

DOI: 10.13652/j.spjx.1003.5788.2022.60030

功能性食品研发新模式: 柔性精准营养干预系统

New model of functional food research and development: Flexible and precise nutrition intervention system

周 丹¹ 郑建仙¹ 黄寿恩²ZHOU Dan¹ ZHENG Jian-xian¹ HUANG Shou-en²

(1. 华南理工大学食品科学与工程学院, 广东 广州 510640;

2. 长沙理工大学食品与生物工程学院, 湖南 长沙 410114)

(1. College of Food Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou, Guangdong 510640, China; 2. School of Food Science and Bioengineering, Changsha University of Science & Technology, Changsha, Hunan 410114, China)

摘要:在现代营养学和功能性食品学的理论基础上,利用生物技术及信息数字化技术建立了一种更加精准化、柔性化、整体化、数字化的功能性食品研发新体系——柔性精准营养干预系统(Flexible Precise Nutrition Intervention System, FPNIS),并通过 FPNIS 的搭建,解决了目前常见的两种以传统复方中药材为主或以简单成分膳食补充剂为主的功能性食品研发模式的不足,同时对该探索新途径发展趋势进行了展望。

关键词:功能性食品;趋势;药食同源;柔性精准营养干预系统

Abstract: Based on the scientific theory of modern nutrition and functional food science, this paper uses biotechnology and information digital technology to establish a more precise, flexible, integrated and digital functional food research and development system—flexible precise nutrition intervention system (FPNIS) which improves the shortcomings of the two common functional food research and development models that are based on traditional Chinese herbal medicines or simple ingredient dietary supplements. Through the establishment of FPNIS, provide a new way to explore the research and development of efficient and precise functional food, and analyze its trend.

Keywords: functional food; trend; homology of medicine and food; flexible precise nutrition intervention system (FPNIS)

功能性食品是指强调其成分对人体能充分显示机体

防御功能、调节生理节律、预防疾病和促进康复等功能的工业化食品^[1]。21 世纪以来,功能性食品行业蓬勃发展,2020 年中国功能性食品产值超过 2 700 亿元,产业近 3 年增速超过 15%^[2]。在功能性食品高速发展的同时,人们对于营养的需求也逐渐多样化,天然环保、绿色健康、安全有效的产品日益受到人们的青睐。

市面上的功能性食品开发目前主要有两种模式:① 沿用中国传统中医养生复方开发产品,但此开发模式往往存在着功能成分定性定量模糊,功能成分相互之间交叉影响,功能成分量效关系和毒性作用模糊的问题;② 开发模式是从不同的动植物原料中提取某一种或几种有明确功效成分的生物活性物质,并以一种或几种成分为主原料开发膳食补充剂(Food supplement),或以一种或几种维生素、矿物元素开发营养素补充剂(Nutrient supplement),这种开发模式产品成分相对简单,功效不明显,优点是成分明确,安全性容易评价。而关键问题是,任何一种天然动植物原料的生物功效都不可能归功于某一种或几种活性成分,而是以某一种或更多种活性成分为主,与其他天然生物活性物质相互作用形成的。

在中国传统中医药理论中,认为五行(木火土金水)构成了万事万物,但五行之间仍按一定的规律相互依存、相互制约,以维持事物生化不息的动态平衡。“五行学说”提出了五行相生与五行相克两种机制,所谓五行相生,是指木火土金水之间存在着有序的递相资生、助长、促进的关系;而五行相克,是指木火土金水之间存在着有序的递相克制、制约的关系。这是古人认识世界的朴素的唯物主义观,也是最早的循环系统论。该学说在中医药实践中体现在“君臣佐使”的组方原理上,就是要研究不同中药材在组方中的地位及配伍后的性能变化规律。

很长一段时期,乃至今天,还是有不少人罔顾传统中

基金项目:国家自然科学基金项目(编号:31972010)

