

# 高效液相色谱法对比观察不同中药对发芽糙米中 $\gamma$ -氨基丁酸含量的影响

詹杰, 刘乃榕, 李景辉, 魏瑞娇

基金项目:辽宁省教育厅基本科研项目(LJKMZ20222204)

作者单位:110101 沈阳,辽宁省基础医学研究所(詹杰,刘乃榕,李景辉);110032 沈阳,辽宁中医药大学(魏瑞娇)

作者简介:詹杰(1972—),女,医学博士,教授。研究方向:营养与食品开发

通信作者:詹杰,E-mail:2424485544@qq.com

**【摘要】** 目的 依据体质分析理论,对比分析不同药食两用类中药对发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量的影响,以为不同体质儿童研发糙米药膳食品提供理论依据。方法 实验分空白组(糙米组)、对照组(发芽糙米组)及中药发芽糙米组。中药发芽糙米组又分为 9 个亚组,分别为补气类(黄芪米、山药米、白扁豆米),滋阴类(玉竹米、黄精米、枸杞米、桑叶米),补血类(桑椹米、龙眼肉米),助阳类(杜仲米、干姜米),理气类(陈皮米、甘松米),化痰类(杏仁米、紫苏子米、莱菔子米),活血类(桃仁米、姜黄米),利水渗湿类(茯苓米、薏苡仁米),清利类(决明子米、夏枯草米、荷叶米、淡豆豉米)。其中补气类、助阳类、滋阴类和补血类为补益类中药发芽糙米,利水渗湿类、化痰类、清热类、理气类和活血类为泻实类中药发芽糙米。采用高效液相色谱法(HPLC)定量分析糙米、发芽糙米和不同复方中药发芽糙米和中药中  $\gamma$ -氨基丁酸(GABA)含量,建立  $\gamma$ -氨基丁酸质量浓度与吸光度值的线性回归方程,计算并对比分析样品中  $\gamma$ -氨基丁酸含量。结果 与空白组比较,除杜仲米、甘松米和桃仁米外的其他各组发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量均明显高于空白组( $P < 0.05$ )。与对照组比较,黄芪、山药、白扁豆、玉竹、黄精、枸杞、桑叶、桑椹、龙眼肉、薏苡仁、杏仁、紫苏子、莱菔子、淡豆豉、陈皮、姜黄发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量明显提高( $P < 0.05$ )。干姜、茯苓、决明子、夏枯草、荷叶发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量高于糙米,但低于普通发芽糙米,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。按中药不同功能类别比较,补益组中补气类、滋阴类、补血类中药发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量均明显高于助阳类( $P < 0.05$ );泻实组中理气类和化痰类中药发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量明显高于活血类( $P < 0.05$ )。黄芪、黄精、桑椹、龙眼肉、陈皮、桑叶中  $\gamma$ -氨基丁酸含量明显高于其他中药,同时明显高于相应的中药发芽糙米( $P < 0.05$ );山药、白扁豆、玉竹、茯苓、薏苡仁、莱菔子、决明子、淡豆豉中药发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量明显高于相应的中药( $P < 0.05$ )。结论 补气、滋阴、补血、理气类药食两用中药可望用于开发调节情绪类、增强记忆类、改善睡眠类和调节消化功能类药膳食品。

**【关键词】** 发芽糙米; 中药;  $\gamma$ -氨基丁酸; 高效液相色谱; 含量测定

doi:10.3969/j.issn.1674-3865.2024.04.004

**【中图分类号】** R285.5 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1674-3865(2024)04-0291-06

## Comparative study on the effect of different Chinese herbs on $\gamma$ -aminobutyric acid contents in germinated brown rice using HPLC method

ZHAN Jie<sup>1</sup>, LIU Nairong<sup>1</sup>, LI Jinghui<sup>1</sup>, WEI Ruijiao<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Basic Medicine of Liaoning Province, Shenyang 110101, China; <sup>2</sup>Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Shenyang 110032, China

Corresponding author: ZHAN Jie, E-mail: 2424485544@qq.com

**【Abstract】** **Objective** Based on the theory of constitution analysis, to compare and analyze the effects of different kinds of medicinal and edible herbs on the content of GABA in germinated brown rice, so as to provide theoretical basis for the development of medicinal diet of brown rice for children with different constitutions.

