

## 健康食品技术发展现状与趋势

陈峰<sup>1</sup> 李建平<sup>2</sup> 陈天鹏<sup>1\*</sup>

(<sup>1</sup> 北京大学工学院, 食品与生物资源工程研究所 北京 100871

<sup>2</sup> 广东润科生物工程有限公司 广东汕头 515041)

**摘要** 食品健康化和功能化是带动食品产业升级的关键。健康食品产业的“健康”发展,是要将以营销为导向的发展模式,转变为以科学技术为支撑。生物技术和食品工程技术的进步给产业升级提供了可能性,而互联网时代的大数据分析技术使产品研发更有针对性,是产业升级的有力工具。同时,移动互联网技术也令消费者与制造商之间的信息愈加对称,从而使产业升级成为必然。本文介绍了最近健康食品研究领域的现状,并对未来发展趋势做出预期。

**关键词** 健康食品; 保健食品; 生物技术; 输送体系; 大数据

文章编号 1009-7848(2015)05-0001-10 doi: 10.16429/j.1009-7848.2015.05.001

健康食品从广义上讲,不仅提供了普通食品的基本营养和风味,还赋予产品某种特定或者普适性的健康功能,能够维持机体健康或者改善、降低患病风险的一类食品。从狭义上讲,健康食品是具有合法健康声称的产品。国际食品法典委员会(Codex Alimentarius Commission, CAC)对健康声称的定义是:标识在预包装食品上的对食物或食物成分与人体健康之间关系的说明<sup>[1]</sup>。每个国家的情况不同,在中国,具有健康声称的就是保健食品,或者说是功能性食品。“保健食品”的称谓最早出现于日本厚生省 1962 年颁布的文件。“欧洲功能食品科学研究项目(FUFOSE)”于 1999 年提出功能食品是指“对机体能够产生有益功能的食品,这种功能应超越食品所具有的普通营养价值,能起到促进健康和/或降低疾病风险的作用”<sup>[2-3]</sup>。它强调了食品的功能性以及与健康声称的对应性,分为一般性健康声称(generic health claims)和特殊产品健康声称(product specific claims),前者针对成分,而后者针对产品<sup>[4]</sup>。美国没有“功能食品”的法律定义,市场上的带有功能概念的产品主要包括 5 类:带有特定声称的常规食品(Conventional food with claims)、膳食补充剂(Dietary supple-

ments)、强化食品(Enhanced foods)、特殊膳食食品(Foods for special dietary use)和医疗食品(Medical foods)。这类产品一般在标签上声称产品或成分与健康的关系<sup>[5]</sup>。我国卫生部在 1996 年正式定义保健食品,指明具有特定保健功能的食品,并突出了 3 个主要特征,即食品性、功能性和非药物性<sup>[6]</sup>。2005 年 7 月 1 日起正式施行的《保健食品注册管理办法(试行)》中规定:保健食品是指声称具有特定保健功能或者以补充维生素、矿物质为目的的食品,即适宜于特定人群食用,具有调节机体功能,不以治疗疾病为目的,并且对人体不产生任何急性、亚急性或者慢性危害的食品<sup>[7]</sup>。

中国的保健食品经历了 30 多年的发展,已经形成了自身完整的产业链和具有行业特色的运营模式。虽然经历了起起伏伏的波折,但是依旧保持着高速的发展。上世纪 80 年代,保健食品年产值只有十几亿元,而 2013 年保健食品与营养品产值已经超过 3 000 亿元,这与国民健康意识的提高不无关系。保健食品及功能性原料制造业在食品工业中虽处于高利润顶端,但其发展的可持续性与社会效益仍不尽人意。究其原因,与企业忽视研发不无关系。国外大型功能食品生产企业每年的研发投入平均超过年销售额的 10%,而国内功能食品产业近年来的研发投入占总销售收入的比例约为 1.5%<sup>[8]</sup>。与国外相比,国内保健食品企业的科

收稿日期: 2015-04-17

作者简介: 陈峰, 1961 年出生, 博士, 教授

通讯作者: 陈天鹏

研发投入和人才培养力度都严重不足,企业普遍重申报轻研发,以营销为主导,所谓的研发也多是产品口味的调配。作为保健食品“健康”发展的支撑力量——科学研究,在最近20年中有了长足的发展,已经形成了完善的功能食品研究模式,并且积累了大量研究成果,这些成果是保健食品产业重要的基石。

## 1 研究热点

保健食品的研究从早期的对原料提取物的功效分析发展到分子层面的机理研究,功能验证从体外模拟到科学设计的人体试验,功效成分的获取也从简单萃取发展到生物技术制备。最近的研

究热点集中在以下3个方面:

