

4种功效物质对视疲劳的缓解作用研究

Study on mitigation for asthenopia by four functional substances

袁克敏¹ 钟芳² 陈茂深² 尚梦珊²

YUAN Ke-min¹ ZHONG Fang² CHEN Mao-shen² SHANG Meng-shan²

(1. 成都眼糖科技有限公司, 四川 成都 610000; 2. 江南大学, 江苏 无锡 214000)

(1. Chengdu Eye Candy Technology Co., Ltd., Chengdu, Sichuan 610000, China;

2. Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214000, China)

摘要:将4种功效物质(茶氨酸、 γ -氨基丁酸、 β -胡萝卜素和葡萄籽提取物)添加到巧克力糖果中,通过问卷调查、视力测试、注意力测试、记忆力测试以及脑电波测试,研究其在30 d内对102位受试者视疲劳症状的改善作用。结果表明:样品组眼部不适和全身不适症状的总积分和各项症状(视物模糊、异物感、畏光、主观记忆力减退、主观注意力减退和失眠)积分均低于0 d值,视疲劳引起的眼部不适和全身不适症状得到明显改善,如7 d后视物模糊积分降低了0.21,主观记忆力减退积分降低了0.46;视力测定结果显示样品组受试者视力提高有效率明显增加,左眼和右眼视力分别由0.89和0.90显著提高至1.00和0.99;注意力测试和记忆力测试结果显示:样品组受试者注意力和记忆力显著提高,分别具有累积效应和短时效应,即苏尔特方格用时和脑年龄分别降低5.09 s和2.49;在脑电波测试中,样品组P4和O2导联的反映大脑放松度的 α 波功率值、 α 波功率值谱百分比和 α/β 波功率值谱百分比均增加,其中P4导联分别增加了7.69, 0.04, 0.50, O2导联分别增加了9.90, 0.04, 0.73。因此,含有茶氨酸、 γ -氨基丁酸、 β -胡萝卜素和葡萄籽提取物的巧克力糖果产品对视疲劳具有一定的缓解作用。

关键词:茶氨酸; γ -氨基丁酸; β -胡萝卜素; 葡萄籽提取物; 视疲劳; 巧克力糖果

Abstract: Four substances (theanine, gamma-aminobutyric acid, beta-carotene and grape seed extract) were added into the chocolate and the improvement effect of these substances on asthenopia of 102 test persons were studied by questionnaire, vision test, attention test, memory test and brain wave test for 30 days. The questionnaire results showed that the total and single score (ocular discomfort score and general malaise score) of sample group were lower than the score before eating the sample chocolate, which is indicated that the

asthenopia was improved by eating the sample chocolate, for example, the score of blurred vision was decreased by 0.21 and the score of subjective memory loss was decreased by 0.46 after eating the sample chocolate for 7 days. Attention test and memory test results showed that the attention and memory of sample group were improved significantly with cumulative effects and short-term effects, respectively. And the Sult square time and brain age were decreased by 5.09 s and 2.49, respectively. In the brain wave test, the alpha wave power value, the percentage of the alpha wave power value spectrum and the percentage ratio of the α/β wave power value spectrum which reflect the relaxation degree of the brain in the Lead P4 and Lead O2 of the sample group were increased, and the Lead P4 increased 7.69, 0.04 and 0.50, the Lead O2 increased by 9.90, 0.04 and 0.73, respectively. Therefore, a chocolate product containing theanine, gamma-aminobutyric acid, beta-carotene and grape seed extract plays a mitigation role on asthenopia.

Keywords: theanine; gamma-aminobutyric acid; beta-carotene; grape seed extract; asthenopia; chocolate sugar products

近年来,随着电子设备的普及与广泛使用,加之现代生活和工作节奏的加快,视疲劳人群的比例逐年增大^[1-2]。王家琦等^[3]对大学生视疲劳症状进行了调查,结果显示视疲劳的患病率为53.5%,同时发现对电子设备的依赖等因素与视疲劳的发生具有相关性。对办公室工作者的视疲劳调查结果也证明了长时间、高频率地使用视觉终端会导致视疲劳症状发生^[4]。

视疲劳被定义为眼睛因强化工作而疲劳时的非特异性症状,具体表现为眼部疲劳、眼部疼痛、视力模糊、头痛和易疲惫等^[5]。其中,视疲劳程度过重会产生记忆力减退、失眠等全身不适,严重影响视疲劳人群的学习、工作和生活^[6]。而紧张^[7]、过度紧张^[8-9]、焦虑^[10]、烦躁和抑郁^[10]等不良的心理情绪也可导致视疲劳的发生。同时有报道^[11-12]指出,视疲劳与眼肌的使用不当或过度紧张有关,由于眼肌的代谢

作者简介:袁克敏,男,成都眼糖科技有限公司工程师,本科。

通信作者:钟芳(1972—),女,江南大学教授,博士生导师,博士。

E-mail: fzhong@jiangnan.edu.cn

收稿日期:2018-09-01

增加和视细胞的过度消耗,导致代谢废物增加、氧自由基累积、眼部营养物质供应不足,从而使得视疲劳症状加剧。因此,为了预防和改善视疲劳症状,可以通过合理补充眼部或机体所需营养物质、抗氧化保护眼部细胞及体细胞、提高身体机能和改善不良情绪等方法达到缓解视疲劳的目的。

据报道^[13],缓解视疲劳功能食品中的功效成分多为脂质、水溶性维生素、氨基酸、矿物质、多酚及多糖类,其通过补充并维持眼部所需物质、清除自由基、增加眼部血液供应等方式,来改善视疲劳症状。研究表明, β -胡萝卜素是人体内维生素A的来源,具有保护视力^[14-15]和缓解人体视疲劳的作用^[16-18]。葡萄籽提取物含有原花青素、儿茶素、表儿茶素、没食子酸、表儿茶素没食子酸酯等多酚类物质,具有较强的抗氧化作用,能有效清除眼内代谢及损伤产生的自由基,改善视疲劳症状^[19-20]。 γ -氨基丁酸和茶氨酸在提高人体睡眠质量^[21]和记忆力^[22]等方面有较好的改善作用,能够缓解焦虑和抑郁等情绪^[23-24],同时对人体具有神经保护作用^[25]。此外,茶氨酸和 γ -氨基丁酸对脑电 α 波的增强、注意力的提高,以及反应能力的提高,也具有有良好的改善作用^[26-27]。然而,含有以上4种功效物质(茶氨酸、 γ -氨基丁酸、 β -胡萝卜素和葡萄籽提取物)的功能性产品对视疲劳症状的影响研究尚未有报道。