**Methods** The experiment included three groups: blank group (brown rice group), control group (germinated brown rice group) and TCM germinated brown rice group. The TCM germinated brown rice group was again

divided into 9 subgroups: qi-tonifying group (Huang Qi rice, Shan Yao rice, Bai Bian Dou rice), yin-nourishing group (Yu Zhu rice, Huang Jing rice, Gou Qi rice, Sang Ye rice), blood-supplementing group (Sang Shen rice, Long Yan Rou rice), yang-assisting group (Du Zhong rice, Gan Jiang rice), qi-regulating group (Chen Pi rice, Gan Song rice), sputum-resolving group (Xing Ren rice, Zi Su Zi rice, Lai Fu Zi rice), blood-activating group (Tao Ren rice, Jiang Huang rice), dampness-eliminating group (Fu Ling rice, Yi Yi Ren rice), and heat-clearing group (Jue Ming Zi rice, Xia Ku Cao rice, He Ye rice, Dan Dou Chi rice). Among them, the qi-tonifying group, yang-assisting group, yin-nourishing group and blood-supplementing group involved germinated brown rice with Chinese herbs for invigoration, and dampness-eliminating group, sputum-resolving group, heat-clearing group, qi-regulating group and blood-activating group involved germinated brown rice with Chinese herbs for reducing excess. HPLC method was used to quantitatively analyze the contents of GABA in brown rice, germinated brown rice and germinated brown rice with different compound of Chinese herbs, a linear regression equation of the mass concentration of GABA and the absorbance value was established, and the GABA content in the samples was calculated and compared. **Results** Compared with blank group, the content of GABA was significantly higher in all groups of germinated brown rice except for DU Zhong rice, Gan Song rice and Tao Ren rice ( $P < 0.05$ ). Compared with control group, the content of GABA significantly increased in the germinated brown rice of Huang Qi, Shan Yao, Bai Bian Dou, Yu Zhu, Huang Jing, Gou Qi, Sang Ye, Sang Shen, Long Yan Rou, Yi Yi Ren, Xing Ren, Zi Su Zi, Lai Fu Zi, Dan Dou Chi, Chen Pi and Jiang Huang ( $P < 0.05$ ). The content of GABA in germinated brown rice of Gan Jiang, Fu Ling, Jue Ming Zi, Xia Ku Cao and He Ye was higher than that in brown rice, but lower than the ordinary germinated brown rice, and the differences were of statistical significance ( $P < 0.05$ ). The comparison based on the functions of Chinese herbs showed that the GABA content was higher in germinated brown rice with Chinese herbs in qi-tonifying group, yin-nourishing group and blood-supplementing group than in yang-assisting group ( $P < 0.05$ ); the GABA content was higher in germinated brown rice with Chinese herbs in qi-regulating group and sputum-resolving group than in blood-activating group ( $P < 0.05$ ). The GABA content in Huang Qi, Huang Jing, Sang Shen, Long Yan Rou, Chen Pi, and Sang Ye was significantly higher than in other Chinese herbs, and also significantly higher than in the corresponding germinated brown rice with Chinese herbs ( $P < 0.05$ ); the GABA content was significantly higher in the germinated brown rice of Shan Yao, Bai Bian Dou, Yu Zhu, Fu Ling, Yi Yi Ren, Lai Fu Zi, Jue Ming Zi and Dan Dou Chi than in the corresponding Chinese herbs ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** The Chinese herbs of tonifying qi, nourishing yin, supplementing blood and regulating qi can be used to develop functional foods for regulating emotion, enhancing memory, improving sleep and regulating digestive function.

