

我国大豆蛋白加工产业现状及发展趋势

林凤岩¹, 黄永娜¹, 褚洪俊¹, 王文昕¹, 宋宇², 薛亚南¹, 郑峰¹, 李庚¹

(1. 济宁市机械设计研究院有限公司, 山东 济宁 272000; 2. 济宁市特种设备检验研究院, 山东 济宁 272000)

摘要:随着人民日益增长的美好生活需要和科学技术的快速发展,我国食品行业,尤其是大豆蛋白加工产业的发展登上了新的台阶。为更好地引导大豆蛋白加工产业的健康可持续发展,对大豆蛋白加工产业的现状及发展趋势进行综述。从原料、产业链、加工企业及市场需求等4个方面,介绍了我国大豆蛋白原料供需、加工企业规模、产品结构等方面情况,分析了大豆蛋白产业亟须解决的问题及发展趋势。国产非转基因大豆在大豆蛋白加工产业中存在竞争优势,提高我国非转基因大豆的自给能力,研发高附加值的大豆蛋白产品,有利于形成与进口大豆错位竞争、相互补充的格局,从而促进我国大豆蛋白产业长期高质量发展。

关键词:大豆蛋白;加工产业链;产品结构;发展趋势

中图分类号:TS229;F326.5 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2023)11-0033-06

Current situation and development trend of Chinese soybean protein processing industry

LIN Fengyan¹, HUANG Yongna¹, CHU Hongjun¹, WANG Wenxin¹,
SONG Yu², XUE Yanan¹, ZHENG Feng¹, LI Geng¹

(1. Jining Machinery Design and Research Institute Co., Ltd., Jining 272000, Shandong, China; 2. Jining Special Equipment Inspection and Research Institute, Jining 272000, Shandong, China)

Abstract: With the increasing needs of the Chinese people for a better life and the rapid development of science and technology, the development of Chinese food industry, especially the soybean protein processing industry, has reached a new level. In order to better guide the healthy and sustainable development of the soybean protein processing industry, the current situation and development trend of the soybean protein processing industry were reviewed. The supply and demand of soybean protein raw materials, the scale of processing enterprises, and product structure in China were introduced from four aspects: raw materials, industrial chain, processing enterprises, and market demand. The development trend, and urgent difficulties that need to be solved of the soybean protein industry were analyzed. The domestic non-transgenic soybeans has competitive advantages in the soybean protein processing industry. Improving the self-sufficiency of non-transgenic soybean in China and developing high value-added soybean protein products are conducive to form a pattern of dislocation competition and mutual supplementation with imported soybeans, so as to promote the long-term high-quality development of Chinese soybean protein industry.

Key words: soybean protein; processing industrial chain; product structure; development trend

收稿日期:2023-04-17;修回日期:2023-07-22

基金项目:山东省重点研发计划(重大科技创新工程)项目(2022CXGC010602)

作者简介:林凤岩(1971),男,研究员,主要从事油脂制取及植物蛋白深加工工艺研究(E-mail)13395376101@163.com。

通信作者:黄永娜,高级工程师(E-mail)709663195@qq.com。

大豆起源于中国,是豆中之王,在我国已有4 000多年的栽培利用史,大豆种植是我国农业重要的组成部分。蛋白质是大豆的主要组分,因品种不同含量为30%~50%^[1],对大豆的任何加工都涉及到对大豆蛋白的加工,因此大豆加工亦可称为大豆蛋白加工。大豆蛋白是植物性的完全蛋白质,含

有人体不能合成的必需氨基酸,且种类齐全、比例均衡、含量丰富,其中赖氨酸和亮氨酸含量较高,分别占6.0%~6.9%和7.4%~8.4%^[1]。大豆蛋白是替代动物蛋白的首选优势植物蛋白资源,可有效防止胆固醇摄入,降低饱和脂肪酸的摄入量,具有降低血脂,改善胰岛素敏感性,降低体脂肪等作用。从20世纪80年代开始我国大豆蛋白逐步实现工业化生产,以大豆脱脂后的豆粕为原料,经国外引进的生产工艺和成套装备,制成分离蛋白和浓缩蛋白等产品,大豆蛋白产品具有乳化性、凝胶性、起泡性和抑菌性等多种功能特性^[2-4]。

随着人民日益增长的美好生活需要和科学技术的快速发展,我国食品行业,尤其是大豆蛋白加工产业的发展登上了新的台阶,但目前还存在大豆品种单一、专用大豆品种不足,大豆初加工企业产能过剩、大豆蛋白深加工品种同质化严重,高附加值、差异化产品匮乏等问题^[5-11]。

