

特医食品中植物源新食品原料测定方法研究进展

王炳英, 丁玉珍, 刘 钢, 储晓刚, 易 灿*

[澳优乳业(中国)有限公司, 质量管理中心, 长沙 410200]

摘 要: 近年来, 随着各国慢性病患者数量的急剧增加及人口老龄化程度的加深, 普通食品已不能满足这些人群的营养需求, 特殊医学用途配方食品(food for special medical purpose, FSMP)应运而生并逐渐成为医护系统和消费者的关注热点。开发和深入研究 FSMP 是未来食品发展的新方向, FSMP 中原料和成分检测方法的开发是其重要研究内容之一。目前原料检测技术的开发是相对滞后于其在特医食品上的应用, 相关检测项目仍沿用针对婴幼儿配方奶粉的国家标准检测方法。由于特医食品与婴幼儿配方奶粉在基质上存在一定的差异, 检测准确度上的标准要求较高, 所以企业在具体的操作执行上存在一定困难, 极大地限制了特医食品产业发展。本文对应用于特医食品中的植物源新食品原料, 如菊粉、低聚木糖、小麦低聚肽、玉米低聚肽的测定方法研究进展进行了综述, 为特医食品原料检测方法的开发提供文献信息资源, 为之后更多特医产品的开发提供参考。

关键词: 特殊医学用途配方食品; 植物源新食品原料; 检测方法

Research progress on method of determination of the plant-novel food in food for special medical purpose

WANG Bing-Ying, DING Yu-Zhen, LIU Gang, CHU Xiao-Gang, YI Can*

[Quality Management Center, Ausnutria Dairy (China) Co., Ltd, Changsha 410200, China]

ABSTRACT: In recent years, with the rapid increase of patients with chronic diseases and the deepening of the aging population in various countries, ordinary food can't meet the nutritional needs of these people. Food for special medical purpose(FSMP)gradually became the focus of health care system and consumers. Exploring the application of raw material resources in FSMP is a new direction of food development in the future, and development of determination methods are important contents. At present, the development of raw material detection technology is relatively lagging behind its application in FSMP. The national standard detection method for infant formula milk powder is still used in relevant detection items. Due to the differences in matrix and the high national standard requirements for detection accuracy, enterprises have specific operation implementation difficulties, which greatly restricted the development of special medical food industry. This paper reviewed the research progress in the determination of new plant-derived food materials used in FSMP, such as inulin, xylo-oligosaccharides, wheat oligopeptides, and corn oligopeptides, which provided literature information resources for the development of detection methods and references for the development of more FSMP products in the future.

KEY WORDS: food for special medical purpose; plant-novel food; determination method

*通信作者: 易灿, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食品安全和质量控制管理。Email: canyi@ausnutria.com

*Corresponding author: YI Can, Master, Engineer, Ausnutria Dairy (China) Co., Ltd, No. 2, Wangwang East Road, Wangcheng District, Changsha 410200, China. E-mail: canyi@ausnutria.com

0 引言

特殊医学用途配方食品(food for special medical purpose, FSMP)(以下简称特医食品)是指为满足进食受限、消化吸收障碍、代谢紊乱或特定疾病状态人群对营养素或膳食的特殊需要,专门加工配制成的配方食品^[1]。早在20世纪80年代,特医食品已经在美国、加拿大、澳新等发达国家有较广泛的应用,并先后制定发布了配套生产及管理类的措施和标准^[2]。国内特医食品发展起步相对较晚,早期原料主要依靠进口,产品种类单一,管理方式采用药品的监管制度,很长时间内,我国特医食品的市场处于被国外企业产品垄断的状态,在全球近500亿的市场规模中,我国仅占全球市场份额的1%左右^[3-7]。随着GB 25596—2010《食品安全国家标准 特殊医学用途婴幼儿配方食品通则》和GB 29992—2013《食品安全国家标准 特殊医学用途配方食品通则》在2010年到2013年的陆续出台,我国对于特医食品的定义及分类体系逐渐完善,在《食品安全国家标准 特殊医学用途配方食品通则》中对营养成分的使用用量有明确要求,对特医食品原料的使用有相应的标准规定^[8-12]。国外的特医产品原料主要以营养元素为主,我国在2017年公布的《特殊医学用途配方食品注册管理办法》中规定,特医食品中“不得添加标准中规定的营养素和可选择成分以外的其他生物活性物质”,对于标准内规定的必需营养成分和可选择成分来说,在特医食品中是可以进行添加的;新食品原料是指在我国无传统食用习惯的物品,主要包括动物、植物、微生物类等原料类别,其中植物源新食品原料富含丰富的营养素及低分子量的生物活性物质,目前国内外特医食品探索应用了菊粉、低聚木糖、小麦低聚肽、玉米低聚肽等植物源新食品原料^[13-17],虽然特医食品的原料在选择上比较丰富,但原料检测技术的开发是相对滞后于其在特医食品上的应用。沿用婴幼儿配方奶粉的国家标准检测方法,由于基质的差异等因素,企业在具体的操作执行上存在一定的困难,极大