**【Keywords】** Germinated brown rice; Chinese herb;  $\gamma$ -Aminobutyric acid; High performance liquid chromatography; Content determination

中医药膳是在中医理论指导下,通过食物配伍中药,经过一定的烹饪或加工,形成具有保健、防病和治病等作用的特殊膳食。它们对人体健康具有明显的功效。历代中医文献中,如《黄帝内经》《神农本草经》《千金要方》等都记载有诸多食疗药膳的理论和方剂。《儿童中医体质特征及调护专家共识》<sup>[1]</sup>中按照儿童体质推荐了中医调护药食两用类药食。 $\gamma$ -氨基丁酸是一种天然非蛋白质组成成分的氨基酸类神经递质,广泛存在于中枢神经系统和消化道中,作为最主要的抑制性神经递质,已被证实可以通过调节N-甲基-D-天冬氨酸受体信号通路,影响自闭症及神经退行性疾病的发生与发展<sup>[2-3]</sup>,也被用于调节肠道菌群,改善胃肠动力障碍、消化道溃疡等消化道疾病<sup>[4-5]</sup>。研究发现, $\gamma$ -氨基丁酸在糙米中含量较高,发

芽糙米中 $\gamma$ -氨基丁酸含量更高<sup>[6]</sup>。目前国内市场发芽糙米酒、发芽糙米饮料、糙米杂粮粥等糙米深加工产品逐渐增多<sup>[7]</sup>,但糙米药膳产品研究及开发较少。

本研究依据中医体质和药食同源理论,利用高效液相色谱(high performance liquid chromatography, HPLC)法对常用药食两用类中药对发芽糙米中 $\gamma$ -氨基丁酸含量进行量化分析,以期为我国药食同源的糙米药膳产品开发提供思路。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

糙米(锦州绿地谷业有限公司);黄芪、山药、白扁豆、杜仲、干姜、玉竹、黄精、枸杞、桑叶、桑椹、龙眼肉、茯苓、薏苡仁、杏仁、紫苏子、莱菔子、决明子、夏枯草、荷叶、淡豆豉、陈皮、甘松、桃仁、姜黄(辽宁中医药

大学附属医院); $\gamma$ -氨基丁酸标品(纯度>99.9%)、甲醇、乙腈(色谱纯,国药集团化学试剂有限公司);无水乙醇、碳酸氢钠、4-二甲基氨基偶氮苯-4-磺酰氯、三水合乙酸钠(分析纯,广州化学试剂厂)。

### 1.2 仪器与设备

高效液相色谱仪(安徽皖仪 LC3210)、糙米发芽机(锦州绿地谷业有限公司)、多功能真空提取浓缩机(CMOS660)、分析天平(梅特勒 MS105DU)、电子恒温水浴锅(北京华恒)、旋涡混匀器(鑫昀 xym6)、烘箱(上海实验 101-2)、纯水仪(默克 HX7040)、离心机(Eppendorf)、超声波清洗器(KQ-5200)、高压灭菌锅(雅玛拓 SQ510C)。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 实验分组

实验分空白组(糙米组)、对照组(发芽糙米组)及中药发芽糙米组。中药发芽糙米组又分为 9 个亚组,分别为:(1)补气类:黄芪米、山药米、白扁豆米;(2)助阳类:杜仲米、干姜米;(3)滋阴类:玉竹米、黄精米、枸杞米、桑叶米;(4)补血类:桑椹米、龙眼肉米;(5)利水渗湿类:茯苓米、薏苡仁米;(6)化痰类:杏仁米、紫苏子米、莱菔子米;(7)清热类:决明子米、夏枯草米、荷叶米、淡豆豉米;(8)理气类:陈皮米、甘松米;(9)活血类:桃仁米、姜黄米。其中补气类、助阳类、滋阴类和补血类为补益类中药发芽糙米;利水渗湿类、化痰类、清热类、理气类和活血类为泻实类中药发芽糙米。

#### 1.3.2 样品制备

分别称取各种中药 30 g,加 750 mL 饮用水,浸泡 30 min,大火烧开,小火煎煮 1 h,取汁 500 mL。参照温翠娟等<sup>[8]</sup>发芽糙米加工方法,选择符合 GB/T 18810 规定的糙米,清洗干净,置于糙米发芽机内,加入清水或中药煎剂,发芽温度为 25~35 ℃,每隔 1 h 喷淋 1 次,喷淋温度与发芽温度相同,发芽时间 24 h,60 ℃干燥至水分含量 14%以下。

