

# 食品原料在我国功能性食品中的应用研究进展

惠伯棣, 张旭, 宫平

(北京联合大学应用文理学院食品科学系, 北京 100191)

**摘要:** 功能性食品(又称保健食品)在法规上被认为是一种食品。因此, 食品原料在功能性食品中应当被广泛应用。这里所说的食品原料包括普通食品、食品添加剂以及新食品原料。本文以国家食品药品监督管理总局数据查询网站为数据源, 对2005—2013年审评通过的所有功能性食品原辅料进行了统计, 对普通食品原料、食品添加剂和新食品原料在这些产品中的应用频率进行了计算。统计结果表明: 在2005—2013年期间审评通过的所有功能性食品中, 只有数量有限的普通食品原料被使用, 食品添加剂多是在辅料中被使用, 新食品原料在功能性食品原料中的应用比例较高。对此现象, 本文参照了国内外相关研究工作的进展对其成因进行了初步分析, 提出了改进建议, 并对食品原料的应用前景作了适当预测。

**关键词:** 功能性食品; 保健食品; 普通食品; 食品添加剂; 新食品原料

## A Review on the Application of Food Materials in Functional Foods in China

HUI Bodi, ZHANG Xu, GONG Ping

(Department of Food Science, College of Applied Arts and Science, Beijing Union University, Beijing 100191, China)

**Abstract:** According to the legal concept, functional foods, also known as health foods, are considered as a variety of foods. Food materials, including ordinary foods, food additives and novel food materials, can be widely used as main and subsidiary materials of functional foods. Data sources from the website of the State Food and Drug Administration (SFDA), which is now China Food and Drug Administration (CFDA), were used in this study to classify and count the main and subsidiary materials of all registered functional foods from 2005 to 2013. Furthermore, the frequency of use of general food materials, food additives and novel food materials was calculated in those functional foods. The results showed that only limited varieties of general food materials were used, food additives were commonly involved in subsidiary materials and novel food materials were applied very frequently. By referring to recent advances in this field at home and overseas, the cause of this phenomenon was preliminarily discussed and some suggestions on how to improve it were proposed as well. Moreover, the prospects for the future application of food materials in functional foods were outlined.

**Key words:** functional food; health food; ordinary food; food additive; novel food material

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201617049

中图分类号: TS202.1; TS202.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2016)17-0296-07

引文格式:

惠伯棣, 张旭, 宫平. 食品原料在我国功能性食品中的应用研究进展[J]. 食品科学, 2016, 37(17): 296-302. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201617049. <http://www.spkx.net.cn>

HUI Bodi, ZHANG Xu, GONG Ping. A review on the application of food materials in functional foods in China[J]. Food Science, 2016, 37(17): 296-302. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201617049. <http://www.spkx.net.cn>

“功能性食品”这一名词首先于20世纪80年代在日本使用。根据日本政府1991年颁布的特定健康食品法, 日本的功能性食品被称为特定保健用食品(food of specified health use, FOSHU)<sup>[1-2]</sup>。在美国市场上, 属于功能性食品范畴内的产品包括: 天然健康食品(natural health food)、功能性食品(functional food)、营养药用食品(nutriceutical)和膳食补充剂

(dietary supplement)等<sup>[3-5]</sup>。在我国台湾地区, 这类产品被称之为健康食品(health food)<sup>[6]</sup>。

根据1996年卫生部令第46号的“保健食品管理办法”, 我国的功能性食品(又称保健食品)分为两大类: 1)具有明确健康功能的功能性食品。其定义为: 具有已被证实的单一或多重调节人体生理状况的功能、适宜于特定人群、不以治疗疾病为目的、为食品或食品一

收稿日期: 2015-11-05

作者简介: 惠伯棣(1959—), 男, 教授, 博士, 研究方向为类胡萝卜素化学与生物化学。E-mail: bodi\_hui@buu.edu.cn

部分的产品。2) 营养素补充剂。其定义为: 单纯以一种或数种经化学合成或从天然动植物中提取的营养素为原料加工制成的食品。营养素补充剂没有功能声称, 但纳入功能性食品法规管理<sup>[7]</sup>。

经过30多年的发展, 我国的功能性食品原辅料已经形成3个主要来源: 1) 中草药材, 包括两份名单: 一份是药食两用材料, 包括87种; 另一份是功能性食品中可使用的药材, 包括114种。2) 食品原料, 包括: 普通食品原料, 主要包括《中国食物成分表》中所涉及的食物<sup>[8]</sup>, 如谷物、蔬菜、水果、肉、蛋、奶制品等; 新食品原料<sup>[9-10]</sup>, 如叶黄素酯等; 食品添加剂<sup>[11]</sup>, 如各类甜味剂、着色剂、香精等。3) 部分天然产物和动植物提取物。

基于我国传统文化中中医药的影响力, 无论过去或现在, 中草药材在我国的功能性食品原料中均被大量应用, 这成为我国功能性食品产业的一大特色, 这一特色在今后也会愈加显著。

同时, 基于功能性食品的定义, 食品原料在我国功能性食品的原辅料中也占有适当的比例。其意义在于: 1) 大部分食品原料被消费者大量长期食用, 其安全性是经过有效验证的。因此, 使用食品原料可使功能性食品的安全性得到有效保障。2) 部分食品原料的直接使用可导致产品的形态和剂型发生变化, 脱离现有的以丸散膏丹为主要剂型的局面, 保持产品的食品属性。3) 使我国的食物和农产品加工产业得到延伸, 显著提高产业的附加值。