为了探究茶氨酸、 γ -氨基丁酸、 β -胡萝卜素和葡萄籽提取物相结合对视疲劳的缓解作用,本研究拟采用以上4种物质为功效成分,将其添加到巧克力糖果中,同时,以不加任何功能成分的巧克力糖果为空白对照,进行人群试验,评价该功能性巧克力产品对视疲劳引起的眼部不适和全身不适的缓解作用。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 受试样品

巧克力糖果:每块糖果质量为 (13.0 ± 0.5) g,成都眼糖科技有限公司。将样品分为空白组和样品组,空白组巧克力糖果主要配料为:赤砂糖、黄油、坚果、可可液块;样品组在空白组的基础上添加茶氨酸、 γ -氨基丁酸、 β -胡萝卜素和葡萄籽提取物4种功效物质,添加量参照有关国家标准或有关研究的推荐用量,控制每块中的总添加量在500 mg以内。

1.1.2 仪器

视力表:医用标准视力表灯箱,江苏远燕医疗设备有限公司;

脑电仪:NT9200型,北京中科新拓仪器有限公司。

1.2 方法

1.2.1 受试者的筛选 本试验参考国食药监保化[2012]107号《缓解视疲劳功能评价方法》和中华医学会眼科学分会眼视光学组《视疲劳诊疗专家共识》制订视疲劳评定量表,并以此设置调研问卷进行入组筛选^[28]。

从396位自愿者中筛选符合纳排标准的110位受试者,受试者均为日常用眼较多且已出现视疲劳表现的江南大学在校师生。其中男性27人,女性83人;年龄分布情况为17~20岁32人、21~30岁73人、31~40岁5人。受试者年龄集中在18~30岁,该年龄段也代表用眼较多(尤其是用电脑和手机较多)以及易出现视疲劳的学生和办公室人群。所有受试者在充分了解样品的安全性、测试方法与要求及注意事项后,签署知情同意后遵照方案进行测试评估。筛选条件及视疲劳症状判定方法如下:

(1) 18~65岁,年龄分层随机,男:女=1:1;长期使用视频终端(电脑、手机、电视等)每天总共超过4 h,每周5 d及以上,持续1年及以上的自愿受试者且具有以下8项中的任意3种及以上情况,或者前7项中至少一项根据表1得分达到3分者(无论有无⑧的情况):①眼酸痛;②眼胀;③畏光;④暂时性视物模糊,不耐久视;⑤眼部干涩;⑥异物感;⑦流泪;⑧全身不适。

(2) 排除以下情况测试者:①患有感染性、外伤眼部疾病或因此手术不足3个月者;②患有角膜、晶体、玻璃体、眼底病变等眼科疾病;③患有心血管、脑、肝肾、造血系统等疾病者、糖尿病患者或重大手术3个月以内者;④妊娠或哺乳期妇女、过敏体质患者、对巧克力、扁桃仁(巴旦木)过敏者;⑤短期内服用与受试功能有关的药品、保健品者,影响到对结果判定者;⑥长期使用治疗视力的药物或使用其他治疗未能终止而影响到结果判断者。

1.2.2 受试者的分组 根据视疲劳调查问卷结果评分的轻重程度将110例受试者进行分层,然后按照分层随机方法分为两组。测试过程中,8人脱落,实际有效例数102例。各组人员基本情况与指标均无显著差异,具有可比性(表2)。

1.2.3 样品的服用和分发 测试采用盲法:测试工作人员与受试者均不知道两组样品具体情况,但所有人均能够从测试问卷中了解到是否与视疲劳有关。受试者每日食用样品2块。根据受试者作息与学习工作特点,分2次(15:00~16:00和19:00~20:00)食用,1块/次,连续30 d。受试者在食用期间学习工作、生活饮食习惯与原来保持一致,停止服用有改善视力作用的药物或其他保健品。

表1 视疲劳症状判定方法[†]

Table 1 Method for determining asthenopia symptoms

积分	眼酸痛	眼胀	畏光	视物模糊	眼干涩	异物感	流泪	与视疲劳相关的全身不适
0	无	无	无	无	无	无	无	无
1	偶感隐痛	偶感眼胀	偶有畏光	偶有模糊	偶有干涩	偶有异物感	偶有流泪	偶有全身不适
2	时有眼痛	时有眼胀,休息后好转	时有畏光	时有模糊,休息后缓解	时有干涩	时有异物感	时有流泪	时有全身不适
3	经常眼痛	经常眼胀,休息后改善	经常畏光	经常模糊,休息后改善	经常干涩	经常异物感	经常流泪	经常全身不适

[†] “偶感”是指1~2次/2 d;“时有”是指1~3次/d;“经常”是指>3次/d。

表 2 各组人员测试前基本情况[†]

Table 2 Basic situation of each group before test

组别	视力		注意力(苏尔特 方格用时/s)	记忆力 (脑年龄值)	视疲劳调查问卷	
	左眼	右眼			眼部不适总积分	全身不适总积分
空白组	0.94±0.31 ^a	0.94±0.31 ^a	58.32±12.16 ^a	29.47±6.85 ^a	8.81±5.19 ^a	15.94±5.39 ^a
样品组	0.95±0.31 ^a	0.91±0.31 ^a	56.51±12.16 ^a	30.08±6.89 ^a	9.41±4.78 ^a	16.75±5.31 ^a

[†] 同列不同字母表示各组之间具有显著性差异, $P<0.05$ 。

1.3 测试指标

1.3.1 视力测试 受试者分别在 0, 30 d 进行视力测试, 记录服用受试样品前后受试者的左眼和右眼视力, 同时计算视力提高有效率(即视力提高人数与总受试者人数之比), 分析视力改善情况。具体测试方法如下:

使用标准对数视力表, 此表为 12 行大小不同开口方向各异的“E”字所组成; 测量从 0.1~1.5(或从 4.0~5.2); 每行有标号, 被检者的视线要与 1.0 的一行平行, 距离视力表