作者简介:周丹,女,华南理工大学食品科学与工程学院硕士研究生。

通信作者:郑建仙(1966—),男,华南理工大学教授,博士生导师,博士。E-mail: feixzhen@scut.edu.cn

收稿日期:2022-02-06

医药悠久的历史 and 比比皆是 的实证案例,把中医理论污名为迷信。很少有人注意到,现代植物学、药学与食品科学早已开始了对不同单体化合物之间的协同效应、加和效应、拮抗效应进行了大量的研究,并获得了显著的进展。这类协同效应、加和效应、拮抗效应,与中国五行相生相克无疑异曲同工,究竟是现代科学借鉴了传统中医药理论,还是无意之中的契合,抑或是东西方文化的殊途同归,这些都不重要。重要的是,两者都注意到了不同活性物质相互作用可能产生的正面或负面的作用。因此,抛弃单一或简单几种活性成分的开发思路,参考传统组方,在功能性食品学和现代营养学原理的基础上,明晰不同活性成分之间的功效关系和协同效应,建立一个既能满足用户健康营养需求又安全科学的研发新体系,必然成为功能性食品研发的一种新模式、新趋势。基于这个研发思路,笔者团队提出了“柔性精准营养干预系统(Flexible Precise Nutrition Intervention System, FPNIS)”的概念,并系统阐述如下。

1 FPNIS 的概念

柔性精准营养干预系统(FPNIS)是专为当代人群设计的亚健康营养干预方案,是一套通过对亚健康进行分类化、具体化的归因后,基于功能性食品学和现代营养学原理,针对性、系统性地利用多种生物活性成分对人体进行柔性营养干预,提供人性化、准确化、定制化、休闲化的产品服务,从而实现维持人体健康目的的完备体系。

2 FPNIS 的组成

FPNIS 由 6 个数据库组成(见图 1),分别为亚健康分析库、药食同源原料库、生物技术库、科学配比配方库、小鼠及人体试验功效验证库、售后服务追踪库。每个数据库相互联系,层层推进,可为产品研发溯源、产品功效改善、用户需求及健康状态持续追踪奠定良好的基础。

3 FPNIS 系统运作流程

FPNIS 对人体实现营养干预的系统运作流程如图 2

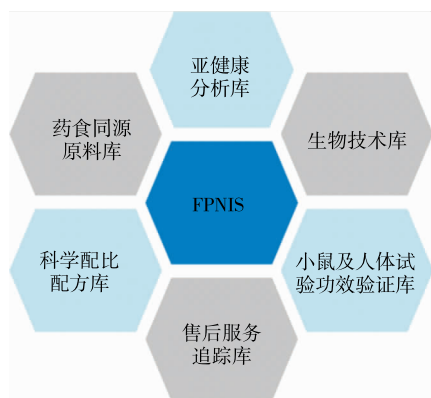


图 1 FPNIS 系统组成图

Figure 1 FPNIS system composition diagram

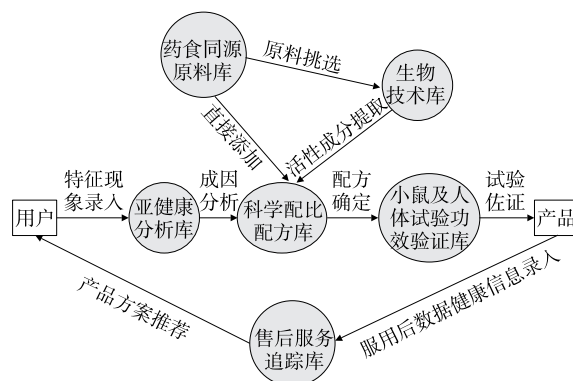


图 2 FPNIS 系统运作流程

Figure 2 FPNIS system operation process

所示。FPNIS 运用人工智能(AI)技术将用户的基本情况数字化,分析后调动亚健康分析库中相匹配的用户亚健康成因。根据这一亚健康成因链接至科学配比配方库,科学配比配方库则由药食同源原料库和生物技术库对其进行支撑。FPNIS 将根据科学配比配方库的配方,为用户推荐最为精准匹配的产品解决方案。用户服用产品后可在售后服务追踪库中同步自己的身体健康相关维度的信息,FPNIS 将根据用户身体健康状态持续提供个性化、精准柔性的产品解决方案。

4 FPNIS 作用的原理

FPNIS 的核心就是营养干预。大量研究已经证实营养干预对于新冠肺炎^[3]、糖尿病^[4]、肥胖^[5]、消化道肿瘤^[6]等问题具有积极的影响。而随着现代科技的进步发展,人类食物养料尤其植物中发现了越来越多的生物活性物质,这些物质对人体健康起着举足轻重的作用,也为营养干预提供了更多元的可能性。