本文选择国家食品药品监督管理总局数据查询网站为数据源, 对2005—2013年审评通过的所有功能性食品原辅料进行统计, 计算食品原料在这些产品中的应用频率。同时, 选择医学在线 (Medical Literature Analysis and Retrieval System Online, MEDLARS Online, 即 MedLine) 和中国知网 (China National Knowledge Infrastructure, CNKI) 为数据源, 检索近年来的相关研究工作进展, 并试图根据文献检索结果给予统计结果以合理的分析与解释。

## 1 食品原料的使用

在2005—2013年期间, 国家食品药品监督管理总局已审评批准的功能性食品中涉及48 573项原辅料。统计结果显示: 其中普通食品原料占2 381项、食品添加剂占9 773项、新资源食品占486项, 合计12 640项, 占总原辅料项数的26.02%。

### 1.1 普通食品原料的使用

#### 1.1.1 谷物

小麦及其制品主要包括小麦胚芽油 (25个产品)、麦粉、麦麸、小麦蛋白制备物和膳食纤维和胚芽粉, 合

计超过40个产品。以燕麦及其制品为原料的产品有20个左右, 其中有使用燕麦粉和燕麦片的, 但多数产品使用燕麦纤维 (16个产品)。荞麦及其制品合计8个产品, 包括荞麦粉和荞麦花粉。使用青稞粉和青稞提取物的产品有4个。大麦麸及大麦纤维有2个产品。玉米制品包括玉米粉、玉米浆干粉、玉米胚芽、玉米胚芽油 (12个产品) 和膳食纤维等, 合计19个产品。以水稻为原料的产品数量不多, 合计7个产品, 包括大米胚芽粉 (6个产品) 和大米蛋白。紫米、糯米、黑米和高粱粉也有应用。以上统计结果与近年来的研究工作进展基本相符。近年来的研究工作主要集中在小麦原料的健康功能上, 伊朗的Rahaie等<sup>[12]</sup>论述了以全麦面粉为主要原料制造的功能性面包能够补充微量元素, 其中的高含量膳食纤维能够降低血液中胆固醇的水平, 提高胰岛素敏感性, 减少糖尿病、结肠癌的发生。意大利的Laddomada等<sup>[13]</sup>论述了小麦麸皮中酚酸物质的抗炎作用。而美国的Cooper<sup>[14]</sup>也指出不同小麦面筋中某种醇溶蛋白含量对部分人群肠道功能的负面影响。丹麦的Adhikari等<sup>[15]</sup>论述了谷物中苯并噻唑酮类物质抗菌、抗癌、免疫调节、抑制食欲、减轻体重等多种作用。

对于荞麦和燕麦的健康功能也有所关注, 荞麦能够抗肿瘤、抗炎、保护神经、降低血糖水平、激活免疫系统、降低血浆中的胆固醇水平, 减少冠心病发病的风险<sup>[12,16]</sup>; 燕麦则具有抗肿瘤和降血脂的作用<sup>[17]</sup>。

相比之下, 研究者对以谷物中的玉米和水稻为功能性食品原料的关注度有限。

#### 1.1.2 豆类

大豆及其制备物在我国功能性食品原料中的应用数量庞大, 合计160个产品, 包括大豆粉、大豆氨基酸、肽和蛋白制备物、大豆多糖、大豆磷脂、大豆膳食纤维、大豆黄酮和大豆异黄酮等, 标志性成分包括蛋白、多糖、磷脂、膳食纤维、黄酮和异黄酮。豆油也作为辅料在功能性食品中广泛使用。绿豆作为功能性食品原料包括绿豆粉、绿豆皮提取物和绿豆提取物, 合计7个产品。此外, 白扁豆 (8个产品)、赤小豆 (5个产品)、白芸豆提取物、淡豆豉及提取物、黑豆、红芸豆、豌豆蛋白及豌豆纤维、鹰嘴豆及其粉剂等也被用于功能性食品中。一直以来, 研究人员都较为关注豆类的健康功能和制备技术, 近年来这方面的研究工作也取得了持续进展。有研究表明, 补充豆类能够减少 $\beta$ -淀粉酶的积累, 预防阿尔茨海默症对人体造成的认知功能障碍<sup>[18]</sup>。大豆蛋白经过水解所获得的肽类物质具有抗氧化、抗菌、降血压、抗肿瘤和免疫调节等生物活性, 其已被用于日本“特定保健用食品”的研发<sup>[19]</sup>。

#### 1.1.3 蔬菜

山药及提取物是蔬菜功能性食品中应用数量最多的

普通食品原料, 合计超过200个产品, 标志性成分为多糖。其次为苦瓜及其制品, 合计超过100个产品, 包括冻干粉、苦瓜干及提取物(95个产品)。再次为大蒜及制品, 包括大蒜粉、大蒜精油(19个产品)、大蒜提取物等, 合计超过30个产品。使用姜为原料的产品有18个, 包括姜提取物和姜油。使用芡实为原料的产品有15个; 使用百合及提取物为原料的产品有10个, 包括百合粉和提取物(9个产品); 使用鱼腥草的产品有7个; 使用番茄制备物(不包括脂溶性提取物)的产品合计7个; 以胡萝卜为原料的产品有6个, 包括胡萝卜粉和胡萝卜纤维。由于南瓜的降糖作用已被认知, 其被认为是功能性食品的适宜原料, 但到目前为止, 功能性食品中使用南瓜为原料的数量并不多, 合计6个产品, 包括南瓜粉和南瓜提取物。已使用的原料还包括: 洋葱冻干粉及提取物、菊苣粉及提取物、芹菜冻干粉及提取物、菠菜干粉、莲藕粉、紫苏及紫苏油制品、牛蒡、冬瓜、西兰花提取物、辣椒粉和芦笋粉等。人们对这方面的研究工作也具有长期的兴趣。既有针对于植物中某类具体化合物的功效进行研究, 如Clifford等<sup>[20]</sup>所研究的甜菜红色素已显示出强大的抗氧化、抗炎和体内化学预防作用; 也有大规模的流行病学调查, 意大利与瑞士的联合团队就对上万人的样本进行了对比调查, 发现果蔬摄入有助于降低几种常见的上皮细胞肿瘤, 特别是消化道肿瘤发病的风险<sup>[21]</sup>。