### 1.1 功能因子的筛选与验证

功能因子的筛选与验证无疑是功能食品研究最为热门的领域。研究者利用体外和体内方法,从天然产物和传统食品中筛选特定功能的组分,分离出单体并解析出化学结构,为功能食品开发提供了重要的科学依据。分别以“functional + food”和“natural product + food”为关键词,在 ScienceDirect 数据库中检索 2005—2014 年间的论文发表情况,如图 1 所示。可见,最近 10 年间,功能食品的研究论文大幅度的增长,2014 年的论文总数已达 33 077 篇。天然产物的研究增长幅度超过整个功能食品,10 年的涨幅达到 3.4 倍。

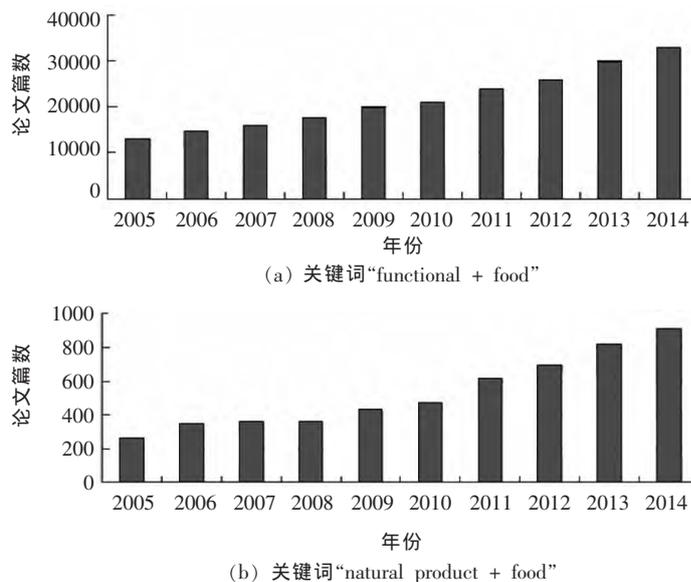


图 1 Science Direct 数据库中近 10 年来功能食品相关论文发表情况

Fig.1 Articles publication involving functional food in Science Direct database

天然产物功能因子的筛选、分离、结构鉴定和功能机制是研究的重点,范围从传统农作物到新资源的食物原料,广度不断扩充,研究深度也从表面的体外检测到分子层面的作用机制。该领域研究较多的是多酚、黄酮类的化合物。以研究较多的大豆异黄酮为例,早期体外试验发现这类化合物具有较高的抗氧化性;进而体内试验发现,大豆异黄酮能部分逆转高胆固醇血症大鼠红细胞及肝脏 SOD 活力降低和肝脏 MDA 水平的增高,其中染料木黄酮能有效抑制 ox-LDL 诱导的人脐静脉内

皮细胞株 ECV304 原癌基因 c-myc 的 mRNA 表达,阻止动脉粥样硬化斑块的形成<sup>[9-10]</sup>。大豆异黄酮作为雌二醇的类似物,能低亲和地结合雌激素受体,在体内表现为双向调节平衡功能:在高雌激素环境里(如绝经前妇女体内)大豆异黄酮显示抗雌激素作用,能够降低乳腺癌等与雌激素相关的肿瘤发病风险;而在低雌激素环境里(如绝经后妇女体内)显示拟雌激素作用,与成骨细胞内的雌激素受体结合,加强骨细胞的活性,促进骨基质的产生、分泌和骨矿化过程,可以预防骨质疏松、更年

期综合症等与雌激素水平下降有关的疾病<sup>[11]</sup>;此外,还有研究表明大豆异黄酮能够显著抑制人前列腺癌细胞的增殖<sup>[12]</sup>。

白藜芦醇也是一种天然功能因子研究的典型例子,它属于非黄酮类多酚化合物,能清除 ROS,并通过抑制二硫化谷胱甘肽的形成,使谷胱甘肽处于还原状态,发挥抗氧化作用,并具有抗血小板聚集、抗人体低密度脂蛋白氧化、抗癌、消炎等功能<sup>[13-14]</sup>。白藜芦醇能清除细胞内 ROS,上调总 Nrf2 的 mRNA 表达水平和谷氨酸转运体 EAAT 1 和 EAAT 2 的蛋白表达水平,因而通过抗氧化和抗兴奋性毒性来发挥对星形胶质细胞氧化损伤的保护作用<sup>[15]</sup>。此外,其对 H9c2 心肌细胞氧化应激的保护作用,是通过诱导与 p38 通路密切相关的自噬的发生而起作用的<sup>[16]</sup>。

