

-氨基丁酸在开发功能性食品中的应用

操家璇¹, 李玉萍^{1*}, 熊向源¹, 叶军², 刘华¹

(1. 江西科技师范学院生命科学学院, 江西 南昌 330013; 2. 厦门大学生命科学学院生命医学系, 福建 厦门 361005)

摘要: 氨基丁酸 (GABA) 作为一种功能保健产品的原料, 具有多种生理功效。综述了富含氨基丁酸功能性食品的研究进展和应用现状, 分析了目前应用中存在的问题, 阐述了未来的研究方向。

关键词: 氨基丁酸; 生理功能; 研究进展; 应用

中图分类号: TS201.2⁺4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-1631 (2008) 11-0052-03

Applications of γ -aminobutyric Acid in Functional Foods

CAO Jia-xuan¹, LI Yu-ping^{1*}, XIONG Xiang-yuan¹, YE Jun², LIU Hua¹,

(1. School of Life Science, Jiangxi Science and Technology Normal University, Nanchang 330013, China; 2. Department of Biomedical Science, School of Life Science Key Laboratory of the Ministry of Education for Cell Biology and Tumor Cell Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: γ -aminobutyric acid (GABA) was a functional health products material with many physiological functions. The progress and applications of functional foods rich in GABA were reviewed. The problems and the development in the future were discussed.

Key words: γ -aminobutyric acid (GABA); Physiological function; Progress; Application

随着生活质量的提高, 人们对于食品的要求已不满足于单纯追求具有营养价值的口味, 开始追求对生活习惯病等具有预防效果、提高健康水平、改善生活品质等功能的食品。氨基丁酸 (γ -aminobutyric acid, GABA) 具有多种生理功效, 是近期学者研究和关注的热点之一, 在一系列天然食品中已发现了 GABA 的存在, 并且已经在利用生物技术提高相关产品中的 GABA 含量上取得了突破, 各国营养专家都极力向民众推荐富含 GABA 的健康食品。

1 氨基丁酸

1.1 概述

氨基丁酸的化学名为 4-氨基丁酸, 分子式 $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$, 分子量 103.1。

1950年, Florey和 Ronert在哺乳动物脑萃取液中首先发现 GABA。现代医学已经证明 GABA 是中枢神经系统的抑制性递质, 是脑组织中最重要神经递质之一, 降低神经元活性, 抑制焦虑信息传入脑中, 镇静神经而抗焦虑^[1,2]。

近年来, 对 GABA 的其他生理作用和类似化合物的研究表明: GABA 是一种天然的活性成分, 为非蛋白氨基酸, 广泛分布于动物和植物体内, 包括玄参科植物地

黄的根茎及葫芦科、百合科等多种植物和人脑。例如: 中药棕榈、黄芪因含有 GABA 功能成分而具有短暂的降压作用; 人脑组织中的 GABA 含量很高, 在脑的能量代谢上占重要地位, 作为增加大脑氧供应量、抗痉挛和抗不安作用、提高脑的代谢功能等反应的神经递质受到研究者的重视。

在神经细胞中, 氨基丁酸主要由谷氨酸合成, 最后进入柠檬酸循环。

氨基丁酸由 γ -氯代丁腈与邻苯二甲酰亚胺钾反应, 再经水解制得^[3]。

1.2 生理作用

GABA 被誉为人体神经营养素, 具有多种生理功能^[4-11] (表 1)。

2 富含氨基丁酸功能性食品研究进展

2.1 GABA 高含量食品和制品

GABA 在食物中普遍存在, 例如谷物、蔬菜、水果、蘑菇和海藻等。谷物中的 GABA 含量为 55 ~ 718 nmol/g, 其中, 米胚芽、大麦芽和大豆芽中含量较高, 分别为 389 nmol/g、326 nmol/g 和 302 nmol/g。蔬菜中, 洋葱含量最低, 仅为 12 nmol/g; 而菠菜中含量最高, 高达 414 nmol/g; 土豆、红薯、山药和羽衣甘蓝中 GABA 含量分别为 166 nmol/g、137 nmol/g、129 nmol/g 和 122 nmol/g。栗子中的 GABA 含量达到了 188 nmol/g, 但苹果和蘑菇等食物中的 GABA 含量均较低。

由于天然食品中 GABA 含量稀少, 人们依靠从天然

收稿日期: 2008-07-12

基金项目: 江西科技师范学院科研创新启动基金项目 (2005)

