频率减少,泪液缺乏或过度蒸发而引起眼干。眼球转动过程中由于缺少泪液的润滑作用,对周围组织异物等敏感度增加,与眼皮之间的摩擦增大就会产生异物感。

由图7a可以看出,试饮组中女性受试者在试饮第23天时,眼干症状开始有明显改善,并在此

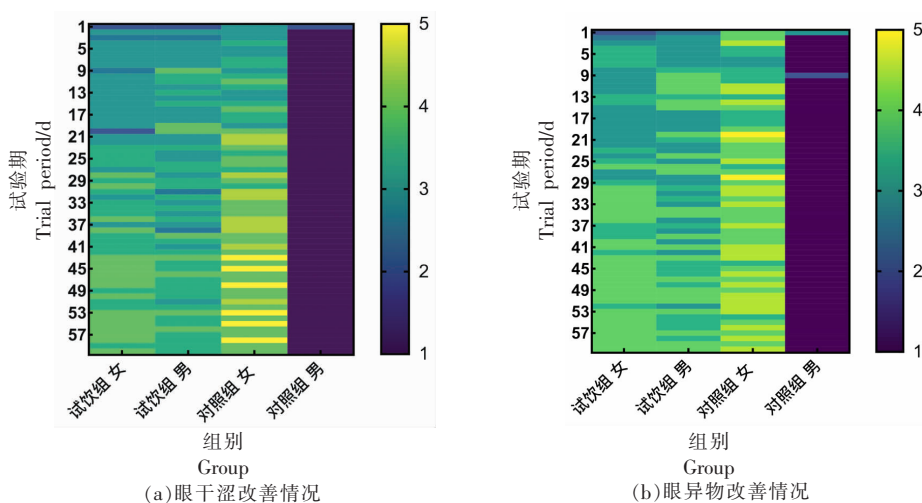


图7 蓝莓原浆对视疲劳症状积分的影响

Fig.7 Effects of blueberry pulp on visual fatigue symptom score

2.2.4 蓝莓原浆对受试者视疲劳症状改善效果总体分析 现代人们由于长时间暴露于电子产品之下,用眼时间大大延长,这就使得眼部受到氧化压力,即氧自由基等代谢废物不断增加,打破了自由基间的自我调节平衡^[25]。自由基具有的一个额外未配对的电子导致其的不稳定性,同时也会给生物蛋白质及DNA带来损伤^[26],反映到眼部的损害即为眼部视疲劳,其损害程度由视疲劳症状总积分体现。

由图8可知,食用本试验蓝莓原浆60d后,男女试饮者视疲劳症状总积分均有下降趋势。其中男性试饮者效果显著($P<0.05$),其总积分下降了2.30。对照组在试饮前、后数据差异无明显变化($P>0.05$)。由此可见,饮用蓝莓原浆后,人们整体视疲劳状况得到了改善,蓝莓原浆有助于缓解人

以后分数均在4左右波动。图7b中女性受试者在第25天眼异物感开始有明显改善,打分情况在4左右;而男性受试者在试饮第9天时眼干与眼异物感症状均得到明显改善。

综上所述,饮用了蓝莓原浆的男性试饮者视力改善情况相较于女性试饮者效果更加明显,并且见效更快;而对照组中男性试饮者各症状几乎没有改善。这可能与个人生活作息、运动健身状况以及用眼习惯息息相关,具体原因有待进一步研究。

们眼部疲劳状况,并进一步对视力产生良性作用。

2.2.5 明视持久度变化 明视持久度(Duration of photopic vision)表示为明视时间与注视时间的百分比,如今被广泛用于评价人体视疲劳程度。明视持久度越大,说明眼部状态越好,疲劳程度越小。

由图9可知,经过60d的试饮期后,试饮组明视持久度增加。女生明视持久度由 0.58 ± 0.08 增加至 0.61 ± 0.07 ;男生明视持久度增加更为显著($P<0.05$),由 0.52 ± 0.05 增加至 0.65 ± 0.06 ,说明蓝莓原浆对试饮组同学视疲劳状况起到了良好的改善作用,并在男性群体中体现更为显著。