食物中越来越多的天然功能因子被发现,它们的作用机制也被逐渐阐明,而如何在生产过程中提高或是加工过程中富集这些功能因子,是健康食品研究领域的另一个重要课题。这其中,生物技术扮演了重要的角色。

## 1.2 利用生物技术制备功能因子

生物技术最早的应用是利用自然发酵生产和贮存食品,而酿造技术的大规模应用促进了生物技术的发展。上世纪末期,以 DNA 重组技术为基础的生物技术,包括酶工程、基因工程、发酵工程等获得了长足的发展,成为提升食品工业水平的有利手段,尤其提高了高附加值的食品原料的生产效率。

酶工程从早期的自然酶应用,到如今的固定化酶、固定化细胞、多酶反应器(生物反应器)、酶传感器等,被广泛应用于食品加工,尤其是功能产品领域。木聚糖酶是应用较为广泛的酶制剂之一,如江正强等利用重组嗜热真菌发酵玉米芯生产低聚木糖,大幅提高了产量,使得低聚木糖在婴儿奶粉和功能食品领域有了广泛的应用<sup>[17]</sup>。低聚木糖对双歧菌的增值效果明显,其最低有效作用量低于其它低聚糖,其甜味质清爽柔和,具有良好的酸碱稳定性和耐热性,食用后不会导致血浆中葡萄糖水平的大幅度上升,可作为糖尿病或者肥胖症患者的甜味剂<sup>[18]</sup>。牛乳固定化 $\beta$ -半乳糖苷酶处理,乳糖水解为半乳糖和葡萄糖,使乳糖不耐

症人群可以食用牛奶。采用固定化胆固醇还原酶或胆固醇氧化酶处理牛乳,可以生产低胆固醇乳脂乳,更适于中老年人群,尤其是高血脂人群可以饮用<sup>[19]</sup>。

基因工程的应用为提高高附加值产品产量提供了可能。尤其是功能性原料的生产,避免了化学合成带来的污染风险,也降低了环境危害。类胡萝卜素是基因工程应用的典型。类胡萝卜素是一大类物质,在天然色素的利用中位居第二,也是功能性食品原料的重要组成部分,如番茄红素、虾青素等。它们的来源从植物提取到化学合成,发展到如今经分子改造的工程菌,产量和稳定性得到大幅度的提升,而这些得益于类胡萝卜素合成机制的阐明。人们发现细菌、真菌、微藻和高等植物均可合成类胡萝卜素,而且不少类胡萝卜素为所有生物所共有,然而不同生物在合成途径的细节及所积累的类胡萝卜素种类方面仍存在较大的差异。近年来,人们对类胡萝卜素的合成途径进行了较为清晰的阐明(图 2),这使人们通过基因工程将特殊目标物的合成途径在微生物或者高等植物中高效表达成为可能。

细菌与酵母、霉菌的类胡萝卜素合成途径大体一致,主要区别在于八氢番茄红素的合成和番茄红素的环化在细菌中由两个酶(Crt B 和 Crt Y)负责,而在酵母和霉菌中仅需一个双功能酶(酵母中为 Crt YB,霉菌中为 Car RA 或 Car RP)即可完成<sup>[20]</sup>。有研究者通过基因敲除的方法使番茄红素在大肠杆菌中过表达,使菌体番茄红素含量高达 18 mg/g 干重<sup>[21]</sup>。虾青素在高等植物中合成是极其罕见的。陈峰等人利用代谢工程的方法,将绿藻中催化虾青素合成的关键酶基因在番茄中高效表达,实现以番茄为细胞工厂高效合成虾青素,使利用经济作物产业化生产高附加值的天然虾青素成为可能<sup>[22]</sup>。

发酵工程在食品领域的应用历史悠久。现代发酵工程更多是利用纯种发酵生产高附加值产品。利用微藻发酵生产 DHA 是发酵工程的典型成功案例之一。DHA 已被证明具有多种生理活性,如预防心血管疾病,维护神经和视觉系统健康<sup>[23]</sup>。过去人们获取 DHA 的途径是通过鱼油,而获取鱼油面临鱼类资源减少,污染物积累和感官品质不



brich 等研究发现脂肪酶消化固相脂质颗粒的速率比液态颗粒要慢, 输送效率更高<sup>[30]</sup>。Bonnaire 等研究了棕榈酸甘油酯固相脂质颗粒与其乳状液的消化吸收特性, 发现油相结构为固相的脂质颗粒与液相的乳状液相比, 消化吸收速率及程度均较低, 其原因可能是固态结构的油相与脂肪酶之间接触几率较小<sup>[31]</sup>。固相脂质颗粒可用于开发具有