作者简介: 操家璇 (1988 -), 男, 江西景德镇人, 本科在读, 主要从事功能因子的机能性研究。

通讯作者: 李玉萍教授。

食物中摄取的 GABA 远远不足。1994 年日本的研究者报道，将茶、稻米类食物在一定条件下保存可以显著增加其 GABA 的含量^[12]。近年来，开展了使大麦、南瓜、

发酵食品（奶酪和酱油）、温室甜瓜、泡菜（什锦泡菜、酸萝卜咸菜和韩国泡菜等）、发酵奶、豆腐和粥等食品中 GABA 含量增加的制造方法的研究。

表 1 GABA 的生理作用
Table 1 The physiological function of GABA

项目	功能
脑的功能与记忆	改善脑功能、血流量（氧供给量增加 脑代谢亢进、脑细胞活化）；改善脑血管障碍的症状、脑卒中后遗症、脑部外伤后遗症；改善动脉硬化导致的头疼、耳鸣、记忆障碍、思维能力下降；促进和增强长期记忆（学习能力）；预防、改善老年痴呆症。
调节血清脂质	抑制血液中胆固醇、中性脂肪的增加，抑制动脉硬化。
调节血压	预防和治疗高血压、维持血压正常、防止心血管系统疾病。
糖尿病	预防和改善糖尿病，抑制血糖上升（延迟营养素的吸收、抑制胰岛素分泌）。
肝、肾等其他脏器	改善肾脏功能（增加肾血流量、提高肾工作能力包括利尿作用），改善肝功能，活化胰脏功能。
安定精神作用	精神安定、镇静作用，改善神经性胃肠功能障碍、睡眠障碍、自律性神经失调症等。
醒酒功能	促进乙醇代谢作用。
抗癌作用	提高人体免疫力，预防和抑制癌症。对脑癌、乳癌、肝癌、大肠癌等细胞有抑制效果，特别是抑制大肠癌作用。
其他	分泌生长激素，除臭（体臭、口臭等）作用，改善更年期综合症，防止肥胖，防皮肤老化功能等。

将 GABA 和各种各样的食品组合，制造成各种各样富含 GABA 的功能食品或增补剂在日本不断上市销售，如发芽糙米酒、糙米芽酱汁、糙米发芽饮料、发芽糙米药膳、发芽糙米方便食品和糕点等众多系列。在美国、西欧国家及台湾和香港地区近年来也不断有发芽糙米及制品上市。

2.2 GABA 与发芽糙米

在研发富含 GABA 的功能性食品中，高含量 GABA 作为发芽糙米的有效成分引起研究者的关注。《本草纲目》记载：谷芽能“消烦、活中、益精、健脾、止泻”，有防止便秘、消除疲劳、提高记忆和强肝健体等功效，可用于预防动脉硬化和糖尿病^[13]。糙米由米糠层、胚芽和胚乳组成，含有大量的维生素、膳食纤维、矿物质和谷维素等功能因子，这些功能因子对人体的健康十分重要。

日本自 1964 年开始提倡国民每天一餐食用糙米，但因糙米口感差、糠味较重、咀嚼困难、不易消化、贮存期短等局限性而难以推广。由此而开发的发芽糙米具

有组织软化、炊煮方便、香甜味等特点，不仅解决了糙米口感差的问题，还明显增加了生理活性，被称为“营养丸”、“元气米”^[14]。

发芽糙米是指“处于发芽状态下的糙米”，其实质是在一定的生理活性化工工艺条件下，所含有大量酶如淀粉酶、蛋白酶、葡聚糖酶、麦芽糖酶、纤维素酶、蛋白酶和脂肪酶等被激活和释放，并从结合态转化为游离态的酶解过程。在这一生理活化过程，发芽糙米的粗纤维外壳被酶解软化，部分蛋白质分解为氨基酸，淀粉转变为糖类，使食物的感官性能和风味得以改善，而且在保留了丰富的维生素、微量元素和膳食纤维营养成分的同时，更重要的是产生了多种具有促进人体健康和防治疾病的功能成分，如 GABA、六磷酸肌醇（IP-6）、阿魏酸、生育酚和谷胱甘肽（GSH）等。

发芽过程改变了糙米的化学成分，产生了种类更多、含量更高的生理活性物质^[15,16]（表 2）。据检测，发芽糙米 GABA 含量高达 200~300mg/kg^[17]，是糙米的 3 倍，白米的 10~15 倍。

表 2 发芽糙米与精米营养成分比较
Table 2 The Comparison of nutritious composition between the germ inated brown rice and rice