3 结论

本试验以原花青素含量为11.6 g/L的蓝莓原浆为研究对象,经动物实验与人体试饮试验表明

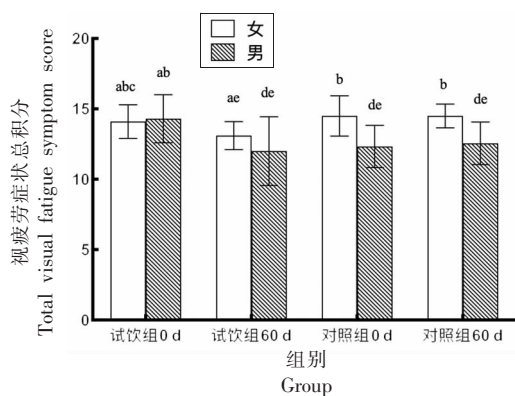


图 8 蓝莓原浆对视疲劳症状总积分的影响
Fig.8 Effects of blueberry pulp on total score of visual fatigue symptom

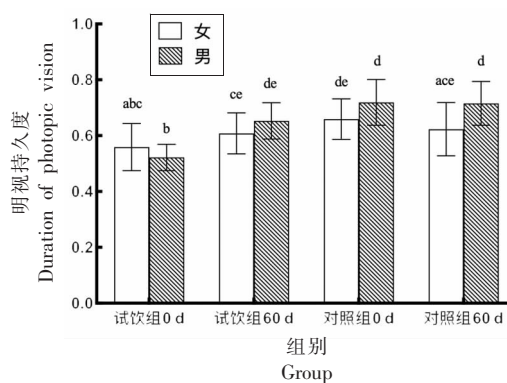


图 9 蓝莓原浆对明视持久度的影响
Fig.9 Effects of blueberry pulp on duration of photopic vision

高剂量蓝莓原浆(花青素含量为 250 mg/kg)摄入可以提高小鼠体内 SOD 酶活力同时显著降低 MDA 含量;低剂量蓝莓原浆(花青素含量为 100 mg/kg)摄入可对小鼠体内 CAT 酶活力的增强起明显促进作用;人体试饮本试验蓝莓原浆 60 d 后,试饮组视疲劳症状及明视持久度均得到良好改善,并在男性群体中体现出显著性。综上,长期食用蓝莓原浆有助于提高机体抗氧化能力,进而可以达到保护视网膜,缓解视疲劳的作用。

参 考 文 献

- [1] 尤丽, 党妮. 蓝莓花青素的代谢及功能特性研究进展[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(14): 193-200.
YOU L, DANG Y. Research progress in metabolism and functional characteristics of anthocyanins in blueberry[J]. Food Research and Development, 2021, 42(14): 193-200.
- [2] YANG W J, GUO Y, LIU M, et al. Structure and function of blueberry anthocyanins: A review of recent advances[J]. Journal of Functional Foods, 2022, 88: 104864.
- [3] 徐潇吟, 田争福, 张惠玲. 欧李原花青素体外抗氧化性及对小鼠肝损伤保护的研究[J]. 食品与发酵工业, 2023, 49(2): 181-186.
XU X Y, TIAN Z F, ZHANG H L. Study on antioxidant activity of proanthocyanidins *in vitro* and protection against liver injury in mice[J]. Food and Fermentation Industries, 2023, 49(2): 181-186.
- [4] 李煦, 白雪晴, 刘长霞, 等. 天然花青素的抗氧化机制及功能活性研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(20): 8163-8171.
- [5] LI X, BAI X Q, LIU C X, et al. Research progress on antioxidant mechanism and functional activity of natural anthocyanins[J]. Journal of Food Safety and Quality Inspection, 2021, 12(20): 8163-8171.
- [6] LANG Y X, LI E H, MENG X J, et al. Protective effects of bovine serum albumin on blueberry anthocyanins under illumination conditions and their mechanism analysis[J]. Food Research International, 2019, 122: 487-495.
- [7] 王华, 刘霞, 杨继红, 等. 葡萄籽原花青素抗癌活性及其机制研究进展[J]. 安徽大学学报(自然科学版), 2012, 36(4): 101-108.
WANG H, LIU X, YANG J H, et al. Research progress on antitumor activity and mechanism of grape seed proanthocyanidins[J]. Journal of Anhui University (Natural Science), 2012, 36(4): 101-108.
- [8] BOESPFLUG E L, ELIASSEN J C, DUDLEY J A, et al. Enhanced neural activation with blueberry supplementation in mild cognitive impairment[J]. Nutritional Neuroscience, 2018, 21(4): 297-305.
- [9] CURTIS P J, BERENDS L, VAN DER VELPEN V, et al. Blueberry anthocyanin intake attenuates the postprandial cardiometabolic effect of an energy-dense food challenge: Results from a double blind, randomized controlled trial in metabolic syndrome participants[J]. Clinical Nutrition, 2022, 41(1): 165-176.
- [9] LIPSON M J, BOLAND B, MCALINDEN C. Vi-