缓慢释放特性的功能性因子, 如  $\omega$ -3 脂肪酸、共轭亚油酸、植物甾醇及类胡萝卜素等产品。

纳米技术在食品领域中的应用不仅限于脂质载体, 它通过改变物料粒径, 使加工特性和生物利用性发生显著的改变, 达到特定的输送效果。目前, 国外企业的研发机构已经开发出不同用途的纳米食品技术, 如表 1 所示。

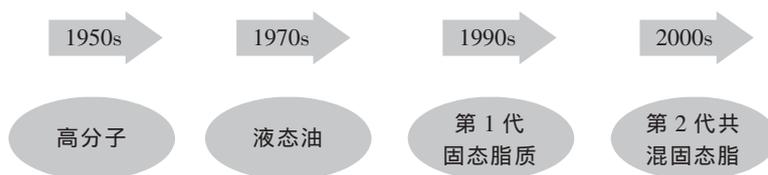


图 3 纳米脂质载体的发展

Fig.3 Development of nanostructured lipid carrier (NLC)

表 1 食品纳米技术应用实例<sup>[32]</sup>

Table 1 Applications of food nanotechnology

产品	功能	研发公司
Tip-Top	纳米颗粒包埋, 避免鱼油不良的味道	Bakeries in Western Australia
Nutralease	营养物质纳米化, 提高生物利用性	Israeli Company
Nanocochleates	更有效地传递营养物质至细胞, 且不影响食品的口感	Biodeliver Sciences International
Smarts food	根据机体营养需求, 智能释放营养物质	卡夫食品 (Kraft)
低脂冰淇淋	纳米乳化剂, 给予冰淇淋新口感, 乳化剂的使用量减少 90%, 脂肪含量从 16% 减少到约 1%	联合利华 (Unilever)
NanoClusters	与营养供给物结合以提升人体对营养物质的吸收	Royal BodyCare
纳米乳化剂	减少餐厅和快餐业一半的油用量; 防止高温油炸时氧化、油脂凝聚, 延长油的使用时间; 油的加热速度变快, 可减少能源消耗	US based Oilfresh Corporation
NovaSOL Sustain	能减少脂肪和给予饱足感, 可以控制体重	Aquanova

目前世界范围市场上的纳米食品产品已超过 300 种, “雀巢”、“卡夫”、“亨氏” 等许多著名的食品公司纷纷开展纳米食品的研究和开发, 全球有 200 家公司活跃在纳米产品的研发上<sup>[33]</sup>。2012 年国际纳米技术食品市场已达 56 亿美元。纳米脂质载体的合成、稳定化、性能表征、生物安全性评价方面将是该领域的研究热点。纳米技术的应用将使疏水性的功能因子效用大幅度提高, 成为传统功能食品研究的创新点。

## 2 未来趋势

### 2.1 新功能原料的开发

功能因子是保健食品的关键, 而获取功能因

子是发展保健食品的关键。研究者筛选功能因子主要源自新食品原料和传统食物原料两个范畴。

中国政府 2013 年将“新资源食品”更名为“新食品原料”, 并且颁布了《新食品原料安全性审查管理办法》, 规范了申报流程。新食品原料的拓展在很大程度上是发展保健功能食品产业所驱动的。相比于目前已经审批的新食品原料, 仍然有很多的新资源有待开发。尤其在中国, 养生保健的概念恒古亘今, 我国功能食品产业具有西方国家无可比拟的资源优势和经验累积。世界卫生组织正式确定的药用植物虽有 2 万种, 但只有 200 多种做过较详尽的研究, 而我国中草药种类已超过 6 000 种<sup>[34]</sup>, 加之中医学、药膳学和食疗学等理

论指导,为有中国特色的保健食品开发提供了无可比拟的资源优势。

传统食品原料仍然是获取功能因子的主要资源,其安全性高,从法规许可的角度,这类功能因子更容易得到审批。比如,乳制品中的乳铁蛋白、低聚半乳糖(GOS)、睡眠肽、酪蛋白磷酸肽(CPP)等相继被开发成功能性产品;番茄加工废弃物中的番茄红素也被广泛利用。

无论是新食品原料还是传统食物原料,功能因子的筛选与评价都是功能食品开发的基础。利用现代分子生物技术,尤其是组学技术、生物芯片技术、生物分子标记物等手段,实现高通量筛选将是该领域未来的研发重点。

### 2.2 生物制造技术

生物制造技术在过去几十年中发展很快,给食品工业带来了显著的变革。在未来,这仍然是发展的重点之一。生物制造技术从过去传统发酵到如今纯种发酵工程、酶工程、细胞工程、蛋白质工程等,制造效率和产品品质显著提升。不过,由于公众认识和政府监管的原因,涉及转基因的技术在食品工业领域进展缓慢。不过,基于代谢调控的