#### 1.3.3 高效液相色谱法测定各组 $\gamma$ -氨基丁酸含量

实验参考以往研究<sup>[9-11]</sup>中的 HPLC 法,定量检

测  $\gamma$ -氨基丁酸,每个样品测定 3 次。称取糙米、发芽糙米、各组中药发芽糙米及中药各 50 g,研磨并通过 0.25 mm 筛网,混匀,称取 1.0 g 样品,加入 10 mL 体积比 4:1 的乙醇水提取液,超声提取 30 min,旋涡混匀器振荡 2 min,静置 5 min,5 000 r/min 离心 5 min,提取 2 次,分别取上清液,合并后定容至 25 mL,摇匀,吸取 1 mL 试样溶液或标准品工作液(10.0、20.0、40.0、80.0、160.0 mg/L)于具塞试管中,加入 4%碳酸氢钠溶液 0.2 mL 和 0.2% 4-二甲基氨基偶氮苯-4-磺酰氯衍生试剂 0.4 mL,混匀,70 ℃水浴中衍生反应 20 min,0.45  $\mu$ m 微孔水相滤膜过滤,待测。HPLC 条件:C18 色谱柱(250 mm $\times$ 4.6 mm,5  $\mu$ m);检测波长:436 nm;柱温:30 ℃;进样量:10  $\mu$ L;流速:1.0 mL/min;流动相:乙腈+0.68%三水合乙酸钠溶液(35%:65%,V/V)。HPLC 法得到  $\gamma$ -氨基丁酸的峰面积,根据标准工作曲线的回归方程计算,得到样品中  $\gamma$ -氨基丁酸含量(mg/kg)=[ $\gamma$ -氨基丁酸质量浓度(mg/L) $\times$ 定容体积(mL)]/试样质量(g)。

### 1.4 统计学方法

采用 SPSS 22.0 软件进行统计学处理,符合正态分布的计量资料以( $\bar{x}\pm s$ )表示,两组比较行独立样本  $t$  检验,多组比较采用单因素方差分析,进一步两两比较采用 LSD- $t$  检验, $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 $\gamma$ -氨基丁酸标准曲线

将配制的 1 000.0 mg/L  $\gamma$ -氨基丁酸标准品溶液稀释成质量浓度为 10.0、20.0、40.0、80.0、160.0 mg/L 的标准工作液,衍生后进样。以峰面积( $y$ )为纵坐标,标准液质量浓度( $x$ )为横坐标绘制标准曲线,得到标准曲线回归方程为: $y=143.58 \times x-1 661.95$ (决定系数  $R^2=0.998 2$ ),见图 1。