- sion-related quality of life with myopia management: A review[J]. *Contact Lens and Anterior Eye*, 2021, 45(3): 101538.
- [10] LIU Y X, LIU M, CHEN Q C, et al. Blueberry polyphenols ameliorate visible light and lipid-induced injury of retinal pigment epithelial cells[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2018, 66(48): 12730-12740.
- [11] LI J, RUZHI D, HUA X, et al. Blueberry component pterostilbene protects corneal epithelial cells from inflammation via anti-oxidative pathway[J]. *Scientific Reports*, 2016, 6(1): 19408.
- [12] HUANG W Y, YAN Z, LI D J, et al. Antioxidant and anti-inflammatory effects of blueberry anthocyanins on high glucose-induced human retinal capillary endothelial cells[J]. *Oxid Med Cell Longev*, 2018, 2018: 1862462.
- [13] THIRAPHATTHANAVONG P, WATTANATHORN J, MUCHIMAPURA S, et al. Preventive effect of *Zea mays* L. (purple waxy corn) on experimental diabetic cataract [J]. *BioMed Research International*, 2014, 2014: 507435.
- [14] NOMI Y, IWASAKI-KURASHIGE K, MATSUMOTO H. Therapeutic effects of anthocyanins for vision and eye health[J]. *Molecules*, 2019, 24(18): 3311.
- [15] 中华医学会眼科学分会眼视光学组. 视疲劳诊疗专家共识(2014年)[J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2014, 16(7): 385-387.
- Ophthalmology Group Ophthalmology Society Chinese Medical Association. Expert consensus on diagnosis and treatment of eye fatigue (2014)[J]. *Chinese Journal of Optometry and Vision Science*, 2014, 16(7): 385-387.
- [16] 黄新新, 李佳豪, 臧长江, 等. 不同谷物来源淀粉对断奶马驹屠宰性能、脏器指数及消化道发育的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2022, 58(3): 128-132.
- HUANG X X, LI J H, ZANG C J, et al. Effects of starch from different grain sources on slaughter performance, viscera index and digestive tract development of weaned foals [J]. *Chinese Journal of Animal Husbandry*, 2022, 58(3): 128-132.
- [17] EMILSSON V, GUDMUNSDOTTIR V, GUDJONSSON A, et al. Coding and regulatory variants are associated with serum protein levels and disease[J]. *Nat Commun*, 2022, 13(1): 481.
- [18] 秦永燕, 王妤婕, 李颖, 等. 黄芪多糖对果蝇寿命和抗氧化作用的影响[J]. *食品工业科技*, 2020, 41(2): 288-291.
- QIN Y Y, WANG Y J, LI Y, et al. Effects of *Astragalus* polysaccharide on life span and antioxidant activity of *Drosophila melanogaster*[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2020, 41(2): 288-291.
- [19] SARKAR R K, BHOWMIK M, BISWAS SARKAR M, et al. Comprehensive characterization and molecular insights into the salt tolerance of a Cu, Zn-superoxide dismutase from an Indian Mangrove, *Avicennia marina*[J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 1745.
- [20] CHEN S S, ZHOU H N, ZHANG G, et al. Characterization, antioxidant, and neuroprotective effects of anthocyanins from *Nitraria tangutorum* Bobr. fruit [J]. *Food Chemistry*, 2021, 353: 129435.
- [21] ZANDI P, SCHNUG E. Reactive oxygen species, antioxidant responses and implications from a microbial modulation perspective[J]. *Biology-Basel*, 2022, 11(2): 155.
- [22] 彭珍珍, 蔡文涛, 王勇, 等. 花色苷对视网膜的保护作用及其机制研究进展[J]. *食品科学*, 2022, 43(9): 249-257.
- PENG Z Z, QI W T, WANG Y, et al. Research progress on the protective effect of anthocyanins on retina and its mechanism[J]. *Food Science*, 2022, 43(9): 249-257.
- [23] KALT W, HANNEKEN A, MILBURY P, et al. Recent research on polyphenolics in vision and eye health[J]. *J Agric Food Chem*, 2010, 58(7): 4001-4007.
- [24] CUEVAS P, OUTEIRINO L A, AZANZA C, et al. Improvement in the signs and symptoms of dry eye disease with dobesilate eye drops[J]. *Mil Med Res*, 2015, 35(2): 1917.
- [25] BETTERIDGE D J. What is oxidative stress? [J]. *Metabolism*, 2000, 49(2, Supplement 1): 3-8.
- [26] WOOD E, HALL K H, TATE W. Role of mitochondria, oxidative stress and the response to antioxidants in myalgic encephalomyelitis/chronic fatigue syndrome: A possible approach to SARS-CoV-2 'long-haulers'? [J]. *Chronic Diseases and Translational Medicine*, 2021, 7(1): 14-26.