5 m, 视力表与被检查者的距离必须正确固定, 患者距表为 5 m。进行检测先遮盖一眼, 单眼自上而下辨认“E”字缺口方向, 直到不能辨认为止, 记录下来即可。

1.3.2 视疲劳调查问卷 受试者分别在 0, 7, 14, 21, 30 d 填写视疲劳眼部不适和全身不适调查问卷, 统计受试者问卷的眼部和全身不适总积分和单项症状积分(包括视物模糊、异物感、畏光、主观记忆力减退、主观注意力减退和睡眠质量下降), 分析视疲劳症状的改善情况。问卷内容见表 3。

表 3 视疲劳眼部不适和全身不适调查问卷[†]

Table 3 The questionnaire of eye discomfort and general malaise caused by asthenopia

积分	视物模糊	异物感	畏光	主观记忆力减退	主观注意力减退	失眠
0	无	无	无	昨日事情全部能回忆	能坚持专注工作或学 30 min	无
1	偶有模糊	偶有异物感	偶有畏光	偶有记忆力下降	偶有注意力下降	偶有失眠
2	时有模糊, 休息后缓解	时有异物感	时有畏光	时有记忆力下降	时有注意力下降	时有失眠
3	经常模糊, 休息后改善	经常异物感	经常畏光	经常有记忆力下降	经常有注意力下降	经常失眠
4	持续视物模糊, 休息后改善不明显	持续有异物感, 休息后改善不明显	持续畏光, 休息后改善不明显	持续记忆力下降, 休息后改善不明显	持续注意力下降, 休息后改善不明显	持续失眠

[†] 偶有(1分):一周 1~3 次; 时有(2分):每天 1~3 次, 但适当闭目休息后症状基本消失; 常有(3分):每天超过 3 次, 适当休息或小睡后有改善, 但症状仍在; 持续(4分):每天持续超过 6 h, 休息后改善也不明显。

1.3.3 注意力测试 受试者需要在为期 30 d 的测试过程中进行 2 次注意力测试, 2 次注意力的测试时间间隔为 15 d。第一次注意力测试记为 ZA₁, ZA₁ 结束后立刻服用受试样品, 计时 30 min 后进行 ZA₂ 测试。ZA₁ 测试结束 15 d 后进行第二次注意力测试, 记为 ZB₁, ZB₁ 结束后立刻服用受试样品, 计时 30 min 后进行 ZB₂ 测试。开始测试后, 屏幕上会出现乱序的数字, 要求受试者按照从小到大的顺序找到 1~50 并依次点击, 记录受试者完成该测试所用的时间, 结果以苏尔特方格用时(s)表示。

1.3.4 记忆力(脑年龄值)测试 受试者需要在为期 30 d 的测试过程中进行两次记忆力测试, 两次记忆力的测试时间间隔为 15 d。第一次记忆力测试记为 JA₁, JA₁ 结束后立刻服用受试样品, 计时 30 min 后进行 JA₂ 测试。JA₁ 测试结束 15 d 后进行第二次记忆力测试, 记为 JB₁, JB₁ 结束后立刻服用受试样品, 计时 30 min 后进行 JB₂ 测试。开始测试后, 屏幕上会随机出现几个乱序的数字, 几秒钟后消失。在原来出现数字的位置上会出现一个圆圈, 要求受试者按照数字从小到大的顺序点击圆圈, 根据点击速度的快慢和错题数综合分析并标记为脑年龄。记录并分析受试者脑年龄的变化。

1.3.5 脑电图测试 脑电 α 波的产生是人身体产生舒畅、愉快感觉的标志^[29], 对“放松”和“身心健康”两方面都有积极

的影响^[30]。受试者需要在为期 30 d 的测试过程中进行两次脑电波测试, 两次脑电波的测试时间间隔为 15 d。第一次脑电波测试记为 NA₁, NA₁ 结束后立刻服用受试样品, 计时 30 min 后进行 NA₂ 测试。NA₁ 测试结束 15 d 后进行第二次脑电波测试, 记为 NB₁, NB₁ 结束后立刻服用受试样品, 计时 30 min 后进行 NB₂ 测试。记录并分析受试者 NA₁、NA₂、NB₁ 和 NB₂ 测试的 α 波功率值、 α 波功率值谱百分比(α -Fr%)和 α/β 波功率值谱百分比比值(α/β 数量), 分析脑电波变化情况。

1.4 数据分析

数据统计采用 SPSS 22.0 软件, 组内和组间分析采用配对样本 t 检验和单因素方差分析。

2 结果与讨论

2.1 4 种功效物质对视疲劳引起的眼部不适的影响

2.1.1 视力测试 受试者服用样品 30 d 前后视力变化情况如表 4 所示, 由组内配对样本 t 检验分析结果可知, 服用样品 30 d 后, 样品组受试者的左眼视力和右眼视力均增加, 分别由 0.89 和 0.90 提高至 1.00 和 0.99, 且样本之间具有显著性差异。而空白组受试者的视力前后无显著性差异。

视力的提高有效率结果如图 1 所示, 样品组受试者的左

表4 服用样品前后的左(右)眼视力[†]

Table 4 Left eye and right eye vision of each group before and after test ($n=102$)

组别	左眼		右眼	
	服用前	服用后	服用前	服用后
空白组	0.95±0.35 ^a	1.01±0.38 ^a	0.95±0.40 ^a	1.03±0.39 ^a
样品组	0.89±0.30 ^b	1.00±0.33 ^a	0.90±0.28 ^b	0.99±0.32 ^a

[†] 同行不同字母表示样品之间具有显著性差异, $P<0.05$ 。

眼视力和右眼视力的提高有效率分别为 53.97% 和 46.03%, 且均高于空白组的 38.89% 和 36.11%, 即样品组中视力得到改善的受试者人数较多。这与邓乾春等^[31]的研究中原花青素能够清除氧自由基、保护眼部细胞的作用结果一致。

以上结果显示, 添加茶氨酸、 γ -氨基丁酸、 β -胡萝卜素和葡萄籽提取物的巧克力产品对视疲劳受试者的视力减退下降具有较好的改善作用。

2.1.2 视疲劳眼部不适问卷测试 图2为受试者服用前(0 d)眼部不适总积分以及单项症状积分与服用样品不同天数(7, 14, 21, 30 d)后的眼部不适总积分以及单项症状积分的差值。差值越大, 表明眼部不适症状的改善程度越大。

由图2(a)可知, 随着服用天数的延长, 两组的眼部不适总积分差值均逐渐增大, 其中样品组的总积分差值由 0~7 d 的 1.75 增加至 0~30 d 的 3.54, 空白组的总积分差值由 0~7 d 的 0.97 增加至 0~30 d 的 2.69。表明样品组受试者的视疲劳眼部不适症状得到了较大程度的改善。而空白组受试