细胞工厂技术和不断开发的微生物资源,可以将更多的功能因子利用生物技术制造,替代传统的耗时、耗力且不环保的提取工艺。此外,2014年11月,美国农业部批准了美国辛普劳公司(J. R. Simplot)一种利用RNA干涉(RNAi)技术改良的马铃薯进行商业化种植,这种马铃薯可以降低油炸时丙烯酰胺的生成,并且可以抵御碰伤<sup>[35]</sup>。采用RNAi技术改良的马铃薯由于没有转入外源基因,因此从概念上将更容易使消费者接受。这项技术在农业中的应用有望突破转基因技术的政策限制,为功能因子的生物制造提供可实现的途径。

### 2.3 基于大数据分析的保健功能产品研发

移动互联网技术的普及为大健康工程的实现提供了可能<sup>[36]</sup>。同时,也为健康食品产业升级提供了大数据支撑,保障其商业价值的可持续增值。健康食品的价值体现,归根结底是要以满足消费者健康需求为目标的,价值的可持续增值是建立在客户体验上的持续消费。在传统的产业链条中,从基础研究到消费者体验要经历漫长过程,从消费者体验再到产品升级和更迭更是遥不可及,而其商业价值的实现更多是通过营销达到。这种忽略用户体验的商业模式在互联网经济的浪潮下势必改变。大数据的应用将研发和消费者的体验和需求直接地链接起来,从而改变产业模式。

在大数据时代,健康食品的研发工作不再是简单的配方调配,而是以数据分析为基础,连接用户健康需求、科学支撑、产品设计与用户反馈的方式。互联网技术不断降低了商业、科学和普通公众之间的信息壁垒,加速了信息对称化,使“忽悠”式的商业模式被客观的科学依据和真实的用户体验所替代。大数据模式下的健康食品研发,主张以客观的数据和科学的分析为基础,以用户反馈为产品升级的依据。如图5所示,来自于医疗和科研结构的数据共享、互联网在线调查、智能终端设备数据收集、社交网络信息反馈、研究文献的Meta分析和专业性的数据库的信息,为大数据模式下的健康食品研发需求提供了丰富的数据。比如美国国立卫生院(NIH)资助的癌症基因组图谱项目(TCGA),使得人们对癌症防治方法提供了更底层的数据支持<sup>[37]</sup>;随着基因测序费用显著降低,全基因组关联分析(GWAS)成为流行的致病基因分析

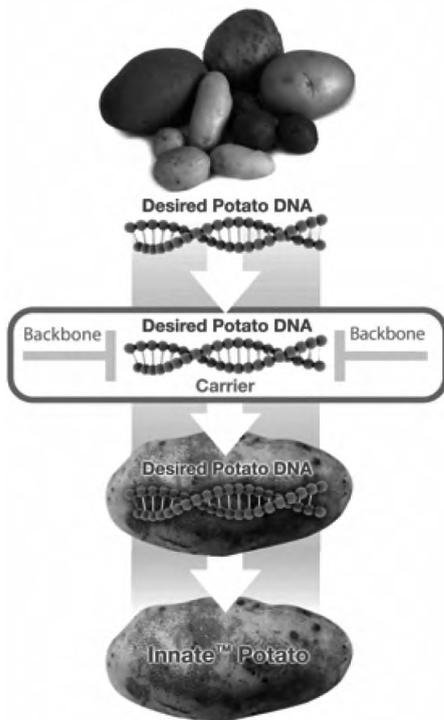


图4 RNAi改良的Innate马铃薯

Fig.4 Modified Innate potato by RNAi technology

方法,由此建立的开放数据库 (<http://www.genome.gov/gwastudies/>),是揭示疾病发生关联基因和预测易感人群的工具<sup>[38]</sup>;代谢组学研究发现生物标记物与疾病发生的关系,由此建立的数据库,如 MetaboLights<sup>[39]</sup>,为营养研究提供了大样本数据;Meta 分析为相同主题的研究做出一致性的评判和系统性的总结,是将循证方法应用在营养健康领域的重要工具,如大豆异黄酮对体重控制和调节糖代谢方面,Zhang 通过 Meta 分析表明:大豆异黄酮对降低体重和提高胰岛素敏感性具有显

著益处<sup>[40]</sup>,这为大豆健康食品研发提供了有力的科学支撑;谷歌公司开发的 Google Flu Trends 工具(<http://www.google.com/flutrends/>)提供了实时流感的预测,准确程度甚至比疾控中心(CDC)提早 7~10d<sup>[41]</sup>;而百度公司开发的疾病预测工具,可以提供热点地图式的发病分布图(图 6),人们可清楚地看到国内糖尿病高发地区。通过结合这些地区人们的饮食习惯,开发低 GI 食品和辅助降血糖食品。