在 FPNIS 中,药食同源原料库、生物技术库、科学配比配方库形成的三角关系是实现干预有效的基石,这个“三角”结构主要用于探究 3 个问题:① 是什么样的生物活性物质? ② 如何高效完整提取活性物质? ③ 活性物质与活性物质、活性物质与基础营养素之间如何搭配才能更好地维护人体健康? 使用 FPNIS 研制的产品前期都需要针对用户亚健康形成的成因,匹配到能解决问题的多种生物活性成分,这些成分利用不同的分离提纯技术从药食同源的本草中提取,再辅以其他的基本营养素,组成营养丰富且有效的科学配方。FPNIS 实现柔性精准的原理及解决的问题主要如下。

4.1 药食同源:解决了安全性的问题

根据《中华人民共和国食品安全法》规定了食品是指各种供人食用或者饮用的成品和原料以及按照传统既是食品又是中药材的物品,但是不包括以治疗为目的的物品。而根据《中华人民共和国药品管理法》第二条规定药品是指用于预防、治疗、诊断人的疾病,有目的地调节人

的生理机能并规定有适应症或者功能主治、用法和用量的物质,包括中药、化学药和生物制品等。药食同源普通食品则侧重于食品属性。《国民营养计划(2017—2030 年)》《健康中国行动(2019—2030 年)》等一系列政策文件也提出鼓励推进中医药功能食品、传统食养产品等药食同源产品的研发^[7-8]。

食品和药品在安全性上有天壤之别,被纳入食品的物质通常经过人类历史长期以来的验证,适量长期服用且基本无有害作用。而药品因为治疗的特殊属性,使得它的功效强劲,只适合短期服用,长期服用对机体存在一定的毒害作用。FPNIS 采用药食同源原料,适合人体长期使用。

4.2 生物技术:解决了活性成分的问题

FPNIS 的生物技术库目前收纳了 3 种生物提取技术,分别为精准可控酶解制肽技术、混合酶解发酵技术和纳米磁珠草本提取技术,可以有效保证功效成分的活性、产率及纯度。

4.2.1 精准可控的酶解制肽技术 大量研究表明,通过精准可控酶解制肽技术制备的短肽成分被证实具有抗菌^[9]、降血压^[10]、抗氧化^[11]等作用。精准可控酶解制肽技术通过对肽进行酶解,可达到有效基团的精准定位释放,得到更具生物活性的短肽成分,进一步提升了短肽成分的生物功效。如对牡蛎使用精准可控酶解后进行体外抗氧化活性评价,发现牡蛎干蛋白酶解物具备了一定抗氧化活性的短肽成分,其清除 DPPH 自由基的 IC_{50} 为 5.95 mg/mL,清除 ABTS 自由基的 IC_{50} 为 10.8 mg/mL,清除羟基自由基的 IC_{50} 为 14.56 mg/mL^[12]。

4.2.2 混合酶解发酵技术 药食两用原料利用酶解发酵技术,可分解各种原料可能含有的不良成分,改善产品感官并提升有效成分的浓度和纯度。例如,银杏果经酶解发酵,其中壬醛、己醛、辛醛等不良风味物质的相对含量显著下降或未检出^[13];玉米芯经酶解发酵提取木糖醇,得率可达 76.35%^[14]。

4.2.3 纳米磁珠提取技术 纳米磁珠目前在食品、生物、医学等领域均有较广泛的应用前景,功能化的纳米磁珠可以与功效成分特异性结合从而实现提纯。相较于传统的分离纯化技术操作步骤繁杂、耗时长、收率低,接触有毒试剂,难实现大规模自动化操作等缺点,纳米磁珠提取技术操作简便、提取效率高、提取物纯度高、安全无毒且易于实现自动化、大批量生产,无疑是生物活性物质提取技术的佼佼者。殷金可等^[15]采用纳米磁珠萃取茶多酚,结果显示茶多酚吸附率为 25.7%,解吸率可达 85.7%,显示出对茶多酚的良好吸附提取能力。