### 2.2 不同中药对发芽糙米中 $\gamma$ -氨基丁酸含量的影响

结果见图 2。

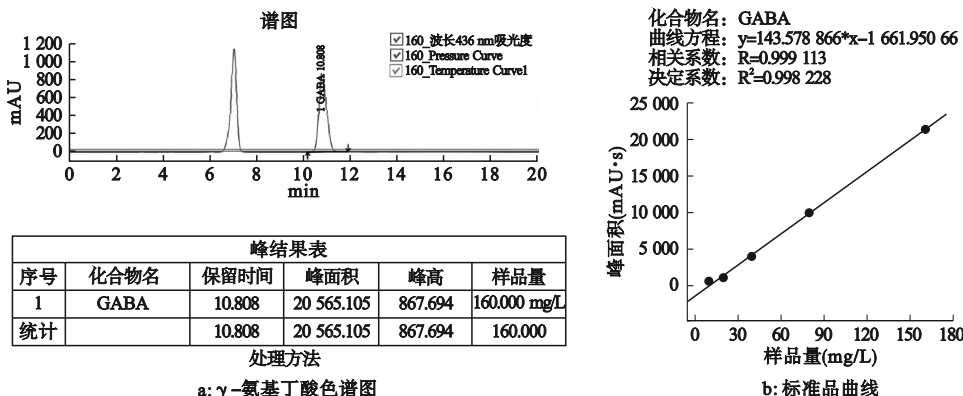
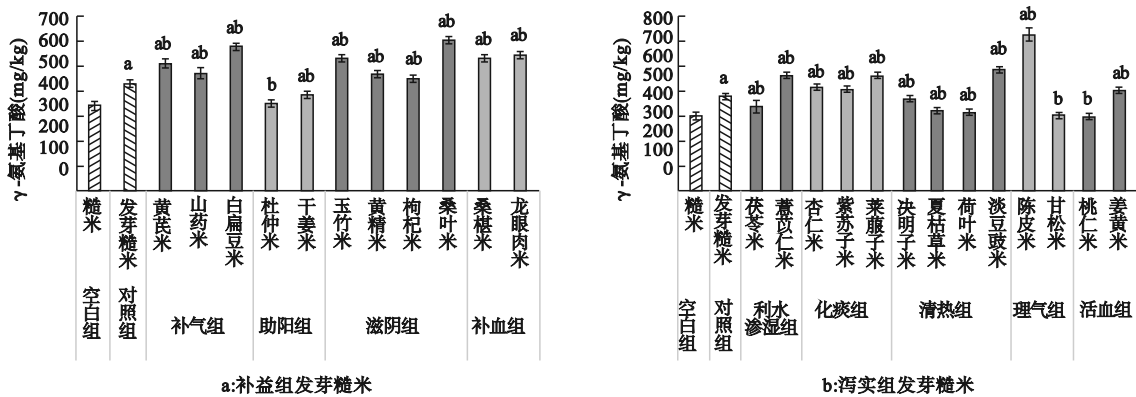


图 1  $\gamma$ -氨基丁酸色谱图和标准品曲线



注:各组比较,  $F=244.9, P<0.05$ 。与空白组比较,  $^a P<0.05$ ;与对照组比较,  $^b P<0.05$ 。

图 2 糙米及不同发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量比较

图 2 结果表明,与糙米相比,除杜仲米、甘松米和桃仁米外的其他各组发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量均明显高于糙米,差异有统计学意义( $P<0.05$ );与普通发芽糙米比较,黄芪、山药、白扁豆、玉竹、黄精、枸杞、桑叶、桑椹、龙眼肉、薏苡仁、杏仁、紫苏子、莱菔子、淡豆豉、陈皮、姜黄发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量均明显提高,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),干姜、茯苓、决明子、夏枯草、荷叶发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量高于糙米,但低于普通发芽糙米,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。

按中药不同功能类别比较,补益组中补气类、滋阴类、补血类中药发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量明显高于助阳类中药发芽糙米,差异有统计学意义( $P<0.05$ );而泻实组中理气类和化痰类中药发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量明显高于活血类中药发芽糙米,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。

### 2.3 中药及中药发芽糙米中 $\gamma$ -氨基丁酸含量比较

中药中的  $\gamma$ -氨基丁酸含量比较,以及中药与对应的中药发芽糙米中的  $\gamma$ -氨基丁酸含量比较结果见表 1。

表 1 不同中药与中药发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量测定结果( $\bar{x}\pm s, \text{mg/kg}$ )

项目	n	补气类			助阳类		化痰类		
		黄芪	山药	白扁豆	杜仲	干姜	杏仁	紫苏子	莱菔子
中药	3	5134.2±16.9	361.6±18.2	367.8±28.9	352.3±10.2	525.7±30.1	638.6±19.3	517.0±17.2	410.1±21.3
中药发芽糙米	3	510.3±17.2	471.7±21.9	577.9±11.7	350.9±13.2	384.5±10.8	471.2±14.3	461.2±10.6	527.1±11.9
t		919.4	-8.2	-108.5	0.8	87.6	15.8	5.4	-239.4
P		<0.001	0.001	<0.001	0.435	<0.001	<0.001	0.006	<0.001
项目	n	滋阴类			补血类		利水渗湿类		
		玉竹	黄精	枸杞	桑叶	桑椹	龙眼肉	茯苓	薏苡仁
中药	3	381.0±10.7	1072.8±13.8	567.3±15.7	946.1±9.7	2053.6±21.6	1256.4±11.4	311.5±10.9	390.9±19.0
中药发芽糙米	3	535.8±11.1	469.3±12.2	451.7±16.6	607.1±12.4	534.6±11.1	543.6±10.3	385.2±28.8	525.6±17.6
t		-260.9	77.4	9.5	128.6	1337.1	78.6	-7.1	-162.4
P		<0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.001
项目	n	清热类			理气类		活血类		
		决明子	夏枯草	荷叶	淡豆豉	陈皮	甘松	桃仁	姜黄
中药	3	394.4±20.7	373.3±13.9	411.7±14.8	478.5±25.9	4269.9±10.7	330.8±18.8	679.3±29.8	510.9±12.9
中药发芽糙米	3	418.2±16.9	367.5±13.3	357.6±19.7	553.9±13.3	714.1±28.7	344.5±10.4	336.4±16.9	457.2±11.8
t		-2.0	14.4	45.4	-41.3	150.1	-64.0	92.2	7.4
P		0.119	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.002