#### 1.1.4 水果

山楂及提取物已大量应用于功能性食品的原料中, 合计164个产品, 主要为提取物, 标志性成分为总黄酮。以越橘(包括蓝莓)为原料的产品有55个, 均以花青素为标志性成分, 以提取物为主, 有43个产品。近年来, 将水果源花青素用于功能性食品的研究工作一直备受关注, 特别是在剂型改造方面的努力, 现在已能够通过喷雾干燥将花青素进行微胶囊包埋, 提高其稳定性与生物利用度<sup>[22]</sup>。以乌梅为原料的产品有21个, 包括乌梅粉和提取物。以木瓜为原料的产品有16个。以桂圆(龙眼)为原料的产品有12个。以樱桃为原料的产品有9个, 包括樱桃全粉、果肉粉和提取物。以桑椹为原料的产品有8个, 主要为提取物。以枇杷为原料的产品有8个, 包括枇杷果浆、枇杷果肉和枇杷提取物。此外, 苹果提取物、苹果纤维、猕猴桃粉、雪梨、刺梨(包括冻干粉和提取物)、石榴粉、黑加仑(包括果汁、提取物和油)、柑橘提取物(标志性成分为柑橘黄酮)、橄榄提取物、菠萝(主要为干粉)、西梅浓缩液和凤梨粉等也被用于功能性食品中。

#### 1.1.5 干果

枣(包括大枣、红枣和小枣)及提取物在功能性食品中被大量使用, 合计157个产品, 标志性成分为多糖。

黑枣和酸枣也有应用。以核桃等坚果为原料的产品有28个, 包括核桃蛋白水解物、核桃仁粉、核桃油及山核桃油, 其中桃仁及提取物产品占24个。此外, 已用于功能性食品原料的干果类食品还有葵花籽及提取物、杏仁及粉、甜杏仁、松籽、花生仁和榛子等, 这方面的研究一直比较活跃。对常见坚果(包括杏仁、腰果、栗子、榛子、花生、松子、开心果、核桃等)中植物化合物的研究很多, 对总酚、原花青素、没食子酸和单宁, 鞣花酸和鞣质、黄酮、酚酸、苯乙烯和植酸, 脂质、生育酚、植物甾醇、鞘脂类、类胡萝卜素、叶绿素和烷基苯酚等均有所报道<sup>[23]</sup>。越来越多的证据也表明, 坚果摄入对氧化应激反应、炎症和血管反应性有积极影响<sup>[24]</sup>。

#### 1.1.6 食用菌

功能性食品的原料中涉及香菇的产品有37个, 包括香菇多糖、香菇粉、香菇提取物等。涉及猴头菇的产品有16个, 主要为提取物。涉及金针菇的产品合计10个, 主要为提取物。黑木耳(包括粉剂和提取物)合计有6个产品。银耳提取物及多糖有5个产品。此外, 鸡腿菇、羊肚菌子实体提取物和双孢蘑菇提取物等也有应用。虽然研究人员在很长时间内对食用菌功能的研究兴趣不衰, 但对将其应用于功能性食品所做的努力还不够。

在食用菌的使用中, 我国的法规系统执行较为严格的安全性评估, 这主要体现在对稀有或新菌种的鉴定报告和菌丝体的安全性评估上有严格的要求。

#### 1.1.7 茶

茶叶作为功能性食品原料在我国备受重视, 合计有197个产品。涉及的茶叶制品包括绿茶粉、红茶粉、乌龙茶粉、普洱茶粉、苦丁茶粉、黑茶提取物、绿茶提取物(88个产品)、乌龙茶提取物、茶多酚(73个产品)和苦丁茶提取物。与食用菌的研究情况类似, 研究人员对其应用于功能性食品所做的努力还不够。但是鉴于茶叶在我国传统饮食文化中的影响力, 茶原料的应用频率一直较高。

#### 1.1.8 畜和禽

在禽类产品中, 乌鸡受到重视, 合计16个产品, 包括乌鸡粉和提取物。此外, 鸡肉也被使用于5个产品中。牛及其制品的应用为数不多, 有6个产品, 包括牛鞭、牛骨粉、牛脑、牛肉浸膏和牛血提取物。猪及其制品的应用也为数不多, 有8个产品, 包括猪脑蛋白水解物、猪脑提取物、猪脾、猪血及猪血浆蛋白粉。另外, 羊肾也有使用。人们对于动物源蛋白在功能性食品中应用的认识正在逐步加深。在动物蛋白水解或发酵过程中, 一些具有生物活性的肽会被释放, 其所具有的特异性蛋白片段已经超出其本身的营养功能, 最终将对人体的内分泌、心血管、免疫和神经系统产生积极影响, 包括抗菌、降低血压(血管紧张素转换酶抑制)、降低胆固醇水平、