4.3 科学配比:解决了营养的问题

FPNIS 科学配比配方库中的配方并不仅仅从单一的功效出发,更加立足人体的整体营养需求,在传统组方的基础上结合现代营养学,通过小鼠试验和人体试验双重

验证得到的人体营养吸收的最优解。

5 FPNIS 的特点

5.1 精准化

FPNIS 的精准化表现在 3 个方面:亚健康成因精准化、生物活性剂量精准化、健康监测评估精准化。中国居民膳食指南中提出的营养素推荐摄入量是居民营养需求的基准,以满足国民预防营养代谢性疾病的需求,但是于个人而言,应在此基础上结合先天营养吸收代谢能力和健康状态而制定营养干预标准。FPNIS 亚健康分析库的存在,即是亚健康成因精准化的保障。

生物活性剂量精准化则是依靠生物技术库对原料中的活性物质的活性精准评估,使得其能很好地匹配针对用户亚健康归因经由科学配比配方库分析得到的解决配方。通过生物技术手段对营养进行精准堆放,实现生物活性剂量精准化。

智能化的个体营养和健康监测评估技术,也是实现精准营养不可或缺的重要手段。用户在接收服用 FPNIS 提供的产品解决方案时,只有实现精准评估,才能有效反馈干预效果,以便调整方案,从而实现精准营养。

5.2 柔性化

FPNIS 具有双重柔性,第一层柔性为原料选材柔性化。FPNIS 提供产品解决方案的原料基本来自药食同源原料库,使得对人体的调节作用温和。第二层柔性化即为吸收作用柔性化,在 FPNIS 的产品解决方案下,人体细胞通过胞吞作用对大分子活性物质进行吸收,作用更柔和更高效。

5.3 整体化

FPNIS 更强调系统的整体性,在完善各个要素库的基础上,整个系统按照一定的逻辑关系相互协作,实现最大效率输出。FPNIS 的整体性同时也体现在解决亚健康问题的对象上。对于用户的亚健康问题,并不仅仅着重于亚健康形成的器官以及人体系统,而是把整个人体作为一个问题整体,对于问题形成的主要部分进行主要疏导,对其他部位进行次要疏导。

6 FPNIS 的搭建理念

系统是由相互作用相互依赖的若干组成部分结合而成的。FPNIS 的搭建不仅聚焦于 FPNIS 与各要素库之间的关系,更是把要素库与要素库之间的关系贯彻于产品方案内。

6.1 FPNIS 与各要素库之间的关系

FPNIS 的搭建更聚焦整体性,整体性也是其特点之一,整体性表现为 FPNIS 整体与要素库、要素库与要素库、FPNIS 与环境相联系的一致性与有机性。要素库之间共同的作用形成了 FPNIS 的性质,各要素库只有在 FPNIS 中才具有一定的意义,同时每个要素库的发展变

化都会引起要素库之间以及 FPNIS 的变化。总的来说,根据 FPNIS 维持人体健康的目标,通过丰富提高各要素库素质和 FPNIS 的有序程度,可以使得 FPNIS 的作用大于各要素库的总和。

6.2 要素库与要素库之间的关系

由于 FPNIS 的目的是维持人体健康,这就决定了药食同源原料库、生物技术库、科学配配方库形成的三角关系是 FPNIS 的核心。FPNIS 需要首先解决是否能实现维持人体健康的目的,其次再去解决如何更好地维护人体健康的问题。而三角结构则是实现维持人体健康的关键,因此 FPNIS 其他要素库在三角结构的基础上相互协作。

7 FPNIS 展望

立足于 FPNIS 的功能和目标,结合现代人群营养需求及科技发展趋势,FPNIS 将链入更多生物学和医学内容,更深耕于食品学和营养学,以更加智能和前沿的 AI 技术,打造更加全面的系统功能和更加优越的用户体验。总的来说,FPNIS 的未来目标是“未病先防、既病防变、病后防复”。其发展趋势具体表现如下。

7.1 由治“未病”延展到治病

目前,FPNIS 针对亚健康生理状态,并不能对已经患病的患者提供产品解决方案。而有研究发现不管是对后天慢性疾病还是先天基因疾病进行营养干预,都能对患者康复起到意想不到的效果。例如 CYP27B1p.Arg389His (CGT>CAT)位点突变会引起维生素 D 依赖性佝偻病 I 型,而补充维生素 D、钙、磷酸盐等可促进骨骼正常发育^[16]。针对具体的亚健康症状和疾病进行营养干预并达到促使人体恢复健康状态将是 FPNIS 的努力方向之一。