注:各组中药  $\gamma$ -氨基丁酸含量比较,  $F=62845.9, P<0.05$ 。

表 1 结果可见,中药黄芪、黄精、桑椹、龙眼肉、陈皮、桑叶中  $\gamma$ -氨基丁酸含量明显高于其他中药,同时明显高于相应的中药发芽糙米,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ );杏仁、紫苏子、枸杞、姜黄中  $\gamma$ -氨基丁酸含量明显高于相应的中药发芽糙米,相应中药发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量明显高于普通发芽糙米,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );山药、白扁豆、玉竹、薏苡仁、莱菔子、淡豆豉中  $\gamma$ -氨基丁酸含量明显低于相应的中药发芽糙米,相应中药发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量明显高于普通发芽糙米,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );干姜、夏枯草、荷叶、桃仁中  $\gamma$ -氨基丁酸含量明显高于相应的中药发芽糙米,相应中药发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量低于普通发芽糙米,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );其他中药与相应的中药发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。

### 3 讨论

#### 3.1 儿童食疗当以养脾胃为先

中医认为儿童为“稚阴稚阳之体”,脏腑娇嫩、形气未充,容易出现各种偏颇体质。《儿童中医体质特征及调护专家共识》<sup>[1]</sup>中将 1~14 岁儿童体质分为平和质、气虚质、阳虚质、阴虚质、血虚质、痰湿质、湿热质、气郁质、血瘀质、特禀质等体质,偏颇性体质分别予以培补元气、益火温阳、滋阴清热、益气补血、利湿化痰、清热利湿、疏肝理气、活血祛瘀类中药调理和药膳食疗。生长发育和大脑发育是儿童时期最根本的生理特点,营养需求高,但消化系统不成熟,容易发生消化功能紊乱和营养不良。故《育婴家秘》中说:“人以脾胃为本,所当调理,小儿脾常不足,尤不可不调也。”《本草纲目》记载:糙米“甘平。温中,和胃气,长肌肉,补中,壮筋骨,益肠胃”,《得配本草》记载:谷芽“甘,温。健脾开胃,消食和中,下气化积,为健脾温中之圣药”,故本研究在儿童体质药膳开发中选择发芽糙米为主药,以期健脾温中、扶正固本,兼能缓和药性。

#### 3.2 以现代食品加工工艺促进新药膳开发

《素问·五常政大论》中说“虚则补之,药以祛之,食以随之”,“骨肉果菜,食养尽之。”药膳以中医理论为基础,按照药性理论选材配伍,以调整人体阴阳气血平衡,深受我国人民喜爱,但因制作繁琐,且需要专业人员辨证施食、合理应用,限制了中医药膳的应用范围。本研究在体质调理药食两用类中药中选取因不是食物形式而限制其在药膳中应用的中药,参照现代食品发芽糙米的加工工艺,在促发芽的过程中将体质调理药性引入发芽糙米中,既保留了