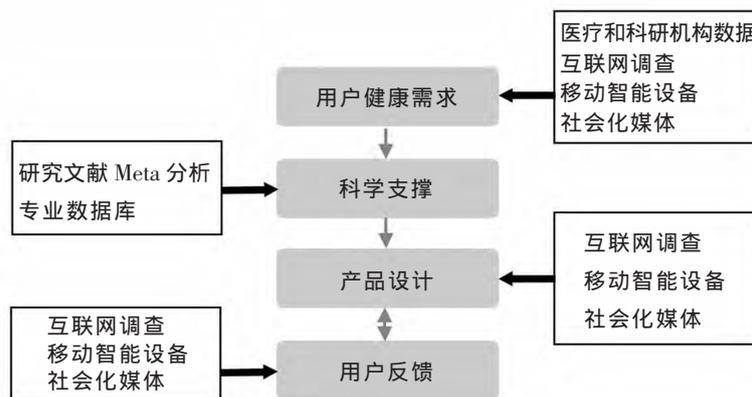


图 5 大数据模式下的健康食品研发模式

Fig.5 R&D of healthy food based on Big-data mode



图 6 国内糖尿病热度分布图

Fig.6 The heat map of diabetes in China

互联网技术和生物传感器的突破给健康大数据的收集提供了前所未有的便捷,而这些数据能够产生价值的关键是整合和分析。目前,大数据的利用大多在于销售领域,在健康食品研发领域的利用尚未见报道,而这也正是未来健康食品生产

企业和研究机构创新的关键点。

### 3 结论

2013 年,国内保健食品行业产值超过 3 000 亿元,今后更快速地增长是必然的趋势。保健食品

只是法规界定的概念,从技术研发的角度,具有健康声称的食品都有共同的科学基础。从健康食品的视角审视该技术领域的发展是尤为必要的。健康食品从过去简单营养素的添加或强化,发展到对功能性的研究追求,这其中融合了食品科学、生命科学、工程学等。未来健康食品产业的发展更是以技术发展为前提,相关学科,尤其是生物学和工

程学的进步,将为该产业的升级提供强有力的支撑。更重要的是,大数据分析给健康食品的研发提供了一个新的视角和工具,使得研发资源的投入更有针对性和时效性,将消费者的健康体验转变为可持续化的价值增值。这不仅能促进健康食品产业升级,而且能促进普通食品的健康化,将对整个食品行业的升级起到至关重要的作用。