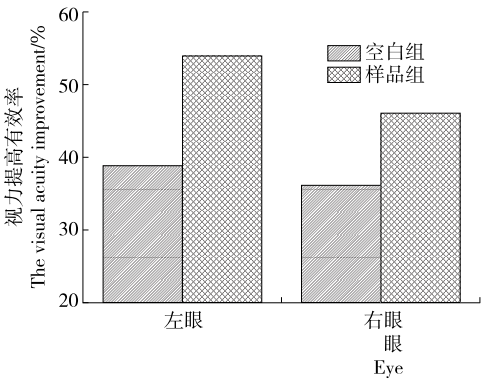


图1 服用样品前后的视力提高有效率

Figure 1 The visual acuity improvement of each group before and after test ($n=102$)

者眼部不适总积分也增加, 可能是受试者自身的心理暗示作用。

由图2(b)可知, 随着服用天数的延长, 两组的视物模糊积分差值均逐渐增大, 其中样品组的积分差值分别由 0~7 d 的 0.21 增加至 0~30 d 的 0.57, 空白组的积分差值分别由 0~7 d 的 0.09 增加至 0~30 d 的 0.21。表明样品组受试者的视物模糊症状得到了较大程度的改善。同时, 由图2还可知, 7 d 时样品组受试者的视物模糊症状已有一定程度的改善, 21 d 时的改善程度进一步增大, 而 30 d 时的改善程度保持不变。

由图2(c)、(d)可知, 随着服用天数的延长, 两组的异物

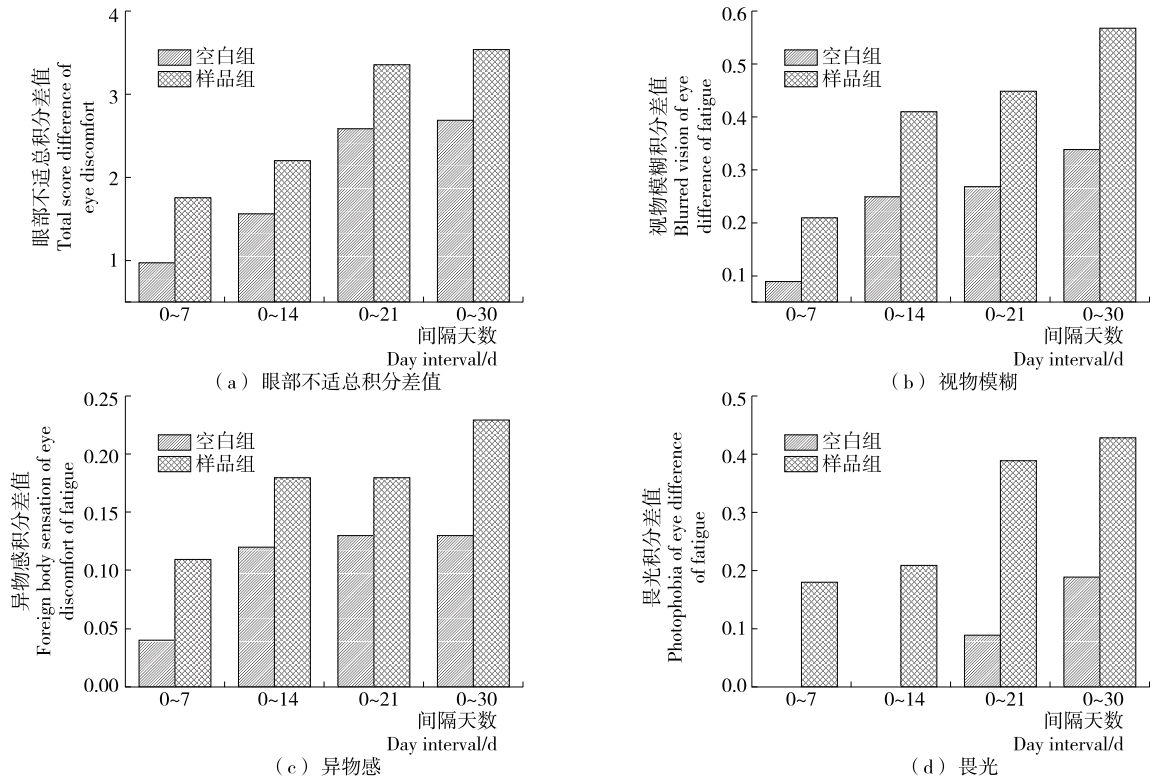


图2 服用样品不同天数后的视疲劳眼部不适总积分差值以及视物模糊、异物感和畏光单项症状积分差值

Figure 2 The differences of total and single score (blurred vision), foreign body sensation and photophobia of eye discomfort caused by asthenopia after eating the sample for different days ($n=102$)

感和畏光积分差值均逐渐增大,其中样品组的积分差值分别由 0~7 d 的 0.11 和 0.18 增加至 0~30 d 的 0.23 和 0.43,空白组的积分差值分别由 0~7 d 的 0.04 和 -0.28 增加至 0~30 d 的 0.13 和 0.19。同时,由图 2 还可知,样品组 0~30 d 时的异物感和畏光积分差值较大。这表明,样品组受试者的异物感和畏光症状在 30 d 时得到较大程度的改善。

以上结果表明,添加茶氨酸、 γ -氨基丁酸、 β -胡萝卜素和葡萄籽提取物的巧克力产品能够有效缓解受试者由视疲劳引起的眼部不适症状。其中,对于视物模糊症状,服用 7 d 即能够得到有效改善,而长期(21, 30 d)服用改善效果更好。对于异物感和畏光症状,长期(30 d)服用能够得到有效改善。

2.2 4 种功效物质对视疲劳引起的全身不适的影响

2.2.1 视疲劳全身不适问卷测试 图 3 为受试者服用前(0 d)全身不适总积分以及单项症状积分与服用样品不同天数(7, 14, 21, 30 d)后的全身不适总积分以及单项症状积分的差值。其中,差值越大,表明全身不适症状的改善程度越大。

由图 3(a)可知,随着服用天数的延长,两组的全身不适总积分差值均逐渐增大,其中样品组的总积分差值由 0~7 d 的 3.11 增加至 0~30 d 的 6.57,空白组的总积分差值由 0~7 d 的 3.25 增加至 0~30 d 的 4.66。表明样品组受试者的全身不适症状有较大程度的改善。而空白组受试者全身不适总积分也有所增加,这可能是受试者自身的心理暗示作用。