地限制了特医食品产业的发展^[18-19]。本文对应用于特医食品中的植物源新食品原料,如菊粉、低聚木糖、小麦低聚肽、玉米低聚肽的相关测定方法进行概述,为相关企业、科研机构在特医食品原料检测方法的开发上提供文献信息资源,为之后更多特医产品的开发提供参考。

1 植物源新食品原料在特医食品中的应用现状

植物源新食品原料富含丰富的营养素、低分子量的生物活性物质,对改善身体亚健康状态、预防慢性病方面有一定的作用^[20-21],本文对目前应用于特医食品中菊粉、低聚木糖、玉米低聚肽、小麦低聚肽的特性及应用范围按类别进行了梳理,详见表1。

近年来,随着营养学的快速发展,膳食纤维的功效作用被发掘出来,逐渐成为食品界健康原料的新宠,其中菊粉和低聚木糖作为常用的水溶性膳食纤维原料,在改善肠道屏障功能,维持肠道健康等特医产品中具有较高的应用价值^[26]。菊粉自2003年被美国食药监局(Food and Drug Administration, FDA)确认为公认安全物质以来,因其比较特殊的理化性质和较广泛的生物活性,目前作为植物源新食品原料被广泛应用于普通食品、保健食品等领域,近年来在一些特医食品中也有一定的应用^[27-28]。低聚木糖属于植物化合物类的新食品原料,理化性质优良,且具有益生元、提高机体免疫力等保健功能,目前在食品、医药、保健品等有一定的研究应用^[29-30]。菊粉和低聚木糖属于可溶性膳食纤维,许多欧美国家公认为安全物质,将其归为食品配料,然而SINGH等^[31]在小鼠动物模型研究中发现,高脂饲料+菊粉的饮食结构下,虽然在血糖调节等方面有一定的改善作用,但是会增加小鼠患黄疸性肝癌的风险,探究其诱导机制发现,菊粉在结肠中酵解产物会诱导中性粒细胞炎症和肝细胞的坏死,进而增加黄疸性肝癌发生的风险,该类水溶性膳食纤维对人体健康虽具有多重有益的生物活性,但在食品中添加可发酵的膳食纤维时,需要注意其使用量。

表1 特医食品中植物源新食品原料特性及应用范围表
Table 1 Application and characteristics of the plant-novel food in food for special medical purpose

原料类别	新食品原料	主要生理功效	推荐食用量/(g/d)	应用范围
植物组织	菊粉	膳食纤维等	≤15	中老年人群的全营养配方食品,糖尿病、肿瘤患者的全营养配方食品 ^[22]
	低聚木糖	益生元、提高免疫力、等	≤1.2	肠道功能紊乱、营养不良、免疫力缺陷,以及糖尿病、癌症肿瘤患者供应的特殊配方食品 ^[23]
植物化合物	小麦低聚肽	血管紧张素转化酶(angiotensin converting enzyme, ACE)抑制作用、护肝、调节免疫等	≤6	小麦低聚肽添加到预防疾病、降胆固醇、抗氧化、降血压等保健食品 ^[24]
	玉米低聚肽	降血压、抗肿瘤等	≤4.5	肽组件及原料以植物为主的配方食品等 ^[25]

小麦低聚肽和玉米低聚肽作为植物源新食品原料,来源于小麦蛋白和玉米蛋白,成本低、加工性能好、分子量小,较蛋白质而言更易消化吸收,是优良的营养补充剂,研究发现低聚肽还具有抗氧化、调节免疫、降血压等功效作用,应用前景广阔^[32-33]。