抗血栓、抗氧化、免疫调节、提高对矿物质的吸收和生物利用度以及抗遗传毒性等<sup>[25]</sup>。

#### 1.1.9 水产品

牡蛎已经成为我国重要的功能性食品原料, 合计30个产品, 包括牡蛎粉、牡蛎肉和牡蛎提取物。海带(和昆布)及提取物(粉剂)也已被使用, 合计20个产品。除冷水鱼中提取的功能性油脂和鱼肝油外, 鱼的加工制品也有应用, 合计18个产品, 包括鱼鳔、鱼蛋白粉、鱼胶原蛋白粉、鱼胶原肽粉、鱼明胶、鱼皮胶原蛋白、鱼皮水解物、鱼软骨提取物、鱼油(甘油三酯型)和鱼油粉等。海参在我国是一个受欢迎的传统普通食品原料, 已被用于功能性食品中, 合计14个产品, 包括冻干粉和提取物。单细胞藻类, 如绿藻(包括小球藻), 也被使用, 合计6个产品。此外, 甲鱼、甲鱼骨粉、羊栖菜、蟹壳、鲟鱼、海鳗及其提取物也有使用。近年来, 关于海洋生物、微藻、褐藻、红藻、甲壳素等水产品的功能研究很活跃<sup>[26-30]</sup>。海洋生物中的生物活性物质有80%都来自于海藻、海绵、软体动物、苔藓虫、海蛞蝓等海洋无脊椎动物的次生代谢物。这些生物活性分子具有抗菌、抗病毒、抗寄生虫、抗炎、抗纤维化和抗肿瘤等作用, 同时还是关键酶和转录因子的激活剂或抑制剂, 调节各种生理代谢途径<sup>[26]</sup>。微藻中的甾醇类物质能够抗氧化、抗炎、调节免疫、降血脂<sup>[27]</sup>。红藻中特有的蛋白、多肽与多糖能够调节肠上皮细胞、巨噬细胞和淋巴细胞的增殖和分化, 调节肠黏膜的屏障功能<sup>[28]</sup>。褐藻中的岩藻黄质能够诱导腹部白色脂肪中的解偶联蛋白1作用, 使白色脂肪细胞分泌相关细胞因子, 使巨噬细胞浸润脂肪组织, 达到降低体脂的效果<sup>[29]</sup>。从蟹壳中提取的几丁质可被水解成为N-乙酰-D-氨基葡萄糖低聚物和氨基葡萄糖低聚物, 前者具有抗癌功效, 后者除了具有抗癌功效之外还具有抗炎作用<sup>[30]</sup>。

#### 1.1.10 蛋

鸡蛋及制品已被用作功能性食品的原料, 包括蛋粉、蛋清粉、蛋黄粉、蛋清提取物、蛋黄提取物、卵清蛋白酶解物、卵清蛋白水解物、卵清蛋白肽、蛋黄卵磷脂、蛋壳粉、蛋清液等, 合计29个产品, 研究人员对此也给予了关注。鸡蛋中的生物活性物质包括卵磷脂、胆固醇、叶黄素、玉米黄质和生物活性蛋白, 它们可通过不同途径作用于机体的炎症反应, 进而影响机体炎症相关疾病的病理生理进程<sup>[31]</sup>。而由于鸡蛋中部分生物活性物质对热敏感, 因此蛋类原料在功能性食品生产过程中能否使用传统的巴氏灭菌法进行微生物控制是一件值得探讨的事情<sup>[32]</sup>。

#### 1.1.11 乳品

乳品的应用备受重视。除少量全奶蛋白外, 乳清蛋白是用做原料数量最多的产品, 合计50个产品, 包括乳

清蛋白粉、乳清浓缩蛋白粉和乳清蛋白肽等。其次, 以牛初乳及冻干粉为原料也有22个产品。此外, 羊乳粉和酸马奶粉也有应用。值得注意的是, 发酵乳制品的功能研究也受到重视, 已有人群调查表明, 以地中海饮食模式为代表, 在饮食中摄取奶酪、酸奶等发酵乳制品能够减少机体的炎症生物标志物, 降低心血管疾病的发病风险<sup>[33]</sup>。

#### 1.1.12 益生菌

用于功能性食品原料的益生菌主要包括乳杆菌和双歧杆菌这两个属的菌类, 主要剂型为菌粉。乳杆菌属的菌株包括: 保加利亚乳杆菌、植物乳杆菌、嗜酸乳杆菌、德氏乳杆菌保加利亚亚种、发酵乳杆菌GM090和干酪乳杆菌等, 合计约30个产品。双歧杆菌属的菌包括: 双歧杆菌、动物双歧杆菌BB-12、动物双歧杆菌、长双歧杆菌、短双歧杆菌、两歧双歧杆菌、青春双歧杆菌、婴儿双歧杆菌和乳双歧杆菌等, 合计约50个产品。这是一个备受关注的研究领域, 益生菌功能的研究已受到了充分的重视<sup>[34-39]</sup>。乳酸菌在人体肠道内一直扮演着重要角色, 而随着转基因技术的发展, 乳酸菌正在作为重组蛋白的一种载体, 用以治疗糖尿病、癌症、病毒感染等不同疾病<sup>[34]</sup>。在乳制品中添加益生菌主要是考虑到人群中所出现的乳糖不耐症现象, 而在非乳制品中, 特别是在饮料中添加益生菌则更强调风味。乳制品和非乳制品的益生菌功能属性还可通过添加益生元如半乳糖、低聚果糖和菊粉等得到进一步增强<sup>[35]</sup>, 而益生元由于能够刺激特定微生物生长, 其在功能性食品中的应用也使得产品具有降血脂、降低冠心病发病风险等功效<sup>[36]</sup>。对于特定人群, 如妊娠期妇女, 摄入的益生菌通过控制肠内微生物能够降低体质量超标孕妇患妊娠期糖尿病的风险<sup>[37]</sup>。在筛选益生菌过程中, 既要考虑其所带来的功效, 如免疫调节或胃肠道功能调节等, 也要考虑到益生菌是否能够达到一定数量, 能否耐受住胃酸或胆汁等不同的消化道环境<sup>[38]</sup>。而益生菌的评价则需要进行基因组序列和抗生素耐药性分析, 还要选择适当的体内模型进行毒理学研究(包括毒素的生产)并准确定义目标人群<sup>[39]</sup>。