由图 3(b)~(d)可知,随着服用天数的延长,两组的主观记忆力减退、主观注意力减退和睡眠质量下降积分差值均逐渐增大,其中样品组的积分差值分别由 0~7 d 的 0.46, 0.21, 0.20 增加至 0~30 d 的 0.66, 0.52, 0.52,空白组的积分差值分别由 0~7 d 的 0.05, 0.19, 0.09 增加至 0~30 d 的 0.31, 0.25, 0.19。表明样品组受试者的主观记忆力减退、主观注意力减退和睡眠质量下降症状得到较大程度的改善。这与林伟东等^[30]的研究中茶氨酸的作用结果一致。同时,由图 3 可知,样品组受试者的主观记忆力减退症状在 7 d 时已有较大程度的改善,14, 21 d 时的改善程度增加,30 d 时保持稳定。样品组受试者的主观注意力减退和睡眠质量下降症状在 14 d 时已有较大程度的改善,21 d 时的改善程度增加,30 d 时保持稳定。

以上结果表明,添加茶氨酸、 γ -氨基丁酸、 β -胡萝卜素和葡萄籽提取物的巧克力产品能够有效改善受试者由视疲劳引起的全身不适症状。其中,对于主观记忆力减退症状,服用 7 d 即能够得到有效改善。对于主观注意力减退和睡眠质量下降症状,服用 14 d 即能够得到有效改善。

2.2.2 注意力 苏尔特方格用时能够反映人的注意力变化情况,本试验采用注意力变化的短时效应和累积效应进行分析,其中,短时效应由 ZA_1 和 ZA_2 之间的差异反映,累积效应由 ZA_1 和 ZB_1 之间的差异反映。

表 5 为服用样品前后的苏尔特方格用时。由组内配对样本 t 检验分析结果可知(表 5),服用样品 30 min 后,样品

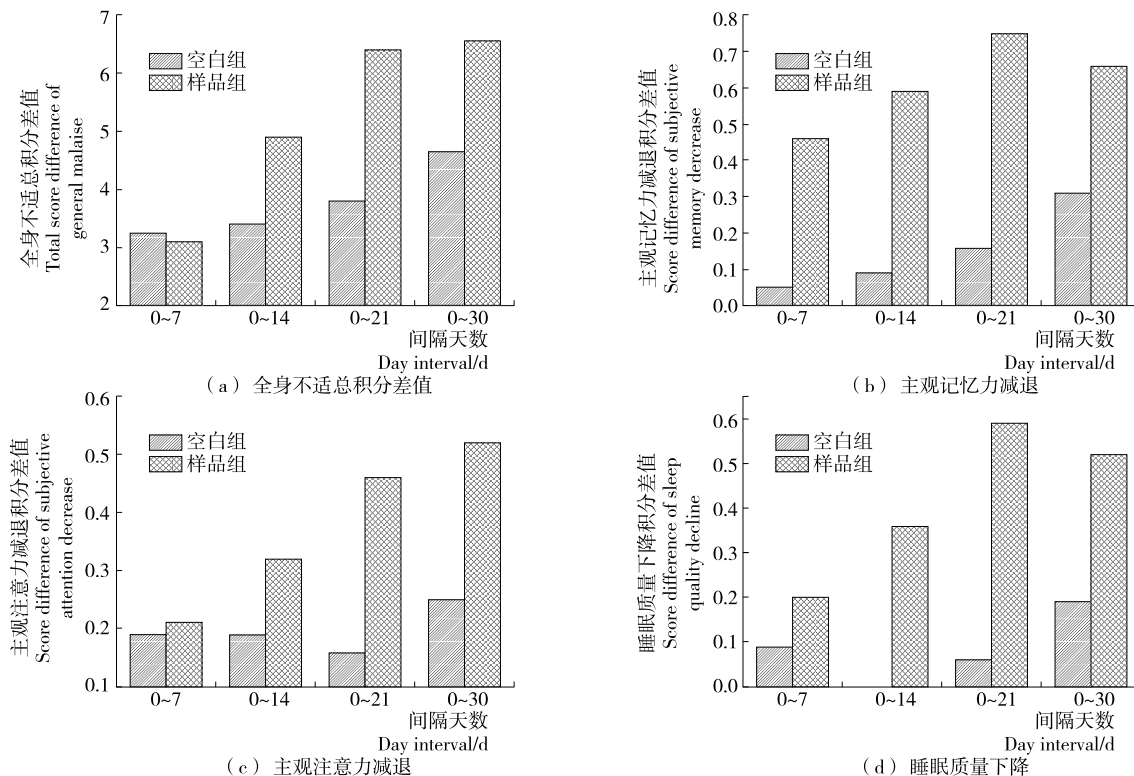


图 3 服用样品不同天数后的视疲劳全身不适总积分差值以及主观记忆力减退、主观注意力减退和睡眠质量下降单项症状积分差值

Figure 3 The differences of total and single score of general malaise caused by asthenopia (subjective memory loss, subjective attention loss, and sleep quality decline) after eating the sample for different days ($n=102$)

组受试者的短时苏尔特方格用时降低,由服用前的 53.26 s 降至 50.31 s,但服用前后无显著性差异。而服用样品 15 d 后,样品组受试者的短时苏尔特方格用时降低至 48.17 s,且服用前后具有显著性差异。表明添加茶氨酸、 γ -氨基丁酸、 β -胡萝卜素和葡萄籽提取物的巧克力产品对受试者注意力的提高具有累积效应,而短时效应不明显。这与朱松等^[32]的研究结果一致。

表 5 服用样品前后的苏尔特方格用时[†]
Table 5 Sirte square time of each group before and after test ($n=102$)

组别	ZA ₁	ZA ₂	ZB ₁
空白组	52.90±11.38 ^a	51.59±8.48 ^a	51.45±10.56 ^a
样品组	53.26±10.55 ^a	50.31±9.00 ^a	48.17±8.67 ^b