2 植物源新食品原料的测定方法

2.1 菊粉的测定方法

菊粉作为水溶性较好的膳食纤维,属于人体不可消化的果聚糖类的碳水化合物,广泛存在于近 3000 多种植物中,其中菊苣根被认为是菊粉最丰富的来源^[34]。菊粉作为益生元,具有调节肠道微生态改善矿物质及促进微量营养元素吸收^[35-36]、预防胃部慢性疾病^[37]和改善胰岛素抵抗^[38]等功能,在营养品、药品中有较广泛的应用。菊粉含量的检测方面,特医食品中目前暂无菊粉相关标准方法的公布,乳品等一些日常营养补充食品中的菊粉含量检测方法主要有蒽酮-紫外分光光度法^[39]、高效液相色谱-蒸发光散射检测法及离子色谱酶法^[40]等。吴洪新等^[39]研究发现,采用蒽酮法测定菊粉中总糖的含量,菊粉分子中不存在游离的还原性醛基或酮基,因此粗菊粉中具有还原性的成分,通常为果糖和葡萄糖等单糖,采用 3,5-二硝基水杨酸法测定菊粉中还原性糖,利用总糖和还原性糖的差值可计算出溶液中菊粉多糖的含量,该法虽简便快捷,但样品本身颜色、显色时间、温度以及蔗糖的存在会影响实验结果的准确性。HOFER 等^[41-42]研究发现,菊粉经菊粉酶水解后,水为流动相,采用高效液相色谱-蒸发光散射检测法,消除牛奶背景干扰,可以定量牛奶样品中果糖、葡萄糖含量,从而根

据葡萄糖、果糖的含量折算出菊粉含量。蒸发光散射检测器的灵敏度高于示差检测器,可用于测定菊粉含量较低样品。GB 5009.255—2016《食品安全国家标准 食品中果聚糖的测定》和 AOAC 997.08《Fructans in food products. Ion exchange》标准中主要采用离子色谱-酶法^[43-45]。国标检测方法是通过蔗糖酶水解蔗糖,氢氧化钠还原葡萄糖、果糖为相应的糖醇,乙酸中和多余的硼氢化钠,样品中果糖含量经离子色谱-脉冲安培检测器测定,通过折算可计算出样品中果聚糖含量;菊粉、低聚果糖等果聚糖虽结构不同,但果聚糖酶水解产物都是果糖和葡萄糖,所以对于混合添加果聚糖的产品,不适用该方法测定。AOAC 标准方法中分别采用淀粉葡萄糖苷酶、菊粉酶水解样液,通过内标法,采用与国标一致的离子色谱-脉冲安培检测器测定,该法为国际上常用测定菊粉(果聚糖)含量的方法,因计算采用减差法,若样品中蔗糖、葡萄糖、果糖、糊精、淀粉总含量高于果聚糖添加量 5 倍,则该方法也不太适用。

2.2 低聚木糖的测定方法

低聚木糖作为益生元成分,对比其他聚合糖类,其双歧因子功能可以提高 10~20 倍,并且可以选择性地促进肠道中双歧杆菌的增殖活性,具有调节肠道菌群、增强机体免疫力等功效^[4]。目前暂无特医食品中低聚木糖标准检测方法的公布,保健食品、普通食品中的低聚木糖检测方法主要有高效液相色谱法、离子色谱法等^[46-50]。在 GB/T 35545—2017《食品安全国家标准 食品中低聚木糖的测定》^[47]中有 2 种检测方法,其均使用配有示差检测器和柱温箱的高效液相色谱仪,在检测原理、样品前处理及色谱柱等存在一定的差异,详见表 2。

表 2 GB/T 35545—2017 中检测方法差异分析表
Table 2 Difference analysis of detection methods in GB/T 35545—2017

检测方法	检测原理	样品前处理	色谱柱	应用范围
方法一 高效液相色谱法	同一时刻进入色谱柱各组分,由于流动相和固定相之间的溶解、吸附、渗透、或离子交换等作用不同,随流动相在色谱两相之间进行反复多次的分配,由于各组分在色谱中的移动速度不同,经过一定长度的色谱柱后,彼此分离,按顺序流出色谱柱,根据保留时间对照定性,依据峰面积以木糖为参考计算各种糖组分的含量	准确称取样品后用水溶解并定容至 50 mL	内径 8 mm,柱长 300 mm,填料[乙烯二烯苯共聚物,粒度为 6 μm,官能团:磺酸(Na ⁺)排阻限 10000]的离子型凝胶柱	低聚木糖含量测定方法-高效液相色谱法
方法二 稀酸水解高效液相色谱法	样品酸水解,低聚木糖水解为单糖,用高效液相色谱法分离并定量测定,样品中低聚木糖含量即为样品水解前后木糖含量的差值与低聚木糖和木糖的平均转换系数之积	准确称取样品后用 0.005 mol/L 硫酸溶液溶解并定容至 100 mL	内径 8 mm,柱长 300 mm,填料粒度 9 μm 的氢离子型磺化苯乙烯-二乙烯基苯强阳离子交换树脂凝胶柱	低聚木糖含量测定方法-稀酸水解高效液相色谱法