中医中药辨证施食、标本兼治的优势,又达到食用方便、良药可口,兼可通过营养标签指导民众对证选食的目的。

#### 3.3 以 $\gamma$ -氨基丁酸为靶点开发中医药膳

$\gamma$ -氨基丁酸作为最主要的抑制性神经递质,广泛地分布在中枢神经系统和胃肠道组织中,已被证实与情绪类疾病、神经退行性疾病、消化系统疾病密切相关,在脑-肠轴系统中发挥双向调节作用<sup>[11-13]</sup>。儿童期也是情志病高发期,有研究显示,我国学龄前儿童情绪行为问题发生率为 10.27%~16.90%,如抑郁、焦虑、睡眠障碍等,影响儿童脾胃功能和健康成长<sup>[14-15]</sup>。中医将儿童生长不足、发育迟缓的病证称为“五迟、五软”,辨证多为肝肾精血不足、脾胃虚弱或心血不足,当治以培补肝肾、益气养血之法;中医失眠也称“不寐”,辨证当辨脏腑虚实,虚证多属阴血不足、心脾两虚所致,实证多与情志不遂、肝郁化火,或五志过极,心火内炽,扰动心神有关。本研究结果显示,补益类中药中补气、滋阴、补血类中药均可显著提升发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量,而助阳类中药则可降低发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量,与中医治疗“五迟、五软”及失眠虚证辨证论治方法一致;泻实类中药中理气类中药可显著提升发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量,推断理气类中药发芽糙米有助于调整情志、改善睡眠,但活血类中药可降低发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量,具体应用和机制还有待开发。

本研究在中药的  $\gamma$ -氨基丁酸含量与中药发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量关系研究中发现,黄芪、黄精、桑椹、龙眼肉、陈皮、桑叶等中药本身  $\gamma$ -氨基丁酸含量较高,故可显著提升相应发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸的含量;也有些中药本身  $\gamma$ -氨基丁酸含量不高,比如山药、白扁豆、玉竹、薏苡仁、莱菔子、淡豆豉等,但其相应中药发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量明显高于普通发芽糙米,推断这些中药可能促进了糙米在发芽过程中  $\gamma$ -氨基丁酸的合成,提示中药促进发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量升高的途径和机制并不是单一的,具体原理还需要进一步研究。

### 4 结语

补气、滋阴、补血、理气类药食两用中药可望用于开发调节情绪类、增强记忆、改善睡眠和调节消化功能类药膳食品,为糙米深加工产品和药膳食品开发提供新的思路和科学依据。

### 参考文献

- [1] 世界中医药学会联合会体质研究专业委员会,世界中医药学会联合会儿童保健与健康教育专业委员会,北京中医药大学

- 国家中医体质与治未病研究院. 儿童中医体质特征及调护专家共识[J]. 中国中西医结合儿科学, 2023, 15(4): 277-282.
- [2] Wang J, Gao Y, Xiao L, et al. Increased NMDARs in neurons and glutamine synthetase in astrocytes underlying autistic-like behaviors of Gabrb1<sup>-/-</sup> mice [J]. iScience, 2023, 26(8): 107476.
- [3] Geng F, Zhang J, Wu JL, et al. Neuregulin 1-ErbB4 signaling in the bed nucleus of the stria terminalis regulates anxiety-like behavior[J]. Neuroscience, 2016, 329: 182-192.
- [4] Strandwitz P, Kim KH, Terekhova D, et al. GABA-modulating bacteria of the human gut microbiota[J]. Nat Microbiol, 2019, 4(3): 396-403.
- [5] Inotsuka R, Udono M, Yamatsu A, et al. Exosome-mediated activation of neuronal cells triggered by  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA)[J]. Nutrients, 2021, 13(8): 2544.
- [6] 曹晶晶. 发芽糙米及制品加工过程中  $\gamma$ -氨基丁酸变化研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2018.
- [7] 傅金凤, 黄美娜, 朱培渤, 等. 响应面法优化发芽糙米酒茶复合饮料制备工艺[J]. 食品工业科技, 2022, 43(15): 193-201.
- [8] 温翠娟, 周敏, 张露丹, 等. 高  $\gamma$ -氨基丁酸发芽糙米的循环加湿生产工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(9): 132-137.
- [9] 杜金凤, 郭航宏, 陶晓杰, 等. DABS-Cl 柱前衍生 HPLC 测定发芽糙米粉中  $\gamma$ -氨基丁酸[J]. 食品工业, 2021, 42(6): 468-472.
- [10] 陈雪, 刘明, 汪丽萍, 等. 柱前在线衍生-HPLC 法测定发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量[J]. 粮油食品科技, 2017, 25(3): 48-53.
- [11] 赵海波. HPLC 法测定发芽糙米中  $\gamma$ -氨基丁酸含量试验[J]. 农业科技与装备, 2017(3): 50-51.
- [12] 李科, 俞兰秀, 刘小雨, 等.  $\gamma$ -氨基丁酸改善睡眠作用机制的研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40(14): 353-358.
- [13] Laroute V, Beaufrand C, Gomes P, et al. Lactococcus lactis NCDO2118 exerts visceral antinociceptive properties in rat via GABA production in the gastro-intestinal tract [J]. Elife, 2022, 11: e77100.
- [14] 李姐姐, 秦秋云, 夏猛.  $\gamma$ -氨基丁酸在脑-肠轴的作用研究进展[J]. 神经解剖学杂志, 2023, 39(5): 590-594.
- [15] 蒋盈, 邓惠明, 林华帆, 等. 闽东地区幼儿情绪和行为问题状况及影响因素分析[J]. 现代预防医学, 2021, 48(3): 447-450.
- [16] 何海燕, 宁曼, 王睿, 等. 学龄前儿童睡眠障碍与情绪行为问题的关联[J]. 中国学校卫生, 2021, 42(9): 1344-1347.