† 同行不同字母表示样品之间具有显著性差异, $P<0.05$ 。

同时由表 5 还可知,空白组中受试者的注意力均降低,但服用空白样品前后不具有显著性差异。表明空白样品对受试者注意力的提高不具有短时效应和累积效应。

以上结果表明,添加茶氨酸、 γ -氨基丁酸、 β -胡萝卜素和葡萄籽提取物的巧克力产品对视疲劳受试者注意力的提高具有较好的改善作用。

2.2.3 记忆力 表 6 为服用样品前后的记忆力(脑年龄值)。通过比较 JA₁ 和 JA₂、JA₁ 和 JB₁ 之间的差异考察样品对记忆力影响的短时效应和累积效应。

由组内配对样本 t 检验分析结果可知(表 6),服用样品 30 min 后,样品组受试者的脑年龄降低,由服用前的 28.84 降至 26.35,且具有显著性差异。而服用样品 15 d 后,样品组受试者的脑年龄也降低,但服用前后无显著性差异。表明

表 6 服用样品前后的记忆力(脑年龄值)[†]
Table 6 Memory (brain age) of each group before and after test ($n=102$)

组别	JA ₁	JA ₂	JB ₁
空白组	28.07±5.24 ^a	28.72±5.49 ^a	25.59±3.83 ^a
样品组	28.84±6.15 ^a	26.35±4.99 ^b	26.67±4.90 ^a

† 同行不同字母表示样品之间具有显著性差异, $P<0.05$ 。

添加茶氨酸、 γ -氨基丁酸、 β -胡萝卜素和葡萄籽提取物的巧克力产品能够提高受试者的记忆力,且具有短时效应。这与吕毅等^[25]的报道一致。同时由表 6 还可知,服用空白样品 30 min 后,空白组中受试者的脑年龄增加。而服用空白样品 15 d 后,空白组中受试者的脑年龄降低,但服用前后无显著性差异。以上结果表明,添加茶氨酸、 γ -氨基丁酸、 β -胡萝卜素和葡萄籽提取物的巧克力产品对视疲劳受试者记忆力的提高具有较好的改善作用。

2.2.4 脑电波分析 为了探究茶氨酸、 γ -氨基丁酸、 β -胡萝卜素和葡萄籽提取物对人体焦虑的缓解、放松的效果,采用了脑电波测试分析的方法。参考任晓亮^[33]的研究对视疲劳受试者的 16 导联进行脑电波测试,结果发现每位受试者 16 导联的同一测试值数据均集中在一个区域,即不同电极测得的数据之间具有极强的相关性。因此,本研究选用正常成人 α 节律集中分布的顶部(P4)和枕部(O2)作为 16 导联的代表性指标进行分析。

(1) α 波功率值和 α 波功率值谱百分比(α -Fr%) :表 7 为脑电波测试的 α 波功率值和 α 波功率值谱百分比, α 波功率值和 α 波功率值谱百分比越大,表明大脑越放松。其中,NA₁ 和 NA₂ 的 α 波功率值(α 波功率值谱百分比)差异反映短时效应,NA₁ 和 NB₁ 的 α 波功率值(α 波功率值谱百分比)差异反映累积效应。由表 7 可知,与服用样品前(NA₁)相比,服用样品 30 min 后(NA₂),空白组受试者各导联的 α 波功率值和 α 波功率值谱百分比均降低,而样品组受试者各个导联的 α 波功率值和 α 波功率值谱百分比均增加,且存在显著性差异。这表明,添加茶氨酸、 γ -氨基丁酸、 β -胡萝卜素和葡萄籽提取物的巧克力产品对大脑的放松效应在食用后短时(30 min)就可以起效,还具有提高大脑的记忆能力、认知能力以及处理信息能力等效果,而空白样品不具有该效应。

同时由表 7 还可知,与服用样品前(NA₁)相比,服用样品 15 d 后(NB₁),两组受试者各个导联的 α 波功率值略有增加, α 波功率值谱百分比不变或略有增加,但均不存在显著性差异。这表明,添加茶氨酸、 γ -氨基丁酸、 β -胡萝卜素和葡萄籽提取物的巧克力产品和空白样品对脑电波均无累积作用。

(2) α/β 波功率谱百分比比值(数量 α/β) :表 8 为脑电波测试的 α/β 波功率值谱百分比比值(数量 α/β),数量 α/β 越

表 7 脑电波测试的 α 波功率值和 α 波功率值谱百分比[†]

Table 7 The alpha wave power value and the percentage of the alpha wave power value spectrum of the brain wave test ($n=102$)

组别	导联	α 波功率值			α 波功率值谱百分比		
		NA ₁	NA ₂	NB ₁	NA ₁	NA ₂	NB ₁
空白组	P4	34.73±13.54 ^a	30.69±13.68 ^b	37.85±16.06 ^a	0.48±0.07 ^a	0.45±0.08 ^b	0.49±0.09 ^a
	O2	39.36±17.99 ^a	33.97±15.66 ^b	43.24±20.12 ^c	0.49±0.08 ^a	0.48±0.08 ^a	0.51±0.09 ^a
样品组	P4	29.26±9.47 ^b	36.94±12.25 ^a	30.10±10.52 ^b	0.46±0.06 ^b	0.50±0.07 ^a	0.46±0.07 ^b
	O2	34.10±12.83 ^b	44.00±19.34 ^a	35.53±14.74 ^b	0.49±0.08 ^b	0.53±0.09 ^a	0.49±0.08 ^b

† 同行不同字母表示有显著性差异, $P<0.01$ 。

大, α 波相对增加、 β 波相对减少, 表明大脑越放松, 越有助于减轻压力与焦躁, 且不易疲劳。其中, NA_1 和 NA_2 的数量 α/β 差异反映短时效应, NA_1 和 NB_1 的数量 α/β 差异反映累积效应。由表 8 可知, 与服用样品前 (NA_1) 相比, 服用样品 30 min 后 (NA_2), 空白组受试者各导联的数量 α/β 均降低, 而样品组受试者各个导联的数量 α/β 均增加, 且存在显著性差异。这表明, 添加茶氨酸、 γ -氨基丁酸、 β -胡萝卜素和葡萄籽提取物的巧克力产品对大脑的放松能够短时起效, 同时有助于缓解视疲劳引起的紧张、焦虑等情绪^[27]。而空白样品不具有该效应。

表 8 脑电波测试的 α/β 波功率谱百分比比值[†]

Table 8 The percentage ratio of the α/β wave power value spectrum of the brain wave test ($n=102$)