郑凤家等^[48]研究发现, 样品经水提取 30 min 后, 低温环境下用乙醇沉降大分子糖类, 硫酸水解 90 min 后, 氢氧化钠中和, 经过氨基柱分离, 示差折光检测器检测, 外标法定量, 计算出水解前后木糖的含量, 含量差值即为低聚木糖含量。用该方法检测低聚木糖含量较低的样品还存在一定困难, 可以通过增加取样量、增大浓缩倍数等进一步提高检出限, 或者采用离子色谱法, 可实现低聚木糖含量较低样品的检测。黄伟乾等^[49-50]建立了离子色谱法检测饮料中低聚木糖的含量, 样品中的低聚木糖经高压或稀硫酸水解成木糖后, 以 PA20 阴离子交换柱进行分离, 高效离子色谱-脉冲安培检测器(high performance anion-exchange chromatography coupled with pulsed amperometric detector, HPIC-PAD)进行检测, 该方法选用离子色谱积分安培检测, 灵敏度高且检出限低, 能满足食品中低聚木糖的测定。

2.3 小麦低聚肽、玉米低聚肽的测定方法

低聚肽是蛋白质分解为氨基酸过程的中间产物, 不仅可以为机体提供营养, 同时具有提高免疫力的功效, 近年来已经从不同食物中实现了多种活性功能低聚肽的制备^[51]。其中小麦低聚肽和玉米低聚肽主要是小麦蛋白、玉米蛋白经酶解后的小分子短肽、寡肽, 研究发现低聚肽具有血管紧张素转化酶抑制、抗氧化等功能^[52], 目前其在特医食品中有一定的应用, 关于其含量检测方面暂无标准检测方法的公布, 奶粉中低聚肽检测方法的报道, 主要有双缩脲法、紫外吸收法。2 种方法均需要用到紫外可见分光光度计(UV-9100 型), 只是基于原理的不同, 在试剂的选择上有一定差异。其中双缩脲法是根据含有肽键的化合物在碱性条件下, 可以和铜离子形成紫色化合物, 根据样品吸光度和标准曲线方程可以计算出样品中低聚肽的含量; 紫外吸收法根据肽键在特定波长的特征吸收, 进而计算样品中低聚肽的含量, 因紫外吸收法易受到的干扰因素较多, 低聚肽的相关测定方法多聚焦于双缩脲试剂法的研究^[53]。

3 结束语

进入 21 世纪以后, 特殊医学用途配方食品全球市场进入快速发展期, 我国特殊医学用途食品行业相比发达国家, 起步较晚。近年来, 随着人们对于特殊医学用途配方食品需求的增加及相关法规制度的逐渐完善, 极大地促进了特殊医学用途食品的发展和国内特医产品市场的活化, 为我国特殊医学用途配方食品行业的发展带来了机遇^[54-55]。

特殊医学用途配方食品行业的发展促进我国特医相关产品的开发, 在特殊医学用途配方食品原料的选择上, 国内外特医食品探索应用了菊粉、低聚木糖、小麦低聚肽、玉米低聚肽等植物源新食品原料, 由于原料检测方法的开发相

对滞后于其在特医食品上的应用, 部分检测项目, 如特医食品中菊粉含量的测定等, 目前暂无合适的标准方法参考, 极大地限制了特医食品产业的发展, 因此 FSMP 中原料和成分检测方法的开发是未来特医食品发展的新方向。

本文概述了植物源新食品原料在特医食品中的应用现状, 着重介绍了目前特医食品中常见原料主要功能成分测定方法的研究进展, 为未来特医食品中植物源新食品原料, 如菊粉、低聚木糖、小麦低聚肽、玉米低聚肽等测定方法的开发提供文献信息资源, 为之后更多特医产品的开发提供参考。