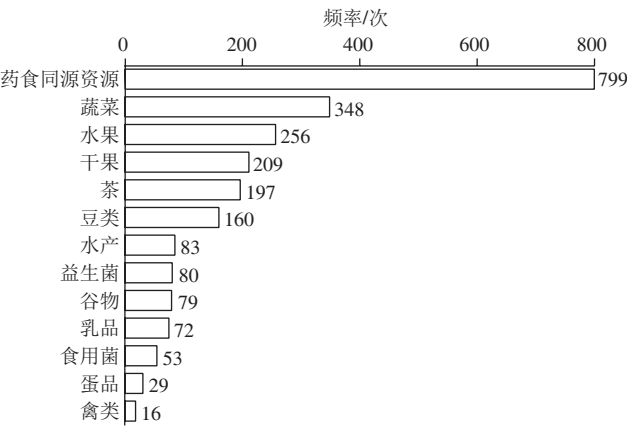
#### 1.1.13 药食两用材料

枸杞被大量用于我国的功能性食品原料中, 合计625个产品, 主要为多糖提取物, 达619个产品。其他制品包括枸杞提取物、枸杞粉、枸杞浓缩粉、枸杞籽油和鲜枸杞。荷叶及提取物是另一个在功能性食品原料中大量使用的药食两用材料, 合计107个产品, 以提取物为主。此外, 魔芋粉及其提取物(18个产品)、茶油(18个产品)、黑芝麻及其提取物(16个产品)、薄荷(15个产品)、莲子粉及其提取物(11个产品)也有应用。

#### 1.1.14 不同类别普通食品原料的使用频率比较

图1为不同类别普通食品原料在功能性食品原料中的使用频率比较。在已使用的普通食品原料中, 药食两用

材料多达799项。而属于消费者日常生活中暴露频率高和长期食用的普通食品原料合计1 582项,占2005—2013年我国已审评的功能性食品所涉及原辅料项数的3.26%,可见其在功能性食品原料中仅被有限地应用。



数据源为国家食品药品监督管理总局数据查询网站2005—2013年审评通过的功能性食品。下同。

图1 不同类别普通食品原料在功能性食品原料中的使用频率

Fig. 1 Application frequency of different categories of general food materials in functional foods

1.1.15 不同种类普通食品原料的使用频率比较

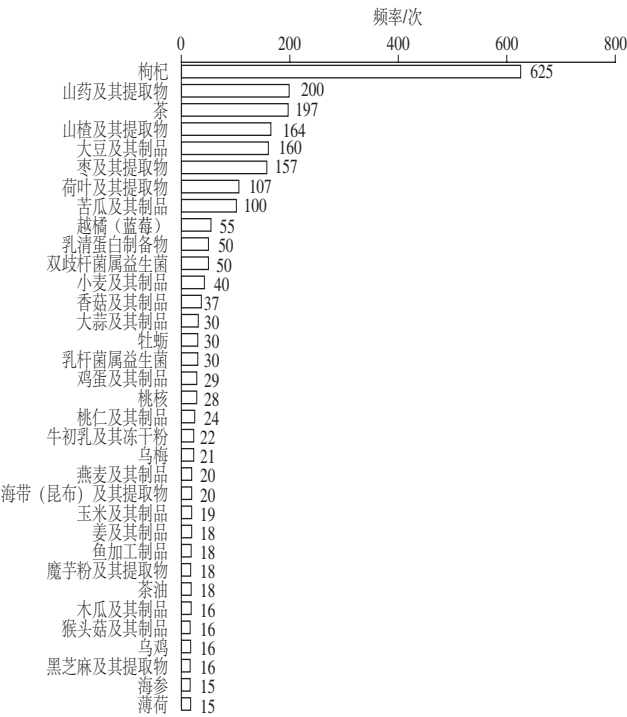


图2 不同种类普通食品原料在功能性食品原料中的使用频率

Fig. 2 Application frequency of different species of general food materials in functional foods

图2为不同种类普通食品原料在功能性食品原料中的使用频率比较。枸杞、山药、茶、山楂、大豆及其提取

物在功能性食品中有较多的应用。图2所示结果再次证实了从图1得到的结论:属于人们日常生活中暴露频率高和长期食用的普通食品原料在我国功能性食品中的应用频率较低。

1.2 食品添加剂的使用

我国的食品添加剂按功能可分为23个类别,如抗氧化剂、着色剂、乳化剂等,共2 400多个品种。食品添加剂在功能性食品中可应用于原料和辅料。

1.2.1 食品添加剂作为功能因子

食品添加剂作为功能性食品原料使用时可作为功效因子,如维生素类产品等。虽然这些原料在药典中也被收录,但执行的质量标准是不同的。一部分食用油原料也被考虑用作功能性食品的原料。已有报告评估了棕榈油和棕榈酸对肥胖、2型糖尿病、癌症及心血管疾病的健康功效<sup>[40]</sup>。另外,亚麻籽中必需脂肪酸、木脂素、膳食纤维对健康的积极影响也有报道<sup>[41]</sup>。

1.2.2 食品添加剂在辅料中的应用

食品添加剂在功能性食品辅料中有大量的应用。在2005—2013年期间已审批通过的功能性食品中,食品添加剂在功能性食品辅料中的使用频率累计达9 773次,远高于普通食品原料和新资源食品。表1为部分食品添加剂在功能性食品辅料中的使用频率,其中甜味剂、着色剂、溶剂油和糊精等在功能性食品辅料中有很高的使用频率。