Studies on Antioxidation and Alleviating Visual Fatigue of Blueberry Pulp

Cai Yanan¹, Wang Lebing¹, Li Dehai^{1,2*}

(¹School of Life Sciences, Northeast Forestry University, Harbin 150040

²Key Laboratory of Forest Food Resources Utilization of Heilongjiang Province, Harbin 150040)

Abstract To study the antioxidant effect *in vivo* and the effect of alleviating visual fatigue of blueberry pulp, and analyze the correlation between the antioxidant function of blueberry pulp and the effect of improving visual fatigue. The protein content, superoxide dismutase (SOD) activity, catalase (CAT) activity and malondialdehyde (MDA) content of mice were determined by kit after 30 days of low, medium and high doses of blueberry pulp. A total of 40 volunteers aged 18–22 with visual fatigue symptoms were selected and randomly divided into control group and trial drinking group. The trial drinking group drank 2 bottles of blueberry pulp (100 mL/d) every day for consecutive 60 d. The results showed as follows: Compared with blank control group, the serum SOD activity of mice was significantly increased to 610.76 U/mg prot, while the serum MDA content was significantly decreased to 4.82 nmol/mg prot in the intake of 0.53 mL blueberry pulp ($P<0.05$), and the intake of 0.21 mL blueberry pulp could significantly increase CAT activity in mice to 8.58 U/mg prot ($P<0.05$). The human body test showed that after drinking the blueberry juice for 60 d, the symptoms of visual fatigue and the duration of photopic vision were improved in the test group, and there was a significant difference in the male group ($P<0.05$). Result: Blueberry pulp has good antioxidant properties as well as good for relieving visual fatigue.

Keywords blueberry pulp; anthocyanins; antioxidant; duration of photopic vision; visual fatigue