参考文献

- [1] 朱素芳, 闫尊浩, 刘海荣, 等. 特殊医学用途配方食品发展现状及标准法规概述[J]. 现代商贸工业, 2018, 39(21): 191-193.
ZHU SF, YAN ZH, LIU HR, *et al.* Development status of formula foods for special medical purposes and standard regulations [J]. Mod Bus Trade Ind, 2018, 39(21): 191-193.
- [2] 张兰天, 王晨元, 张斌, 等. 国内外特殊医学用途配方食品营养强化剂使用标准差异化分析研究进展[J]. 乳业科学与技术, 2020, 43(3): 39-44.
ZHANG LT, WANG CY, ZHANG B, *et al.* Comparative analysis of domestic and foreign standard for the use of nutritional fortifiers in food [J]. J Dairy Sci Technol, 2020, 43(3): 39-44.
- [3] 陈斌, 董海胜, 张国文, 等. 特殊医学用途配方食品及其应用研究[J]. 食品科学技术学报, 2017, 35(1): 6-16.
CHEN B, DONG HS, ZHANG GW, *et al.* Research of foods for special medical purposes and its applications [J]. Acta Food Sci Technol, 2017, 35(1): 6-16.
- [4] 马永轩, 张名位, 张瑞芬, 等. 我国特殊医学用途配方食品的现状[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(21): 221-224.
MA YX, ZHANG MW, ZHANG RF, *et al.* Current status of food for special medical purpose in China [J]. Food Res Dev, 2018, 39(21): 221-224.
- [5] 宁俊, 张茜, 王新明, 等. 国内外特殊医学用途配方食品发展概况[J]. 生物产业技术, 2018, (6): 68-74.
NING J, ZHANG Q, WANG XM, *et al.* The development of foods for special medical purpose at home and abroad [J]. Biotechnol Bus, 2018, (6): 68-74.
- [6] 张双燕, 闫刘慧, 陈娟娟, 等. 特医食品及特医食品全营养粉技术要点简介[J]. 食品安全导刊, 2017, (28): 28-9.
ZHANG SY, YAN LH, CHEN JJ, *et al.* Introduction of food for special medical purpose and total nutrition powder [J]. Chin Food Saf Magaz, 2017, (28): 28-9.
- [7] 章肇敏, 曾晓龙. 特殊医学用途婴儿配方食品的物理研究与配方设计[J]. 乳业科学与技术, 2018, 41(6): 26-30.
ZHAG ZM, ZENG XL. Physical properties and formulation design of foods for special medical purposes for infants [J]. J Dairy Sci Technol, 2018, 41(6): 26-30.
- [8] GB 25596—2010 食品安全国家标准 特殊医学用途婴儿配方食品通则[S].
GB 25596—2010 National food safety standard-General rules for infant formula for special medical purpose [S].