项目	糖类 (g/kg)	蛋白质 (g/kg)	脂肪 (g/kg)	维生素 B (mg/kg)	维生素 E (mg/kg)	氨基丁酸 (mg/kg)	六磷酸肌醇 (mg/kg)	膳食纤维 (g/kg)	镁 (mg/kg)	铁 (mg/kg)	钙 (mg/kg)
精米	755.0	68.0	13.0	1.2	4.0	15.0	991.0	7.4	330.0	5.0	60.0
发芽糙米	699.0	73.0	29.0	3.0	17.0	165.0	4 520.0	28.0	740.0	14.0	81.0
倍数	0.88	1.07	2.23	2.50	4.25	11.0	4.56	3.78	2.24	2.20	1.35

我国对于发芽糙米的研究起步于 2001 年，2003 年国家对“发芽糙米产业化项目”进行评审，专家认为开发生产发芽糙米，符合我国食品工业“营养、卫生、方便”的发展趋势，发芽糙米及其深度开发制品在未来主

食和保健食品领域内将具有一定的地位。它不仅可以作为人们的主食，而且还可以作为营养补充剂或功能性食品的原料和配料使用，如提取 GABA 制成胶囊，通过发酵制成酱、醋，或粉碎后制成各种面包、点心类加工食

品等,广泛用于米制品、乳制品、冷冻食品、酿酒、饮料和医疗等行业。目前我国已有数家单位开展了发芽糙米研究,现已建成一条0.5~1.0 t/d规模的发芽糙米生产线,并掌握了生物处理工艺等核心技术^[18]。

2.3 GABA在食疗和医疗方面的应用

脑的信号传递过程中,氨基酸系在维持兴奋和抑制作用的平衡中起着重要作用。作为具有兴奋作用的代表谷氨酸和具有抑制作用的代表氨基丁酸被广泛研究。我国临床医学和日本的研究均表明:GABA能抑制谷氨酸的脱羧反应,与酮戊二酸反应生成谷氨酸,使血氨下降,更多的谷氨酸与氨结合生成尿素排出体外而解除氨毒,增强肝功能。帕金森症、癫痫患者脊髓液中GABA浓度均低于正常水平,精神不安定症状、遗传性慢性舞蹈病和老年痴呆症的形成与神经组织中GABA浓度下降均有关系^[4,9]。

最新研究发现,当人脑缺乏GABA时,还会导致癫痫等疾病。在老年人的脑内,GABA含量较明显的减少,导致了其脑内噪声的增加,使神经信号减弱,导致老年人“耳不聪、目不明”。因此,日本商家越来越重视富含GABA的米胚芽制品,提倡每日一餐发芽糙米,能有效改善上述病症,促进人体健康。

最新研究表明,GABA通过脊髓血管运动中枢,促进血管扩张而降低血压;摄取GABA可提高葡萄糖磷酸酯酶活性,使脑细胞活动旺盛,促进脑组织新陈代谢,恢复脑细胞活力,改善神经功能。在日本等国家GABA已经被制造成促进脑功能代谢的药品,用于治疗和改善脑梗塞、脑动脉后遗症所引起的头疼和耳鸣等脑血管障碍症状,肝昏迷及脑代谢障碍,高血压、脑细胞功能障碍等^[4]。

3 结语

3.1 存在问题

(1)近年来,在GABA的生理作用阐明,各种食品GABA的富化研究,GABA蓄积植物食品的加工、制造、开发和实用化技术等方面取得了很大进步。而且,在将富含GABA食品和高含其他营养成分食品组合制造功能性食品方面也获得成功。

但是,其中的成分和作用机制还不清楚。因此,在今后的研究中,期待能阐明GABA或其他成分在维持增进健康的机制。

(2)关于GABA的安全性研究报道还很少。有研究表明,经口摄取大量的GABA,基本上不能通过血脑屏障,是比较安全的物质。但是,如果在身患某种疾病时,根据自己错误的判断只服用GABA后,并未出现所期待的病情好转或改善,相反,使病情恶化的情况也时有发生。因此,GABA制品的使用必须是在接受医生诊断后,根据医生的指示和注意营养摄取平衡辅助服用。

3.2 研究方向

(1)我国地域辽阔,水稻品种繁多,不同稻米品种谷氨酸脱羧酶和蛋白酶含量不同,导致发芽糙米主要生理活性物质GABA的生成量显著不同。如何筛选高GABA含量及高谷氨酸脱羧酶活性品种,是急需研究的重要科研课题。