本文介绍了我国大豆蛋白原料供需、加工企业规模、产品结构等方面的情况,分析了大豆蛋白产业亟须解决的问题,并提出了大豆蛋白产业发展趋势,以期促进我国大豆蛋白产业长期高质量发展。

1 我国大豆蛋白产业发展现状

1.1 供需情况

1.1.1 大豆原料供应情况

2022年我国大豆加工量见表1。由表1可知,2022年我国大豆总加工量超过1.1亿t,其中转基因大豆为8 938.88万t,占比80.27%,非转基因大豆为2 197.22万t,占比19.73%。转基因大豆主要从巴西和美国进口,其中巴西占60.86%,美国占32.48%,其他转基因大豆进口国家有阿根廷、乌拉

圭等。同时,我国从美国、俄罗斯、贝宁、加拿大、乌克兰等国家进口部分非转基因大豆,其中俄罗斯占进口总量的41.00%,美国占29.70%,贝宁占12.40%,加拿大占11.30%,乌克兰占4.00%。

表1 2022年我国大豆加工量 万t

项目	非转基因大豆	转基因大豆
进口国		
巴西	0	5 439.80
美国	50.25	2 903.05
阿根廷	0	365.00
乌拉圭	0	179.00
俄罗斯	69.38	0
贝宁	20.98	0
加拿大	19.13	0
乌克兰	6.77	0
其他	2.71	52.03
进口总量	169.22	8 938.88
国产总量	2 028	0
总加工量	2 197.22	8 938.88

注:数据来源于国家粮油信息中心

1.1.2 大豆蛋白产业链情况

转基因大豆与非转基因大豆产品用途有所不同,但都需经过物理、化学、微生物处理,再加工成饲用、食用产品及其他制品^[12-14]。如图1所示,大豆蛋白可分为粗加工和深加工,非转基因大豆粗加工包括高温豆粕、低变性豆粕、豆制品和直接食用等。高温豆粕可以进一步加工成普通饲料和发酵制品,低变性豆粕可以进一步加工为分离蛋白、浓缩蛋白以及组织化蛋白,最终用于制作植物基食品。转基因大豆粗加工包括高温豆粕和蛋白粕,可以进一步加工成饲料和浓缩蛋白等产品。

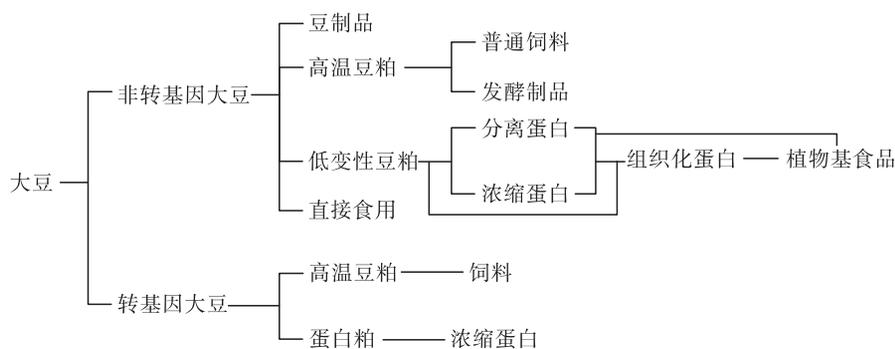


图1 大豆蛋白产业链

目前,非转基因大豆蛋白产品主要用于食品加工,供食用;转基因大豆蛋白产品主要用于畜禽、水产养殖业等饲料加工业。中国饲料工业协会数据显示,2022年大豆饲料粕达到6 580万t,食品粕为210万t。大豆饲料粕可直接用于饲料配料,也可作为浓缩蛋白和发酵豆粕的原料,据中国饲料工业协

会不完全统计,2022年以饲料粕为原料进行深加工的产品发酵豆粕产量为70万t,饲料级浓缩蛋白产量为30万t。大豆食品粕主要用于加工分离蛋白、浓缩蛋白等,低变性豆粕作为原料进行深加工的产品,主要有分离蛋白、醇法浓缩蛋白、酸法浓缩蛋白、改性浓缩蛋白、组织化蛋白等。企查查数据显示,