- [9] 杨溢, 朱晓光. 特殊医学用途配方食品现状综述[J]. 食品安全导刊, 2018, (14): 69-71.
YANG Y, ZHU XG. Review of the current situation of food for special medical purposes [J]. Chin Food Saf Magaz, 2018, (14): 69-71.
- [10] 李湖中, 孙大发, 屈鹏峰, 等. 国内外特殊医学用途配方食品法规标准与安全管理对比分析[J]. 中国食物与营养, 2020, 26(5): 29-34, 56.
LI HZ, SUN DF, QU PF, *et al.* Comparative analysis on domestic and international regulations standards and safety management of food for special medical purposes [J]. Food Nutr China, 2020, 26(5): 29-34, 56.
- [11] GB 29992—2013 食品安全国家标准 特殊医学用途配方食品通则[S].
GB 29992—2013 National food safety standard-General rules for formula for special medical purpose [S].
- [12] 张葵, 车佩云. 我国特殊医学用途配方食品营养功效调查[J]. 粮食科技与经济, 2019, 44(9): 102-108.
ZHANG K, CHE PY. Investigation on nutritional efficacy of formula foods for special medical purposes in China [J]. Grain Sci Technol Econ, 2019, 44(9): 102-108.
- [13] 唐辉, 汤立达. 我国药品与保健食品、特医食品、新资源食品的界定和监管比较[J]. 现代药物与临床, 2020, 35(2): 372-377.
TANG H, TANG LD. Comparative study of definition and regulatory systems on drug, health food, food for special medical purpose and new resource food [J]. Drug Clin, 2020, 35(2): 372-377.
- [14] 毛佳汶. 新食品原料批准品种及现状分析[J]. 现代食品, 2020, (2): 75-78.
MAO JW. Analysis of approved variety and status of new food raw materials [J]. Mod Food, 2020, (2): 75-78.
- [15] 张小庆, 张萱, 史小峰. 植物源新食品原料在特殊医学用途配方食品应用研究进展[J]. 现代食品, 2019, (20): 76-81.
ZHANG XQ, ZHANG X, SHI XF. Research advance on the application of the plant-novel food in food for special medical purpose [J]. Mod Food, 2019, (20): 76-81.
- [16] 范光森, 张茜, 肖林, 等. 低聚木糖在特殊医学用途配方食品中的应用[J]. 中国食品添加剂, 2016, (2): 158-165.
FAN GS, ZHANG Q, XIAO L, *et al.* The application of xylooligosaccharides in food for special medical purpose [J]. China Food Addit, 2016, (2): 158-165.
- [17] 王海燕. 新中国成立70周年我国特殊食品监管法规体系演变历程[J]. 中国食品药品监管, 2019, (5): 30-43.
WANG HY. The evolution of my country's special food regulatory system during the 70th anniversary of the founding of China [J]. China Food Drug Admin Magaz, 2019, (5): 30-43.
- [18] 王文月, 徐鑫, 徐同成, 等. 我国特殊医学用途配方食品产业现状与政策建议[J]. 食品工业科技, 2019, 40(5): 329-332.
WANG WY, XU Y, XU TC, *et al.* Current status and policy recommendations of foods for special medical purpose industry in China [J]. Food Ind Technol, 2019, 40(5): 329-332.
- [19] 张春红, 黄建, 李乘风, 等. 特殊医学用途配方食品现状及前景展望[J]. 中国食品添加剂, 2016, (12): 210-214.
ZHANG CH, HUANG J, LI CF, *et al.* The present situation and prospects of food for special medical purposes [J]. China Food Addit, 2016, (12): 210-214.
- [20] 葛兆强, 李发财, 杨海军. 膳食纤维在特殊医学用途配方食品中的应用[J]. 食品安全导刊, 2013, (11): 52-53.
GE ZQ, LI FC, YANG HJ. Application of dietary fiber in medical foods [J]. Chin Food Saf Magaz, 2013, (11): 52-53.