组别	导联	NA_1	NA_2	NB_1
空白组	P4	3.35 ± 0.88^a	3.03 ± 0.92^b	3.54 ± 1.10^a
	O2	3.40 ± 1.03^a	3.18 ± 0.94^a	3.62 ± 1.24^a
样品组	P4	2.93 ± 0.79^b	3.44 ± 0.93^a	2.93 ± 0.97^b
	O2	3.10 ± 0.88^b	3.83 ± 1.22^a	3.20 ± 1.14^b

† 同行不同字母表示有显著性差异, $P < 0.01$ 。

同时由表 8 可知, 与服用样品前 (NA_1) 相比, 服用样品 15 d 后 (NB_1), 两组受试者各个导联的数量 α/β 不变或略有增加, 但不存在显著性差异。这表明, 添加茶氨酸、 γ -氨基丁酸、 β -胡萝卜素和葡萄籽提取物的巧克力产品和空白样品对脑电波均无累积作用。

以上结果显示, 添加茶氨酸、 γ -氨基丁酸、 β -胡萝卜素和葡萄籽提取物的巧克力产品能够短时有效地放松大脑, 有助于提高大脑的记忆能力、认知能力和处理信息能力等, 从中枢机制上缓解视疲劳、放松眼肌, 同时对视疲劳引起的紧张、焦虑、睡眠质量下降等情况也具有一定的缓解作用。

3 结论

针对视疲劳引起的眼部不适和全身不适等症状, 本试验研究了含有功效物质茶氨酸、 γ -氨基丁酸、 β -胡萝卜素和葡萄籽提取物的巧克力产品对受试者视力、注意力、记忆力和脑电波(主要是 α 波)的影响。同时, 采用调查问卷的形式, 对受试者的眼部不适和全身不适症状进行了主观问卷调查, 其中包括视物模糊、异物感、畏光、主观记忆力减退、主观注意力减退和睡眠质量下降 6 种表现。

结果表明, 添加茶氨酸、 γ -氨基丁酸、 β -胡萝卜素和葡萄籽提取物的巧克力产品对视疲劳受试者的眼部不适症状、视力下降、全身不适症状、注意力和记忆力减退以及脑电波均具有较好的改善作用, 能够缓解受试者由视疲劳导致的多种眼部和全身不适症状, 如视物模糊、异物感、畏光、主观注意力和记忆力减退、睡眠质量下降等问题, 同时能够短时有效地增加脑电 α 波、提高 α/β 波功率谱百分比, 放松大脑, 提高注意力, 提高大脑的记忆能力、认知能力和处理信息能力等, 从中枢机制上缓解视疲劳、放松眼肌, 对视疲劳引起的紧张、焦虑、睡眠质量下降等情况也具有一定的缓解作用。

参考文献

[1] 宿蕾艳, 庄曾渊. 视疲劳病因机制及防治的研究进展[J]. 中国中医眼科杂志, 2010, 20(3): 183-185.

[2] THORUD H M S, HELLAND M, AARÅS A, et al. Eye-related pain induced by visually demanding computer work[J]. Optometry and Vision Science, 2012, 89(4): E452-E464.

[3] 王家琦, 翟玥, 刘泽豫, 等. 大学生电子产品使用与视疲劳发生的相关性分析[J]. 眼科新进展, 2018, 38(1): 65-68.

[4] YE Zhao-jia, ABE Y, KUSANO Y, et al. The influence of visual display terminal use on the physical and mental conditions of administrative staff in Japan[J]. Journal of Physiological Anthropology, 2007, 26(2): 69-73.

[5] PARK C Y, GU N, LIM C Y, et al. The effect of Vaccinium uliginosum extract on tablet computer-induced asthenopia: randomized placebo-controlled study[J]. BMC Complementary and Alternative Medicine, 2016, 16(1): 296.

[6] 吴盛, 吴至凤. 视疲劳研究概述[J]. 赣南医学院学报, 2007, 27(3): 480-482.

[7] MOCCI F, SERRA A, CORRIAS G A. Psychological factors and visual fatigue in working with video display terminals[J]. Occupational and Environmental Medicine, 2001, 58(4): 267-271.

[8] YE Zhao-jia, HONDA S, ABE Y, et al. Influence of work duration or physical symptoms on mental health among Japanese visual display terminal users[J]. Industrial Health, 2007, 45(2): 328-333.

[9] TIPPIN J, SPARKS J D, RIZZO M. Visual vigilance in drivers with obstructive sleepapnea[J]. Journal of Psychosomatic Research, 2009, 67(2): 143-151.

[10] INSANA S P, MONTGOMERY-DOWNS H E. Maternal postpartum sleepiness and fatigue: associations with objectively measured sleep variables[J]. J Psychosom Res, 2010, 69(5): 467-473.

[11] 李志英, 王燕, 叶笑妮, 等. 视疲劳的病因证治及其调养摄要[J]. 中医药学刊, 2003, 21(10): 1 632-1 633.

[12] 马越, 张超, 王丹, 等. 花青素饮料缓解人体视疲劳作用研究[J]. 食品科技, 2015, 40(2): 104-107.

[13] 金鑫, 臧茜茜, 葛亚中, 等. 缓解视疲劳功能食品及其功效成分研究进展[J]. 食品科学, 2015, 36(3): 258-264.

[14] 路秋丽. β -胡萝卜素的研究进展[J]. 徐州医学院学报, 2006, 26(6): 590-592.

[15] 陈子畅, 樊芯, 李晓燕, 等. 维生素 A 对光损伤小鼠视网膜功能和结构的保护作用[J]. 宁夏医科大学学报, 2016, 38(7): 750-754.

[16] 王黎颖, 杨国兰, 田甜, 等. 盐藻粉和蓝莓提取物的毒理学安全性评价[J]. 毒理学杂志, 2018, 32(3): 252-255.

[17] 何玉莲. 越橘叶黄素酯 β -胡萝卜素软胶囊生产工艺及其质量控制点[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(12): 4 821-4 825.

[18] 王丽娟, 张慧, 张立冬, 等. β -胡萝卜素的研究进展及应用[J]. 中国食品添加剂, 2013(S1): 148-152.

[19] 邓耀, 杨立亭, 廖国周. 葡萄籽提取物中原花青素含量测定[J]. 中国食品工业, 2016(2): 56-58.