表1 食品添加剂在功能性食品辅料中的使用频率  
Table 1 Application frequency of food additives as subsidiary materials of functional foods

| 食品添加剂种类                         | 使用频率/次 |
|---------------------------------|--------|
| 甜味剂(蔗糖、甘露醇、乳糖、阿斯巴甜、葡萄糖、木糖醇、蜂蜜等) | 3 527  |
| 着色剂(二氧化钛、柠檬黄、氧化铁、日落黄、焦糖色、胭脂虫红等) | 2 238  |
| 食用油(大豆油、玉米油、鱼油、甜橙油、亚麻籽油等)       | 1 075  |
| 糊精(麦芽糊精、环糊精等)                   | 1 043  |
| 香精(甜橙香精、橘子香精、草莓香精、香兰素、柠檬香精等)    | 775    |
| 纤维素(羟丙甲纤维素、羧甲基纤维素、羟丙纤维素、膳食纤维等)  | 667    |
| 淀粉及改性淀粉(羧甲基淀粉、玉米淀粉、预胶化淀粉等)      | 471    |
| 奶粉和炼乳(脱脂奶粉、牛初乳粉、全脂奶粉、植脂末等)      | 228    |
| 食用胶(硒化卡拉胶、黄原胶、果胶、阿拉伯胶等)         | 144    |
| 果蔬粉、果蔬汁及果蔬汁粉(橙粉、橙汁、苹果汁、橘汁粉等)    | 120    |
| 酒类(白酒、黄酒、米酒等)                   | 101    |

1.3 新食品原料(新资源食品)的使用

我国已批准的新食品原料(新资源食品)有上百个,其中有46个被用于2005—2013年期间我国已审评批准的功能性食品中,总出现频率为486次。值得注意的是,由于这些新食品原料大部分含有健康功能显著的功效成分或标志性化合物,因此这些产品均作为功能性食品的主要原料被使用。图3为新食品原料在功能性食品原料中的使用频率。除图3中显示的产品外, $\gamma$ -氨基丁酸、茶叶籽油、蛋白核小球藻、杜仲籽油、短梗五加、副干

酪乳杆菌、高粱花粉、海藻糖、玫瑰茄、牛奶碱性蛋白、诺丽果浆、珠肽粉等产品在功能性食品原料中亦有少量应用。

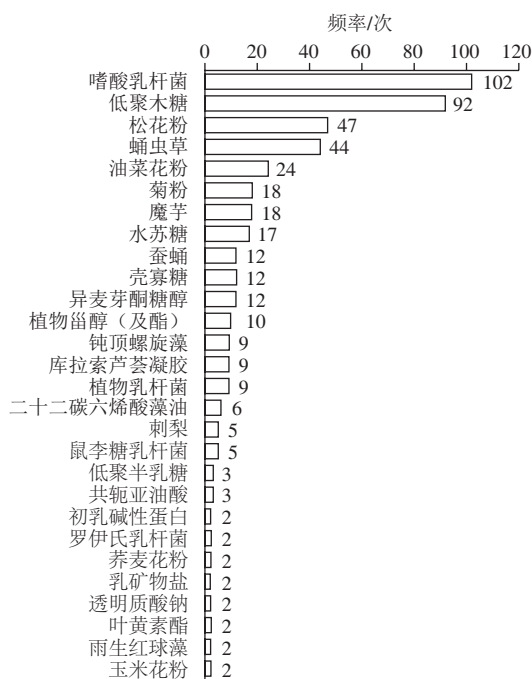


图3 新食品原料在功能性食品原料中的使用频率

Fig. 3 Application frequency of new food materials in functional foods

## 2 分析讨论

### 2.1 普通食品原料使用频率低的原因

从文献检索的结果来看,普通食品原料在功能性食品中的使用频率与相关文献的发表数量没有明确的相关性。可见,影响普通食品原料在功能性食品中使用频率的因素是多方面的。

统计结果显示,普通食品原料在功能性食品中使用时有两种形态:一种是原料的固有形态,另一种是经萃取和浓缩的制备物。在分析普通食品原料使用频率低的原因时,需从这两个形态入手。

#### 2.1.1 功效因子含量偏低

在使用固有形态原料时,多数普通食品原料中的功效因子含量偏低。只有长期、大量食用它们才能具有保健效果。这一过程通常被称为食疗。这与功能性食品的定义不符。因此,要想在功能性食品中大量使用这类原料,必须克服其功效因子含量偏低的困难。

#### 2.1.2 功效因子含量控制困难

部分普通食品原料含有较丰富的功效因子。这部分原料可直接用于功能性食品中,形成理想的食物形态产品。在这类产品中,功效因子含量的个体、批次、地理、环境、遗传等差异显著,很难控制在一个稳定的水

平,以富硒茶为例:由于硒是通过肥料、根和茎才转运到叶的,茶叶中最终积累的硒含量受到诸多的环境因素和遗传因素影响,呈现显著的个体差异。因此,富硒茶叶至今未被用于功能性食品中。

#### 2.1.3 功效因子量效关系证据不足

使用经过浓缩的萃取物是解决多数普通食品原料中功效因子含量偏低的有效方法。因此,萃取物的浓缩程度成为普通食品原料使用的又一个关键问题,萃取物的浓缩程度是建立在已经证实的功效因子的量效关系上的。目前已有许多关于食品功能的研究报道,但这些结果中普遍缺乏量效关系的数据。

### 2.2 提高普通食品原料使用频率的措施

#### 2.2.1 大力发展萃取和浓缩技术

使用制备物形态的原料是解决功效因子含量偏低的主要方法,换言之,用普通食品原料制造功能性食品的过程可以被理解为将其中的功效因子萃取和浓缩的过程。这里所涉及的过程包括萃取和浓缩两个步骤。因此,功效因子萃取和浓缩技术成为使用普通食品原料制造功能性食品的关键技术,这些技术的研发不足是导致目前普通食品原料使用频率低的重要原因。