- [21] 李霞. 膳食纤维在特殊医学用途配方食品中的运用研究[J]. 食品安全导刊, 2020, (11): 33.
LI X. The application of dietary fiber in food for special medical foods [J]. Chin Food Saf Magaz, 2020, (11): 33.
- [22] 张春红, 黄建, 霍军生. 菊粉的特性及在特殊医学用途配方食品中的应用前景[J]. 中国酿造, 2017, 36(1): 19-23.
ZHANG CH, HANG J, HUO JS. Characteristics of inulin and its application prospect in foods for special medical purpose [J]. China Brew, 2017, 36(1): 19-23.
- [23] 冷小军. 低聚木糖的生产及应用研究进展[J]. 农产品加工, 2020, (1): 78-81.
LENG XJ. Research progress in production and application of Xylo-oligosaccharides [J]. Farm Prod Proc, 2020, (1): 78-81.
- [24] 邵剑钢, 钱平, 刘晋, 等. 小麦低聚肽的功能作用研究进展及应用前景展望[J]. 中国食物与营养, 2016, 22(10): 72-74.
SHAO JG, QIAN P, LIU J, *et al.* Research advancement and application prospect of function properties of wheat oligopeptides [J]. Food Nutr China, 2016, 22(10): 72-74.
- [25] 刘文颖, 林峰, 金振涛, 等. 玉米低聚肽的体外抗氧化作用[J]. 食品科学, 2011, 32(5): 22-26.
LIU WY, LIN F, JIN ZT, *et al.* Antioxidant effect of corn oligopeptides in vitro [J]. Food Sci, 2011, 32(5): 22-26.
- [26] LATTIMER JM, HAUB MD. Effects of dietary fiber and its components on metabolic health [J]. Nutrients, 2010, 2(12): 1266-1289.
- [27] KAUR N, GUPTA AK. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition [J]. J Biosci, 2002, 27(7): 703-714.
- [28] 李玲玉, 孙晓晶, 郭富金, 等. 菊芋的化学成分、生物活性及其利用研究进展[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(16): 213-218.
LI LY, SHUN XJ, GUO FJ, *et al.* Study on the chemical and bioactive compounds and applications of *Helianthus tuberosus* L [J]. Food Res Dev, 2019, 40(16): 213-218.
- [29] 陈远文, 张宇, 林川, 等. 低聚木糖理化性质及其应用研究进展[J]. 食品工业, 2019, 40(10): 245-248.
CHEN YW, ZHANG Y, LIN C, *et al.* Research progress on physicochemical properties and applications of xylooligosaccharides [J]. Food Ind, 2019, 40(10): 245-248.
- [30] 赵蕾, 杨泰, 孔祥峰, 等. 低聚木糖的生理功能及其作用机制的研究进展[J]. 动物营养学报, 2020, 32(8): 3526-3532.
ZHAO L, YANG T, KONG XF, *et al.* Research progress on the physiological function and mechanism of xylooligosaccharides [J]. Chin J Anim Nutr, 2020, 32(8): 3526-3532.
- [31] SINGH V, YEOH BS, CHASSAING B. Dysregulated microbial fermentation of soluble fiber induces cholestatic liver cancer [J]. Cell, 2018, 175(3): 679-694.
- [32] 樊金娟, 张幼竹. 植物源低聚肽的研究进展[J]. 食品科技, 2009, 34(7): 175-178.
FAN JJ, ZHANG YZ. Research progress on oligopeptides derived from plant protein [J]. Food Technol, 2009, 34(7): 175-178.
- [33] 康连虎, 曹川. 小麦低聚肽酶解方法及生物活性研究进展[J]. 粮食与油脂, 2019, 32(5): 1-3.
KANG LH, CAO C. Advances in enzymatic hydrolysis and biological activity of wheat oligopeptides [J]. J Cere Oils, 2019, 32(5): 1-3.
- [34] AHMED W, RASHID S. Functional and therapeutic potential of inulin: A comprehensive review [J]. Crit Rev Food Sci Nutr, 2019, 59(1): 1-13.