(下转第 74 页)

性增加的趋势,并且沿着径向向外的方向,温度逐渐增加。为了验证非等温流动问题模拟结果的准确性,在螺杆转速为 20 r/min 时,观察入口温度云图以及 Z 方向温度变化云图,结果与螺杆转速为 10 r/min 的温度变化一致。

如图 6 所示,在螺杆转速为 20 r/min 时,由于是非等温流动过程,在挤出过程中温度相对于等温过程会升高,相应的压力会增大,黏度会降低。

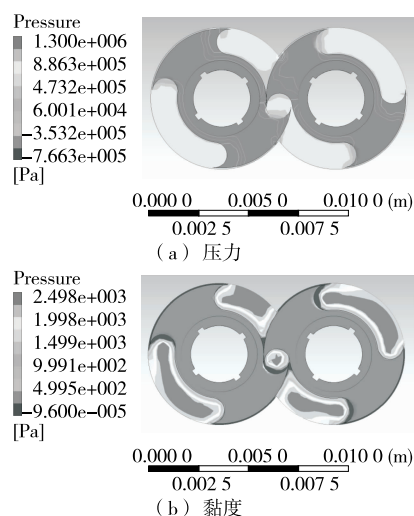


图 6 入口压力云图和黏度云图

Figure 6 Inlet pressure cloud chart and viscosity nephogram

3 结论

本研究通过 polyflow 软件对啮合异向双螺杆挤出等温与非等温问题进行数值分析,得到如下结论:

(1) 非等温过程对啮合异向双螺杆挤出机挤出过程中压力、黏度等物理量的变化存在影响。

(2) 相较于之前研究人员对等温过程中各物理量的分析研究,本研究结果与挤出机实际工作状态更为符合,得出的结论更为准确。

(3) 在挤出机实际工作中,对于转速的要求很严格,本研究未给予最合适挤出机工作的工艺参数,未来可以多次进行模拟与试验,反复对比,以期获得更准确的工艺参数。

参考文献

- [1] 时俊峰, 黄志刚, 蒋卫鑫, 等. 聚乳酸在啮合同向双螺杆挤出机头过渡体的流场研究[J]. 食品与机械, 2017, 33(1): 72-75.
- [2] 耿孝正. 双螺杆挤出机及其应用[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2003: 128-129.
- [3] 张其东. 异向旋转平行双螺杆设计要点及挤出工艺[J]. 塑料科技, 2014, 42(2): 73-78.
- [4] 刘湘河, 彭涛, 马永寿. 异向双螺杆 S 型元件混炼效果的数值研究[J]. 工程塑料应用, 2014, 42(4): 51-55.
- [5] 李彦辉, 马秀清, 武学伟, 等. 啮合异向双螺杆挤出机中捏合块元件对 PE-HD/PS 不相容体系混合效果的研究[J]. 中国塑料, 2010, 24(9): 94-98.
- [6] 王多勇. 双螺杆挤出机的关键技术[J]. 塑料工业, 2012, 40(4): 118-122.
- [7] 王鹤, 马秀清. 成核剂对聚丙烯釜压发泡的影响[J]. 中国塑料, 2015, 13(3): 75-78.
- [8] 王蓉, 耿孝正. 同向旋转双螺杆挤出机捏合盘元件的熔体输送特性及混合机理研究[J]. 中国塑料, 1990, 4(1): 65-75.
- [9] 吴冰清. 啮合异向双螺杆参数化造型与流固耦合分析[D]. 沈阳: 东北大学, 2015: 17-20.
- [10] 黄志刚, 刘凯, 李梦林, 等. 单螺杆挤出机计量段模拟研究[J]. 食品与机械, 2016, 32(1): 63-67.
- [11] 李彦辉. 啮合异向双螺杆混合功能区的研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2010: 23-25.
- [12] 陈龙, 董力群, 张亚军, 等. 基于 SolidWorks API 的异向双螺杆的参数化设计[J]. 中国塑料, 2018, 32(1): 120-124.
- [13] 毕超. polyflow 软件基础及其在双螺杆挤出仿真过程中的应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2018: 38-42.
- [14] 张宏建, 黄志刚, 李梦林, 等. 啮合同向双螺杆挤出机不同螺杆流场仿真分析[J]. 工程塑料应用, 2016, 44(9): 70-74.

(上接第 25 页)

- [20] 隋晓春, 程显好, 张友军, 等. 一种抗辐射危害和缓解视疲劳保健食品的研制[J]. 食品与药品, 2007(11): 19-21.
- [21] 程传兴, 刘晓飞, 王薇. γ -氨基丁酸的生理功能及制备方法[J]. 哈尔滨商业大学学报: 自然科学版, 2017(6): 693-697.
- [22] 吕毅, 郭雯飞, 倪捷儿, 等. 茶氨酸的生理作用及合成[J]. 茶叶科学, 2003, 23(1): 1-5.
- [23] 石亚亚, 贾尚智, 闵彩云. 茶氨酸保健功能研究进展[J]. 生物资源, 2010, 32(1): 52-56.
- [24] 丁一, 艾华. γ -氨基丁酸与人体健康的关系[J]. 中国临床保健杂志, 2012, 15(1): 100-103.
- [25] DODD F L, KENNEDY D O, RIBY L M, et al. A double-blind, placebo-controlled study evaluating the effects of caffeine and L-theanine both alone and in combination on cerebral blood flow, cognition and mood[J]. Psychopharmacology, 2015, 232(14): 2 563-2 576.
- [26] HIGASHIYAMA A, HTAY H H, OZEKI M, et al. Effects of

L-theanine on attention and reaction time response[J]. Journal of Functional Foods, 2011, 3(3): 171-178.

- [27] 堀江典子, 菅美奈子, 金武祚. GABA(γ -氨基丁酸)的功能性[J]. 中国食品添加剂, 2010(6): 169-173.
- [28] 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(7): 385-387.
- [29] 赵丹, 王朝旭. 茶氨酸的国内外研究现状[J]. 食品科学, 2002, 23(5): 145-147.
- [30] 林伟东, 孙威江, 郭义红, 等. 茶叶中茶氨酸的研究与利用[J]. 食品研究与开发, 2016(20): 201-206.
- [31] 邓乾春, 黄凤洪, 黄庆德, 等. 亚麻籽油软胶囊缓解视疲劳作用[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(1): 118-122.
- [32] 朱松, 王洪新. 茶氨酸生理功能及其在食品中应用[J]. 粮食与油脂, 2005(1): 44-46.
- [33] 任晓亮. 薰衣草精油嗅吸对人体脑电波的影响[D]. 上海: 上海交通大学, 2012: 28-32.