7.2 深度剖析人体基因和临床表征的关系

在人类基因组图绘制完成之后,有学者提出“所有疾病可视为基因病”,而更多的学者则更加认可疾病是环境和基因相互作用的结果。基因是先天的,但能通过食物营养、生活习惯和环境因素的改变来影响基因表达,从而改变基因对健康或疾病的影响方式,其中以食物营养的影响最为持久、影响最为深远。个体营养基因的基因型又影响对自身营养素的需求量。因而要达到递送更加精准的营养就不得不对人体基因进行研究。通过研究人体基因和把握人体基因和临床表征之间的联系,再以基因检测的手段,能准确做到靶向递送、营养代谢等精准干预,是从根源上实现防患于未然。在未来,FPNIS 将在亚健康分析库上游搭建起人体基因库和临床表征库,为精准的营养干预进一步助力。

7.3 数字化智能化程度更高

大数据分析是实现慢性疾病精准干预的一个方向。来自以色列魏兹曼研究所的研究者^[17]发现吃相同食物的人餐后血糖反应有很高的变异性。通过整合饮食习惯、

体育活动和肠道菌群等参数的血糖反应准确预测器,个性化饮食可以成功降低餐后血糖及其长期代谢后果。试验还发现基于大数据分析产出的膳食建议血糖控制效果较好且优于传统专家建议。在未来,FPNIS 将借助互联网技术的力量,不仅能实现干预方案更加个人化,还能更加积极主动追踪干预效果并及时便捷地调整方案,以实现预期干预结果。

参考文献

- [1] 郑建仙. 功能性食品学[M]. 3 版. 北京: 中国轻工业出版社, 2019: 5.
ZHENG Jian-xian. The science of functional foods[M]. 3rd ed. Beijing: China Light Industry Press, 2019: 5.
- [2] 功能性食品年产值超 2 700 亿! 生物活性物质大有可为[EB/OL]. (2021-04-26)[2022-03-25]. <https://www.jksb.com.cn/html/news/industry/2021/0426/170383.html>.
The annual output value of functional food exceeds 270 billion! Bioactive substances are promising[EB/OL]. (2021-04-26)[2022-03-25]. <https://www.jksb.com.cn/html/news/industry/2021/0426/170383.html>.
- [3] 黄寿恩, 郑建仙. 防治新型冠状病毒肺炎的生物活性物质营养干预途径[J]. 食品与机械, 2020, 36(2): 1-6.
HUANG Shou-en, ZHENG Jian-xian. View on bioactive substance nutritional intervention approaches of novel coronavirus pneumonia[J]. Food & Machinery, 2020, 36(2): 1-6.
- [4] 罗伟梅. 营养干预联合心理干预对 1 型糖尿病患儿血糖和配合度的影响[J]. 中国妇幼保健, 2022, 37(4): 626-628.
LUO Wei-mei. Effects of nutritional intervention combined with psychological intervention on blood glucose and cooperation in children with type 1 diabetes mellitus[J]. Maternal and Child Health Care of China, 2022, 37(4): 626-628.
- [5] 赵永丽, 田美娜, 牛蓓, 等. 营养干预对学生知识行为及超重肥胖的影响[J]. 现代预防医学, 2021, 48(23): 4 261-4 264.
ZHAO Yong-li, TIAN Mei-na, NIU Bei, et al. Effects of nutrition intervention on students' intellectual behavior, overweight and obesity[J]. Modern Preventive Medicine, 2021, 48(23): 4 261-4 264.
- [6] 张彤, 雷蕾, 沈淑华. 营养干预护理对消化道肿瘤术后白蛋白的影响[J]. 中国肿瘤临床与康复, 2022, 29(2): 249-252.
ZHANG Tong, LEI Lei, SHEN Shu-hua. Effect of nutritional intervention nursing on albumin after surgery for gastrointestinal cancer[J]. Chinese Journal of Clinical Oncology and Rehabilitation, 2022, 29(2): 249-252.
- [7] 国民营养计划(2017—2030 年)[J]. 营养学报, 2017, 39(4): 315.
National nutrition program (2017—2030) [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2017, 39(4): 315.
- [8] 健康中国行动(2019—2030 年)[J]. 中国数字医学, 2019, 14(11): 17.
Healthy China action (2019—2030) [J]. China Digital Medicine, 2019, 14(11): 17.

(下转第 87 页)