### 参 考 文 献

- [1] CAC/GL. Guidelines for use of nutrition and health claims[EB/OL]. (1997)[2015-04-02]http://www.fao.org/ag/human-nutrition/32444-09f5545b8abe9a0c3baf01a4502ac36e4.pdf.
- [2] Margaret A. Concepts of functional foods[M]. ILSI Europe, 2006: 1-23, 32-35.
- [3] Aggett PJ, Ashwell M, Bornet F, et al. Scientific concepts of functional foods in europe: consensus document[J]. British Journal of Nutrition, 1999, 81(Suppl. 1): 1-27.
- [4] 赵洪静, 余超, 白鸿, 等. 欧洲功能食品与健康声称管理概况[J]. 中国食品卫生杂志, 2008, 20(3): 260-263.
- [5] 陈文, 魏涛, 秦菲, 等. 美国对功能食品的管理[J]. 食品工业科技, 2009, 30(7): 297-301.
- [6] 束云, 刘长喜, 李连达. 中国已获批准的保健食品现状分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2006, 18(5): 401-405.
- [7] 国家食品药品监督管理局. 保健食品注册管理办法(试行)[EB/OL]. (2005)[2015-04-02]http://www.sda.gov.cn/WS01/CL0053/24516.html.
- [8] 孙传范. 国内外功能食品产业的比较[J]. 食品科学, 2009, 30(19): 356-359.
- [9] 逢晓云, 姚明辉, 鲁映青, 等. 大豆异黄酮对高胆固醇血症大鼠血及肝脏 MDA 含量和 SOD 活力的影响[J]. 中国新药与临床杂志, 2002, 5: 257-261.
- [10] 刘锦, 鲁映青. 金雀异黄素对低密度脂蛋白氧化修饰及氧化型低密度脂蛋白诱导的血管内皮细胞 c-myc mRNA 表达的抑制作用[J]. 中国动脉硬化杂志, 2002, 6: 509-512.
- [11] 王建华. 大豆异黄酮研究进展[J]. 现代中药研究与实践, 2013, 1: 85-88.
- [12] Teruki Oki, Yoshihiro Sowa, Tohru Hirose, et al. Genistein induces Gadd45 gene and G2/M cell cycle arrest in the DU 145 human prostate cancer cell line[J]. FEBS Letters, 2004, (577): 55-59
- [13] Yu W, FU YC, Zhou XH, et al. Effects of resveratrol on H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-induced apoptosis and expression of SIRT6 in H9c2 cells[J]. Cell Biochem, 2009, 107: 741-747.
- [14] Vingtdeux V, Dreses-Werringloer U, Zhao H, et al. Therapeutic potential of resveratrol in Alzheimer's disease[J]. BMC Neurosci, 2008, 9(Suppl. 2): S6.
- [15] 蒋怡芳. 白藜芦醇对过氧化氢诱导的原代脊髓星形胶质细胞毒性的保护作用[D]. 石家庄: 河北医科大学, 2009.
- [16] 吕小翠. 白藜芦醇对受到氧化应激 H9c2 心肌细胞的保护作用及其与自噬关系的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2012.
- [17] 江正强. 微生物木聚糖酶的生产及其在食品工业中应用的研究进展[J]. 中国食品学报, 2005, 5(1): 4-12.
- [18] M.J Vázquez, J.L Alonso, H Domínguez, et al. Xylooligosaccharides: manufacture and applications[J]. Trends in Food Science & Technology, 2000, 11(11): 387-393.
- [19] 姬德衡, 钱方, 刘雪雁. 酶工程在功能食品开发中的应用[J]. 大连轻工业学院学报, 2003, (1): 21-24.
- [20] 王伟杰, 徐昌杰. 天然类胡萝卜素生物合成与生物技术应用[J]. 细胞生物学杂志, 2006, (6): 839-843.
- [21] Hal Alper, Kohei Miyaoku1, Gregory Stephanopoulos. Construction of lycopene-overproducing *E. coli* strains by combining systematic and combinatorial gene knockout targets[J]. Nature Biotechnology, 2005, 23: 612-616.
- [22] Huang JC, Zhong YJ, Liu J, et al. Metabolic engineering of tomato for high-yield production of astaxanthin[J]. Metabolic Engineering, 2013, 17: 59-67.
- [23] EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific opinion the substantiation of a health

- claim related to docosahexaenoic acid (DHA) and maintenance of normal (fasting) blood concentrations of triglycerides (ID 533, 691, 3150), protection of blood lipids from oxidative damage (ID 630), contribution to the maintenance or achievement of a normal body weight (ID 629), brain, eye and nerve development (ID 627, 689, 704, 742, 3148, 3151), maintenance of normal brain function (ID 565, 626, 631, 689, 690, 704, 742, 3148, 3151), maintenance of normal vision (ID 627, 632, 743, 3149) and maintenance of normal spermatozoa motility (ID 628) pursuant to Article 13(3) of Regulation (EC) No 1924/2006[J]. *EFSA Journal*, 2010, 8(10): 1734. (doi:10.2903/j.efsa.2010.1734. Available online: [www.efsa.europa.eu/efsajournal.htm](http://www.efsa.europa.eu/efsajournal.htm).)
- [24] 张义明. DHA 的来源及合理应用[J]. *食品工业科技*, 2003, 24(8): 98-100.
- [25] Feng Chen, Michael R. Johns. A strategy for high cell density culture of heterotrophic microalgae with inhibitory substrates[J]. *Journal of Applied Phycology*, 1995, 7(1): 43-46
- [26] 姜悦, 陈峰, 梁世中. 利用海洋微藻培养生产  $\omega$ -3 多不饱和脂肪酸[J]. *海洋科学*, 1997, (6): 18-20.
- [27] 王菊芳, 吴海珍, 梁世中, 等. 氮源对隐甲藻 (*Cryptocodinium cohnii* 生长) 和 DHA 产量的影响[J]. *海洋通报*, 2001, (5): 18-23.
- [28] 杜冰. DHA 的发酵生产及代谢调控研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2001.
- [29] 许朵霞, 曹雁平, 齐雅萌, 等. 食品功能因子输送体系的研究进展[J]. *食品工业科技*, 2014, 35(11): 368-371.
- [30] Olbrich C, Kayser O, Muller RH. Enzymatic degradation of Dynasan 114 SLN-effect of surfactants and particle size [J]. *Journal of Nanoparticle Research*, 2002, 4(1/2): 121-129.
- [31] Bonnaire L, Sandra S, Helgason T, et al. Influence of lipid physical state on the in vitro digestibility of emulsified lipids[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, 56(10): 3791-3797.
- [32] 陈洪, 赵元弟, 魏芳, 等. 新型纳米脂质功能食品研究进展[J]. *中国农业科技导报*, 2011, (5): 64-72.
- [33] 曾晓雄. 纳米技术在食品工业中的应用研究进展[J]. *湖南农业大学学报: 自然科学版*, 2007, 33(1): 90-95.
- [34] 孙传范. 国内外功能食品产业的比较[J]. *食品科学*, 2009, 30(19): 356-359.
- [35] Karl Haro von Mogel. Q & A with haven baker on simplot's innate™ potatoes[EB/OL]. (2013)[2015-04-02]. <http://www.biofortified.org/2013/05/qa-with-haven-baker-innate-potatoes/>.
- [36] M.M. Hansen, T. Miron-Shatz, A.Y. Lau, et al. Big data in science and healthcare: a review of recent literature and perspectives, in: Contribution of the IMIA Social Media Working Group[J]. *Yearb. Med. Inform.*, 2014, 9: 21-26.
- [37] J.N. Weinstein, E.A. Collisson, G.B. Mills, et al. The cancer genome Atlas pan-cancer analysis project[J]. *Nat. Genet.*, 2013, 45: 1113-1120.
- [38] D. Welter, J. MacArthur, J. Morales, et al. The NHGRI GWAS catalog, a curated resource of SNP-trait associations[J]. *Nucleic Acids Res.*, 2014, 42: 1001-1006.
- [39] Salek RM, Haug K, Conesa P, et al. The MetaboLights repository: curation challenges in metabolomics [J]. *Database*, 2013, 2013: bat029.
- [40] Zhang YB, Chen WH, Guo JJ, et al. Soy isoflavone supplementation could reduce body weight and improve glucose metabolism in non-Asian postmenopausal women-A meta-analysis[J]. *Nutrition*, 2013, 29(1): 8-14.
- [41] A.F. Dugas, M. Jalalpour, Y. Gel, et al. Influenza forecasting with Google flu trends[J]. *PLoS ONE*, 2013, 8: e56176.