2022年大豆分离蛋白产量最多,为50万t,大豆组织化蛋白为30万t,醇法大豆浓缩蛋白为20万t,改性大豆浓缩蛋白为5万t,酸法大豆浓缩蛋白产量最少,为3万t。

1.1.3 大豆蛋白加工企业情况

我国大豆蛋白加工企业的注册量整体呈增长态势。企查查数据显示,截至2021年底,我国共有约3万家大豆蛋白加工相关企业,大豆低温粕生产线39条,产能达到2万t/d,其中山东、黑龙江的大豆低温粕生产线数量和产能位居全国前两位,两省大豆低温粕生产线数量和产能在全国的合计占比均超过80%。我国大豆浓缩蛋白生产线相对较少,截至2021年底,我国食品级大豆浓缩蛋白和饲料级大豆浓缩蛋白生产企业情况(企查查数据)分别见表2和表3。

表2 我国食品级大豆浓缩蛋白生产企业

生产企业	承建单位	年产量/万t
山东万得福公司	凯斯达公司	6
德州某公司	皇冠公司	3
吉林丰正公司	凯斯达公司	1
黑龙江阳霖公司	凯斯达公司	1
大庆某公司	黑龙江某公司	1
克山某公司	江苏某公司	1
山东长润公司	凯斯达公司	5
秦皇岛某公司	ADM公司	6
扎兰屯某公司	江苏某公司	1

表3 我国饲料级大豆浓缩蛋白生产企业

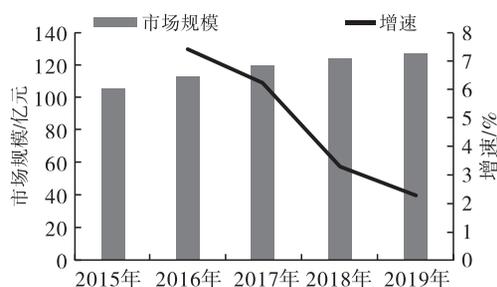
生产企业	承建单位	年产量/万t
山东中阳公司	凯斯达公司	6
福建长德公司	凯斯达公司	14
广西某公司	建设方自建	1
江苏某公司	建设方自建	1
天津北合公司	凯斯达公司	7

由表2、表3可见,我国食品级大豆浓缩蛋白每年产能达到25万t,饲料级大豆浓缩蛋白每年产能达到29万t。食品级大豆浓缩蛋白生产线中,除大庆某公司、扎兰屯某公司、克山某公司外,其余生产线均正常生产销售;饲料级大豆浓缩蛋白生产线中,除天津北合公司的正在建设中,其余均正常生产销售,其中福建长德公司9万t/年的饲料级大豆浓缩蛋白生产线是目前国内最大的生产线,该生产线采用两步浸出及干燥蒸发一体化节能工艺,工艺路线绿色节能,水蒸气消耗为国际同类先进装备的50%,达到800kg/t(以原料质量计)。2019年7月15日,中国粮油学会组织行业内知名专家教授对山东凯斯达公司的“醇法大豆浓缩蛋白大型智能化成套装备技术开发及产业化”项目进行了评价,形成如下评价意见:项目开发的

成套装备技术拥有自主知识产权,经济、社会效益显著,整体技术水平达到国际领先^[15]。

1.1.4 大豆蛋白市场需求情况

2015—2019年我国大豆蛋白行业市场规模及增速见图2。由图2可知,近年来我国大豆蛋白市场保持稳定增长,2019年行业市场规模已经达到127.52亿元,同比增长2.3%。



注:数据来源于观研天下数据中心

图2 2015—2019年我国大豆蛋白行业市场规模及增速

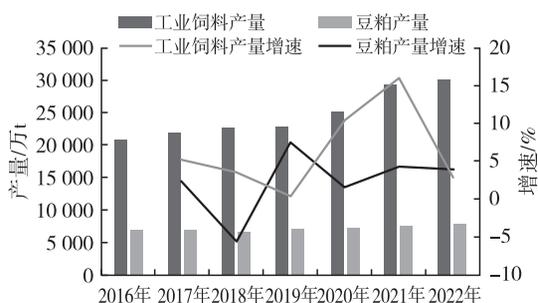
根据加工工艺不同,大豆蛋白深加工产品主要分为浓缩蛋白、蛋白粉(又称分离蛋白)、组织化蛋白(又称拉丝蛋白)。目前,市场上主要为蛋白粉和组织化蛋白。蛋白粉销量占比为1/3左右,组织化蛋白销量占比约为2/3。蛋白粉产品蛋白质含量约90%,因不含胆固醇,氨基酸组成比例易于人体吸收,被广泛应用于食品辅料或添加剂、豆基配方奶粉、食品营养补充剂等^[8];组织化蛋白产品蛋白质含量在55%以上,具有良好的吸水性和吸油性,是经过混合、挤压、剪切等工序加工成粒状、块状、条状等具有类似动物蛋白的肌肉纹理结构的不同形状的产品,其口感、外观都有很强的拟真性,可应用于肉丸、灌肠、素火腿、肉馅等食品生产中,此类产品较好地结合了大豆蛋白的低胆固醇和动物蛋白良好的纤维结构、咀嚼性,是一种高蛋白低脂肪的食品^[9]。组织化蛋白替代动物蛋白可以降低生产成本,增加食品中大豆蛋白含量,改善膳食结构^[16]。2015—2019年我国大豆组织化蛋白及大豆蛋白粉需求量见图3。由图3可知,2019年我国大豆组织化蛋白需求量为72.2万t,大豆蛋白粉需求量为39.7万t。