- [35] COSTA G, VASCONCELOS Q, ABREU G, *et al.* Changes in nutrient absorption in children and adolescents caused by fructans, especially fructooligosaccharides and inulin [J]. *Arch Pediatr*, 2020, 27(3): 166–169.
- [36] SHOAIB M, SHEHZAD A, OMAR M, *et al.* Inulin: Properties, health benefits and food applications [J]. *Carbohydr Polym*, 2016, 14(7): 444–454.
- [37] 卢维奇, 陈便豪, 王佳娜. 菊粉对肠道健康作用的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(4): 1004–1008.
LU WQ, CHEN BH, WANG JN. Research progress of effects of inulin on intestinal health [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 10(4): 1004–1008.
- [38] ZHANG W, TANG Y, HUANG J, *et al.* Efficacy of inulin supplementation in improving insulin control, HbA1c and HOMA-IR in patients with type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *J Clin Biochem Nutr*, 2020, 66(3): 176–183.
- [39] 吴洪新, 单昌辉, 李薇, 等. 紫外分光光度计法测定菊粉多糖[J]. 安徽农业科学, 2008, (13): 5251–5253.
WU HX, DAN CH, LI W, *et al.* Study on the detection of inulin by the method of UV-VIS spectrophotometry [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2008, (13): 5251–5253.
- [40] 刘玉峰, 徐佳佳, 崔亚娟, 等. 食品中果聚糖的测定方法研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(10): 2843–2848.
LIU YF, XU JJ, CUI YJ, *et al.* Research progress on method of determination of fructans in foods [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 10(10): 2843–2848.
- [41] HOFER K, JENEWEIN D. Enzymatic determination of inulin in food and dietary supplements [J]. *Eur Food Res Technol*, 1999, 209(6): 423–427.
- [42] KRISTO E, FOO A, HILL AR, *et al.* Short communication: Determination of inulin in milk using high-performance liquid chromatography with evaporative light scattering detection [J]. *J Dairy Sci*, 2011, 94(7): 3316–3321.
- [43] 魏远安, 郑惠玲, 吴少辉, 等. 高效离子色谱法分离、检测低聚果糖[J]. 食品科学, 2015, 36(14): 151–155.
WEI YA, ZHEN HL, WU SH, *et al.* Separation and analysis of fructooligosaccharides by high-performance anion exchange chromatography [J]. *Food Sci*, 2015, 36(14): 151–155.
- [44] 徐艳冰, 郑兆娟, 徐颖, 等. 高效阴离子交换色谱法同时测定菊粉酶解产物中的单糖、双糖和低聚果糖[J]. 食品科学, 2016, 37(2): 77–81.
XU YB, ZHEN ZJ, XU Y, *et al.* Simultaneous determination of monosaccharides, disaccharides, and fructooligosaccharides in inulin hydrolysates by high performance anion exchange chromatography [J]. *Food Sci*, 2016, 37(2): 77–81.
- [45] GB 5009.255—2016 食品安全国家标准 食品中果聚糖的测定[S].
GB 5009.255—2016 National food safety standard-Determination of fructan in food [S].
- [46] 王立, 薛腊梅, 李言, 等. 低聚木糖的生理活性研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2018, 37(6): 561–571.
WANG L, XUE LM, LI Y, *et al.* Research progress of physiological activities of xylooligosaccharide [J]. *J Food Sci Biotechnol*, 2018, 37(6): 561–571.
- [47] GB/T 35545—2017 食品安全国家标准 食品中低聚木糖的测定[S].
GB/T 35545—2017 National food safety standard-Determination of fructan in food [S].
- [48] 郑凤家, 李蔚, 陈金东, 等. 保健食品中低聚木糖高效液相色谱-示差折光法测定[J]. 中国公共卫生, 2020, 36(3): 429–432.
ZHENG FJ, LI W, CHEN JD, *et al.* Determination of xylooligosaccharides in health foods by high performance liquid chromatography with refractive index [J]. *Chin J Pub Health*, 2020, 36(3): 429–432.
- [49] 黄伟乾, 吴俊发, 吴国辉, 等. 高压酸水解-离子色谱检测饮料中低聚木糖的研究[J]. 广东化工, 2019, 46(13): 177–178.
HUANG WQ, WU JF, WU GH, *et al.* Determination of xylooligosaccharides in beverages by high pressure acid hydrolysis-ion chromatography [J]. *Guangdong Chem Ind*, 2019, 46(13): 177–178.
- [50] 宋戈, 刘长玲, 张胜楠. 离子交换色谱法测定调制乳粉和固体饮料中低聚木糖[J]. 中国乳品工业, 2020, 48(5): 51–54.
SONG Y, LIU CL, ZHANG SN. Determination of xylooligosaccharides in formulated milk powder and solid beverages by high performance anion exchange chromatography [J]. *Chin Dairy Ind*, 2020, 48(5): 51–54.
- [51] 马文领, 谢良民, 刘建, 等. 低聚肽调节免疫功能及其对冠状病毒感染的影响[J]. 中华损伤与修复杂志(电子版), 2020, 15(3): 187–191.
MA WL, XIE LM, LIU J, *et al.* Regulating immune function of oligopeptides and its effect on coronavirus infection [J]. *Chin J Injury Repair Wound Healing (Elec Ed)*, 2020, 15(3): 187–191.
- [52] 周明, 秦修远, 贾福怀, 等. 玉米低聚肽中抗氧化肽的分离纯化及结构鉴定[J]. 食品工业, 2019, 40(5): 232–235.
ZHOU M, QING XY, JIA FH, *et al.* Separation and identification of antioxidant peptides derived from corn oligopeptides [J]. *Food Ind*, 2019, 40(5): 232–235.
- [53] 任国谱, 李忠海, 彭美纯, 等. 奶粉中低聚肽质量浓度测定方法[J]. 中国乳品工业, 2007, (10): 47–50.
REN GP, LI ZH, PENG MC, *et al.* Determination of peptide content in milk powder [J]. *Chin Dairy Ind*, 2007, (10): 47–50.
- [54] 徐亚静. 特医食品: 机遇来了谁在迎战[J]. 中国食品药品监管, 2016, (9): 61–63.
XU YJ. Special medical food: Who is facing the opportunity [J]. *China Food Drug Admin Magaz*, 2016, (9): 61–63.
- [55] 张雯, 梁淑霞. 中国或将成为最大的特医食品市场[J]. 食品安全导刊, 2017, (28): 26–27.
ZHANG W, LIANG SX. China may become the largest special medical food market [J]. *Chin Food Saf Magaz*, 2017, (28): 26–27.

(责任编辑: 张晓寒)

作者简介



王炳英, 硕士, 主要研究方向为食品
质量安全与检测。

E-mail: bingying.wang@ausnutria.com

易 灿, 硕士, 工程师, 主要研究方向
为食品安全和质量控制管理。

E-mail: canyi@ausnutria.com