(收稿日期: 2024-04-09)

读者 · 作者 · 编者

## 本刊对论文统计学处理的有关要求

1. 统计研究设计: 应交代统计研究设计的名称和主要做法。如调查设计(分为前瞻性、回顾性还是横断面调查研究), 实验研究(应交代具体的设计类型, 如自身配对设计、成组设计、交叉设计、析因设计、正交设计等), 临床试验设计(应交代属于第几期临床试验, 采用了何种盲法措施等); 主要做法应围绕 4 个基本原则(重复、随机、对照、均衡)概要说明, 尤其要交代如何控制重要非试验因素的干扰和影响。

2. 资料的表达与描述: 用  $\bar{x} \pm s$  表达近似服从正态分布的定量资料, 用  $M(Q, R)$  表达呈偏态分布的定量资料; 用统计表时, 要合理安排纵横标目, 并将数据的含义表达清楚; 用统计图时, 所用统计图的类型应与资料性质相匹配, 并使数轴上刻度值的标法符合数学原则; 用相对数时, 分母不宜小于 20, 要注意区分百分率与百分比。

3. 统计分析方法的选择: 对于定量资料, 应根据所采用的设计类型、资料具备的条件和分析目的, 选用合适的统计分析方法, 不应盲目套用  $t$  检验和单因素方差分析; 对于定性资料, 应根据所采用的设计类型、定性变量的性质和频数所具备条件以及分析目的, 选用合适的统计分析方法, 不应盲目套用  $\chi^2$  检验。对于回归分析, 应结合专业知识和散布图, 选用合适的回归类型, 不应盲目套用简单直线回归分析, 对具有重复实验数据检验回归分析资料, 不应简单化处理; 对于多因素、多指标资料, 要在一元分析的基础上, 尽可能运用多元统计分析方法, 以便对因素之间的交互作用和多指标之间的内在联系作出全面、合理的解释和评价。

4. 统计结果的解释和表达: 当  $P < 0.05$  或  $P < 0.01$  时, 应说对比组之间的差异具有统计学意义, 而不应该说对比组之间具有显著性(或非常显著性)的差异; 应写明所用统计分析方法的具体名称(如: 成组设计资料的  $t$  检验、两因素析因设计资料的方差分析、多个均数之间两两比较的  $q$  检验等), 统计量的具体值(如:  $t = 2.35, \chi^2 = 3.45, F = 5.42$  等); 当涉及到总体参数(如总体均数、总体率等)时, 在给出显著性检验结果的同时, 再给出 95% 置信区间。