必须注意的是,在大多数情况下,普通食品原料萃取物经过浓缩就应当被直接用于功能性食品中,无需进一步分离纯化。虽然经过纯化的制备物中功效因子的含量可能更高,但有可能失去普通食品的属性,带来安全性方面的质疑,这一问题被称为过度精制。

#### 2.2.2 协同应用多种技术控制功效因子含量

解决功效因子含量不稳定问题的方法比较复杂,需要多种技术协同使用,包括原料种植和养殖的标准化技术、功效成分的现场检测技术和功效因子的稳态技术等。

#### 2.2.3 加强功效因子量效关系的研究

如上所述,近年来对普通食品中功效因子的量效关系的研究并不活跃。因此,今后需要开展的工作还有很多。在此应该突出强调的是功效因子在体内代谢库(如肝脏)中代谢的研究。普通食品中的功效因子含量低,产品服用时间长,能否具有健康功能的关键是在体内的积累代谢。代谢库器官在功效因子积累代谢中的作用尤为重要。大部分功效因子在体内的积累代谢库是肝脏,因此,加强对功效因子在肝脏中的代谢研究是研究量效关系的重点之一。

## 3 结语

在食品科学中,食品功能的研究目前备受重视。食品中功效因子构效和量效关系的研究工作数量有上升的趋势<sup>[42]</sup>,同时功效因子的制备技术发展与创新也不曾间断,在这方面,产品生产和设备制造企业均保持了持久



的投资兴趣。目前,虽然通过精细的栽培和养殖技术来准确控制普通食品原料中某种功效因子的含量似乎是非常困难的事,但是食品中营养素的现场、无损伤检测技术在十几年中有了长足的发展。尤其是近红外检测技术在这方面显示出了巨大的潜力,这就使得用不同功效因子含量的原料调配来达到准确控制食品原料中功效因子含量成为可能。鉴于上述原因,在可以预见的将来,食品原料在功能性食品中的应用前景应该是良好的<sup>[43]</sup>,但需要的时间可能比较漫长。