### Current Status and Future Trend of Research and Development for Health Foods

Chen Feng<sup>1</sup> Li Jianping<sup>2</sup> Chen Tianpeng<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute for Food & Bioresource Engineering, College of Engineering, Peking University, Beijing 100871

<sup>2</sup>Guangdong Runke Bioengineering Co. Ltd., Shantou 515041, Guangdong

**Abstract** Health food development and functionality research on foods are the key for the upgrade of the food industry. To develop and maintain the health food industry healthy, the traditional advertisement oriented development mode

should be changed to the technology oriented development mode. Recent advances in biotechnology and food engineering enable the health food industry to upgrade and make progress relatively readily. With the help of big data analysis, a powerful tool for industrial technological upgrade, R & D on health foods becomes more focused and efficient. Moreover, mobile internet has helped symmetrize the information between the customers and producers. This article serves to update the research progresses in the health food industry and forecast the future trend of the industry.

**Keywords** health foods; functional food; biotechnology; delivery system; big-data

## 【简讯】

### 多名食品教授荣登爱思唯尔 (Elsevier) 2014 年中国高被引学者榜单

2015年2月2日世界著名出版公司爱思唯尔 (Elsevier) 发布了2014年中国高被引学者 (Most Cited Chinese Researchers) 榜单 (<http://china.elsevier.com/ElsevierDNN/Default.aspx?alias=china.elsevier.com/elsevierdnn/ch>), 我国从事食品科学研究的多名教授上榜, 他们是励建荣 (渤海大学)、俞良莉 (上海交通大学)、张慙 (江南大学)、赵谋明 (华南理工大学)、阮榕生 (南昌大学)、胡秋辉 (南京财经大学)、廖小军 (中国农业大学)、郑永华 (南京农业大学)、金征宇 (江南大学)、谢笔钧 (华中农业大学) 等。

此次榜单中, 来自中国的社会科学、物理、化学、数学、经济等38个学科的1651名最具世界影响力的中国学者入选, 他们来自国内的218个单位 (其中高校179所), 入选人数超过10人的有36个单位, 共1206人, 占总入选人数的73%。中科院及其相关机构258人入选位列榜首, 清华大学入选104人, 北京大学入选84人, 浙江大学入选78人, 上海交通大学入选71人, 复旦大学入选57人, 中山大学入选43人, 中国科学技术大学入选39人, 南京大学入选34人, 华中科技大学入选33人, 位居2014年中国高被引学者入选机构前10位。

2014年中国高被引学者榜单的研究数据来自爱思唯尔旗下的Scopus数据库, 它是全球最大的同行评议学术论文索引摘要数据库。

(消息来源: 爱思唯尔网站)