(2)发芽糙米的功能性在于其中的生理活性物质,而目前关于发芽糙米保存期间GABA等物质的生理活性、保存条件等的研究尚未见报道。保存期间GABA含量变化规律、如何提高GABA稳定性的方法等都有待于深入研究。

参考文献:

- [1] 佐藤公道,野村靖幸. 神経伝達物質受容体・構造と機能 [J]. 広川 ニュ-ロサイエンス 神経の, 情報伝達 1994, (4): 103 - 108.
- [2] 杨海峰,葛竹兴,郁杰. 氨基丁酸的急性毒性和蓄积毒性的研究 [J]. 安徽农业科学, 2008, 36 (13): 5464, 5491.
- [3] 大岛太郎. 生化学辞典 (第3版) [M]. 东京: 東京化学同人, 1998. 74 - 75.
- [4] 茅原紘,杉浦友美. 近年のGABA生理機能研究 脳機能改善作用, 高血圧作用を中心に [J]. 食品と開発, 2001, 36: 4 - 6.
- [5] Petty F, Kramer G L, Dunnam D, et al. Plasma GABA in mood disorders [J]. Psychopharmacol Bull, 1990, 26: 157 - 161.
- [6] 岡田忠司,杉下朋子,村上太郎,等. -アミノ酪酸蓄積脱脂コメ胚芽の経口投与における更年期障害及び初老期神経障害に対する効果 [J]. 日本食品科学工学会誌, 2000, 47: 596 - 603.
- [7] 中村寿雄,松林恒夫,蒲池加寿子,等. -アミノ酪酸(GABA)富化クロレラは高血圧自然発症ラット(SHR)の血圧上昇を抑制する [J]. 日本農芸化学会誌, 2000, 74: 907 - 909.
- [8] 土田隆,益子研士,山田勝彦,等. 血圧が高めの健常者および軽症高血圧者に対する-アミノ酪酸高含有クロレラの効果 [J]. 日本栄養・食糧学会誌, 2003, 56: 97 - 102.
- [9] Usuki S, Ito Y, Morikawa K, et al. Effect of pre-germinated brown rice intake on diabetic neuropathy in streptozotocin-induced diabetic rats [J]. Nutr Metab (Lond), 2007, 23 (4): 25.
- [10] Sakamoto S, Hayashi T, Hayashi K, et al. Pre-germinated brown rice could enhance maternal mental health and immunity during lactation [J]. Eur J Nutr, 2007, 46 (7): 391 - 396.
- [11] Mamiya T, Kise M, Morikawa K, et al. Effects of pre-germinated brown rice on depression-like behavior in mice [J]. Pharmacol Biochem Behav, 2007, 86 (1): 62 - 67.

(下转第 69 页)

cens) 克隆到大肠杆菌中, 其发酵液在室温条件下均表现出对真菌的生物防治能力^[2]。

1990年英国科学家通过土壤农杆菌向双子叶植物导入了细菌的几丁质酶基因, 培育成功了表达该酶的转基因植物, 可抑制病原真菌的侵袭, 并对植物线虫、昆虫和其他一些病原生物也具有抗性。目前, 已获得的转基因植物包括烟草、大豆、棉花、水稻和玉米等^[2]。

2.3 在医学上的应用

疟疾仍是现今危及非洲儿童生命的疾病。研究发现, 几丁质占按蚊中肠胃食膜重量的 3% ~ 13%, 同时按蚊中肠胃食膜基质含有几丁质结合区—交联几丁质, 使之形成完整结构, 成为阻碍寄生物侵入的物理屏障。

Shaikh等^[4]提出以几丁质酶为靶标阻断传播的策略控制疟疾。他们提出了 3 点建议: 通过 X 衍射和 NMR 进行酶结构的细节分析, 设计几丁质酶抑制剂从而切断疟疾传播; 研究几丁质酶肽链抑制剂遗传转化到按蚊, 使其具有抵抗疟疾侵染的能力; 基因敲除的研究以确定表达产物是否为侵染所必需的。同时他们在基因敲除研究方面做了大量的工作。首先鉴定了啮齿类动物疟疾寄生虫的几丁质酶基因 *PbCHTI*, 发现阿洛氯菌素对酶有很强的抑制作用。通过破坏 *PbCHTI* 基因可减少按蚊感染率达 90%。此外, 他们还设计了识别疟原虫 (*Plasmodium falciparum*) 几丁质酶 *PbCHTI* 表面抗原决定簇的单克隆抗体 1C3, 1C3 通过中和几丁质酶活性从而抑制疟疾对按蚊中肠的侵染。这些利用几丁质酶防治疟疾的研究工作进展, 相信在不久的将来可以生产出高效安全的疫苗^[4]。