#### 参考文献:

- [1] 刘洪宇, 邓少伟, 钮正睿. 日本保健功能食品管理制度及特定保健用食品批准情况概要[J]. 中国药事, 2012, 26(5): 521-525. DOI:10.3969/j.issn.1002-7777.2012.05.030.
- [2] 闫庆松. 日本健康食品市场准入及法规解析[J]. 中国现代中药, 2011, 13(1): 47-50. DOI:10.3969/j.issn.1673-4890.2011.01.014.
- [3] 潘建国. 目前美国保健食品主要流行品种及发展趋势(一)[J]. 食品科技, 2002, 27(2): 1-3. DOI:10.3969/j.issn.1005-9989.2002.02.001.
- [4] 潘建国. 目前美国保健食品主要流行品种及发展趋势(二)[J]. 食品科技, 2002, 27(3): 3-4. DOI:10.3969/j.issn.1005-9989.2002.03.002.
- [5] 范青生. 美国食品消费趋势与我国营养保健食品发展[J]. 中国食物与营养, 1997(1): 36-38.
- [6] 吴榜华, 吴硕, 于菊花. 台湾保健食品考察报告[J]. 吉林师范大学学报(自然科学版), 2007, 28(1): 4-6. DOI:10.3969/j.issn.1674-3873.2007.01.002.
- [7] 白虹. 保健食品功效成分检测方法[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2011: 1-6.
- [8] 杨月欣. 中国食物成分表[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2005: 1-12.
- [9] 李宁. 国内外新资源食品管理法规和安全性评价[J]. 中国卫生监督杂志, 2011, 18(1): 11-14. DOI:10.3969/j.issn.1007-6131.2011.01.001.
- [10] 孙春伟, 赵桂华. 从新资源食品到新食品原料的制度变迁与应对[J]. 食品工业科技, 2014, 35(1): 17-19. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2014.01.051.
- [11] 尤新. 功能食品和功能食品添加剂发展新动向[J]. 中国食品添加剂, 2008(增刊1): 43-51. DOI:10.3969/j.issn.1006-2513.2008.z1.004.
- [12] RAHAIE S, GHARIBZAHEDI S M, RAZAVI S H. Recent developments on new formulations based on nutrient-dense ingredients for the production of healthy-functional bread: a review[J]. Journal of Food Science and Technology, 2014, 51(11): 2896-2906. DOI:10.1007/s13197-012-0833-6.
- [13] LADDOMADA B, CARETTO S, MITA G. Wheat bran phenolic acids: bioavailability and stability in whole wheat-based foods[J]. Molecules, 2015, 20(9): 15666-15685. DOI:10.3390/molecules200915666.
- [14] COOPER R. Re-discovering ancient wheat varieties as functional foods[J]. Journal of Traditional & Complementary Medicine, 2015, 5(3): 138-143. DOI:10.1016/j.jtcm.2015.02.004.
- [15] ADHIKARI K B, TANWIR F, GREGERSEN P L. Benzoxazinoids: cereal phytochemicals with putative therapeutic and health-protecting properties[J]. Molecular Nutrition & Food Research, 2015, 59(7): 1324-1338. DOI:10.1002/mnfr.20140071.
- [16] GIMÉNEZ-BASTIDA J A, ZIELINSKI H. Buckwheat as a functional food and its effects on health[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2015, 63(36): 7896-7913. DOI:10.1021/acs.jafc.5b02498.
- [17] RASANE P, JHA A, SABIKHI L. Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods: a review[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(2): 662-675. DOI:10.1007/s13197-013-1072-1.
- [18] UNNO K, KONISHI T. Preventive effect of soybean on brain aging and amyloid- $\beta$  accumulation: comprehensive analysis of brain gene expression[J]. Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture, 2014, 7(2): 83-91. DOI:10.2174/2212798407666150629140132.
- [19] AGYEI D. Bioactive proteins and peptides from soybeans[J]. Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture, 2015, 7(2): 100-107. DOI:10.2174/2212798407666150629134141.
- [20] CLIFFORD T, HOWATSON G, WEST D J. The potential benefits of red beetroot supplementation in health and disease[J]. Nutrients, 2015, 7(4): 2801-2822. DOI:10.3390/nu7042801.
- [21] TURATI F, ROSSI M, PELUCCHI C. Fruit and vegetables and cancer risk: a review of southern European studies[J]. British Journal of Nutrition, 2015, 113(Suppl 2): 102-110. DOI:10.1017/S0007114515000148.
- [22] ROBERT P, FREDES C. The encapsulation of anthocyanins from berry-type fruits. Trends in foods[J]. Molecules, 2015, 20(4): 5875-5888. DOI:10.3390/molecules20045875.
- [23] ALASALVAR C, BOLLING B W. Review of nut phytochemicals, fat-soluble bioactives, antioxidant components and health effects[J]. British Journal of Nutrition, 2015, 113(Suppl 2): 68-78. DOI:10.1017/S0007114514003729.
- [24] ROS E. Nuts and CVD[J]. British Journal of Nutrition, 2015, 113(Suppl 2): 111-120. DOI:10.1017/S0007114514003924.
- [25] BHAT Z F, KUMAR S, BHAT H F. Bioactive peptides of animal origin: a review[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(9): 5377-5392. DOI:10.1007/s13197-015-1731-5.
- [26] SULERIA H A R, OSBORNE S, MASCI P. Marine-based nutraceuticals: an innovative trend in the food and supplement industries[J]. Marine Drugs, 2015, 13(10): 6336-6351. DOI:10.3390/md13106336.
- [27] LUO Xuan, SU Peng, ZHANG Wei. Advances in microalgae-derived phytosterols for functional food and pharmaceutical applications[J]. Marine Drugs, 2015, 13(7): 4231-4254. DOI:10.3390/md13074231.
- [28] CIAN R E, DRAGO S R, de MEDINA F S, et al. Proteins and carbohydrates from red seaweeds: evidence for beneficial effects on gut function and microbiota[J]. Marine Drugs, 2015, 13(8): 5358-5383. DOI:10.3390/md13085358.
- [29] GAMMONE M A, D'ORAZIO N. Anti-obesity activity of the marine carotenoid fucoxanthin[J]. Marine Drugs, 2015, 13(4): 2196-2214. DOI:10.3390/md13042196.
- [30] AZUMA K, OSAKI T, MINAMI S. Anticancer and anti-inflammatory properties of chitin and chitosan oligosaccharides[J]. Journal of Functional Biomaterials, 2015, 6(1): 33-49. DOI:10.3390/jfb6010033.
- [31] ANDERSEN C J. Bioactive egg components and inflammation[J]. Nutrients, 2015, 7(9): 7889-7913. DOI:10.3390/nu7095372.
- [32] MIRANDA J M, ANTON X, REDONDO-VALBUENA C. Egg and egg-derived foods: effects on human health and use as functional foods[J]. Nutrients, 2015, 7(1): 706-729. DOI:10.3390/nu7010706.
- [33] TAPSELL L C. Fermented dairy food and CVD risk[J]. British Journal of Nutrition, 2015, 113(Suppl 2): 131-135. DOI:10.1017/S0007114514002359.
- [34] CANO-GARRIDO O, SERAS-FRANZOSO J, GARCIA-FRUITÓS E. Lactic acid bacteria: reviewing the potential of a promising delivery live vector for biomedical purposes[J]. Microbial Cell Factories, 2015, 14: 137. DOI:10.1186/s12934-015-0313-6.
- [35] KUMAR B V, VIJAYENDRA S V N, REDDY O V S. Trends in dairy and non-dairy probiotic products: a review[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(10): 6112-6124. DOI:10.1007/s13197-015-1795-2.
- [36] SHARMA S, PURI S. Prebiotics and lipid metabolism: a review[J]. Alternative Therapies in Health & Medicine, 2015, 21(Suppl 3): 34-42.
- [37] ISOLAURI E, RAUTAVA S, COLLADO M C. Role of probiotics in reducing the risk of gestational diabetes[J]. Diabetes Obesity & Metabolism, 2015, 17(8): 713-719. DOI:10.1111/dom.12475.
- [38] PAPADIMITRIOU K, ZOUMPOPOULOU G, FOLIGNÉ B. Discovering probiotic microorganisms: *in vitro*, *in vivo*, genetic and omics approaches[J]. Frontiers in Microbiology, 2015, 6: 58. DOI:10.3389/fmicb.2015.00058.
- [39] KUMAR H, SALMINEN S, VERHAGEN H. Novel probiotics and prebiotics: road to the market[J]. Current Opinion in Biotechnology, 2015, 32: 99-103. DOI:10.1016/j.copbio.2014.11.021.
- [40] MANCINI A, IMPERLINI E, NIGRO E. Biological and nutritional properties of palm oil and palmitic acid: effects on health[J]. Molecules, 2015, 20(9): 17339-17361. DOI:10.3390/molecules200917339.
- [41] KAJLA P, SHARMA A, SOOD D R. Flaxseed-a potential functional food source[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(4): 1857-1871. DOI:10.1007/s13197-014-1293-y.
- [42] ABUAJAH C I, OGBONNA A C, OSUJI C M. Functional components and medicinal properties of food: a review[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(5): 2522-2529. DOI:10.1007/s13197-014-1396-5.
- [43] LEE E S. A flood of health functional foods: what is to be recommended?[J]. Journal of Menopausal Medicine, 2015, 21(1): 12-18. DOI:10.6118/jmm.2015.21.1.12.