几丁质酶也可以用来处理眼用制剂。直接的应用就是治疗真菌性疾病中提高抗真菌活性。在局部应用中还可以在抗真菌的药膏和洗液中作为添加剂^[2]。

3 海洋几丁质酶的研究与开发展望

目前国内已有不少几丁质产品投放市场, 比如广州的甲壳质护发素、西安的甲壳素护肤品 (治痤疮)、青岛的丽姿护肤品及降血压用高纯甲壳胺等^[5,6]。但传统

工艺应用酸碱法来提取制备几丁质相关产品, 容易造成较为严重的环境污染。因此, 研究开发合适的、没有环境污染的生物酶法降解的生产工艺, 以替代传统工艺制备几丁质寡糖及 N-乙酰葡萄糖胺等, 已是 1 个迫在眉睫的具有重大经济价值与理论价值的研究课题。

由于海洋中积聚有丰富的几丁质, 因此可利用它的微生物也较多, Cottrell^[1]认为海洋中至少 10% 的可培养菌能产生几丁质酶。据估计海洋中微生物多达数亿种, 因此从海洋中寻找产几丁质酶的微生物具有诱人的开发前景, 特别是从海洋中寻找能够高效降解几丁质的菌株, 这将不仅为实现几丁质酶生产的工业化奠定坚实的基础, 而且也能为几丁质酶基因的克隆找到良好的试验材料。

目前的重点研究领域在于筛选出产酶量高且适合工业化生产的菌株及表达系统、寻找合适的发酵工艺、探索使酶活稳定的方法及酶的改性研究等, 从而推动我国几丁质研究及相关产业的发展^[2]。

参考文献:

- [1] Cottrell MT, Moore JA, Kirchman DL. Chitinases from uncultured marine microorganisms [J]. *Appl Environ Microbiol*, 1999, 65 (6): 2553 - 2557.
- [2] Dahiya N. Biotechnological aspects of chitinolytic enzymes: a review [J]. *Appl Microbiol Biotechnol*, 2006, 7 (1): 773 - 781.
- [3] Tabudravu JN, Eijsink VG, Gooday GW, et al. Psammaphin A, a chitinase inhibitor isolated from the Fijian marine sponge *Aplysina rha* [J]. *Bioorg Med Chem*, 2002, 10 (4): 1123 - 1128.
- [4] Shaikh S. Chitinolytic enzymes their contribution to basic and applied research [J]. *World J Microbiol Biotechnol*, 1993, 9 (4): 468 - 478.
- [5] 王治伟. 微生物几丁质酶研究进展 [J]. *生物技术通讯*, 2006, 17 (3): 439 - 442.
- [6] 王伟霞, 李福后. 微生物几丁质酶的研究进展 [J]. *安徽农业科学*, 2007, 35 (32): 10196 - 10198.

(上接第 54 页)

- [12] Saikusa T, Horino T, Mori Y. Distribution of free amino acids in the rice kernel and kernel fractions and the effects of water soaking on the distribution [J]. *J Agri Food Chem*, 1994, (42): 1122 - 1125.
- [13] 张守文. 糙米的营养保健功能 [J]. *粮食与饲料工业*, 2003, (12): 38 - 41.
- [14] 许仁溥. 发芽糙米开发 [J]. *粮食与油脂*, 2001, (8): 37 - 38.
- [15] Wallace W, Secor J, Schrader LE. Rapid Accumulation of gamma-Aminobutyric Acid and Alanine in Soybean Leaves in Response to an Abrupt Transfer to Lower Temperature,

Darkness, or Mechanical Manipulation [J]. *Plant Physiol*, 1984, 75 (1): 170 - 175.

- [16] 岡田忠司. Physiological function of rice germ enriched with GABA [J]. *食品工业 (日刊)*, 2001, 36 (6): 7 - 8.
- [17] Saikusa T, Horino T, Mori Y. Accumulation of Gamma aminobutyric acid (GABA) in the Rice Germ During Water Soaking [J]. *Biosci biotech biochem*, 1994, 58 (12): 2291 - 2292.
- [18] 何永进. 我国研发成功发芽糙米生产线 [J]. *中外食品加工技术*, 2003, (4): 15 - 16.