注:数据来源于观研天下数据中心

图3 2015—2019年我国大豆组织化蛋白及大豆蛋白粉需求量

大豆饲料粕是饲料中优质的蛋白质配料,由于受下游养殖业饲养周期、进口额度和国际大环境等诸多因素影响,大豆饲料粕需求数量和价格均有大幅度的变动,但总的供需基本平衡。2016—2022年我国工业饲料及豆粕产量及其增速见图4。由图4可知:2022年我国工业饲料产量为30 223.4万t,比上年增长3.0%;2022年豆粕产量达到7 989.7万t,比上年增长4.0%。



注:数据来源于中国饲料工业协会

图4 2016—2022年我国工业饲料及豆粕产量及其增速情况

1.2 存在的问题

1.2.1 大豆蛋白原料供需

我国每年大豆消费量超过1.1亿t,作为最大的大豆进口国,我国转基因大豆依赖进口,2022年国产大豆产量最高,为2 028万t,但仍无法满足非转基因大豆市场需求,需少量进口。

虽然我国大豆种植面积大、范围广,但仍存在以下问题:一是大豆品种少,缺少能满足不同大豆蛋白产品需求的差异化品种,如大豆蛋白产品需要7S与11S蛋白富集、糖分含量较低的品种,豆浆及豆奶类加工则需要选择不饱和脂肪酸含量低的品种,而企业及科研院校通过生物基因工程育种的技术相对滞后,根据不同产品需求规模化试验培育不同成分含量的理想株型方面未取得实质性重大突破;二是我国大豆育种技术与推广脱节,育种企业规模比较小,自主创新能力弱,主要以区域性企业为主,规模化龙头企业较少;三是加工企业与大豆种植基地不能形成精准追溯链,不能有效保证大豆品种来源,收储范围广而杂,增加了后处理加工成本,大大降低了生产效率。因此,应提高自主创新能力,补齐大豆种业短板,构建大豆原料需求与生产供给的精准匹配融合机制,这对提高我国大豆自给能力,保证食用蛋白质供给安全,具有重要的意义。

1.2.2 大豆蛋白加工企业

我国大豆深加工的相关技术研究起步较晚,大多数还处在初加工阶段。企查查数据显示,目前我国大豆蛋白加工相关企业约3万家,其中1 000 t/d

规模以上的初加工企业115家,产能达到44万t/d,已严重过剩。

企查查数据显示,截至2022年底,我国大豆分离蛋白企业26家,产能80万t/年,开工率不足。大豆分离蛋白企业主要采用碱溶酸沉法提取分离蛋白工艺,每生产1t分离蛋白消耗18t左右的水蒸气,产生40t左右的乳清废水^[8]。乳清废水含有大量的有机物^[9],如果直接排放,会对环境造成极大污染和严重破坏,必须进行一系列复杂处理后才能排放。虽然,目前已研发出有效的污水处理工艺对乳清废水进行分解并回收利用,但因大豆分离蛋白及污水处理工艺成套组合的能耗高、生产成本高导致产品价格过高,缺乏市场竞争力。

以大豆分离蛋白为主要原料的植物基食品企业虽然数量较多,但大多数是小工厂、小作坊,生产产品种类单一,产能过剩,且缺乏高附加值产品的大型龙头企业。

1.2.3 大豆蛋白产品结构

目前大豆主要用于浸出或压榨制作食用油、全脂或脱脂制取畜禽养殖蛋白饲料和食品加工三大方面。

我国的进口大豆主要用作生产大豆油和豆粕饲料,豆粕饲料主要是以普通豆粕以及浓缩蛋白为蛋白质添加剂,大豆深加工产品发酵豆粕因水蒸气消耗高(1~1.5 t/t)、发酵不均、产品质量波动较大等影响,严重限制了其发展。

我国国产大豆主要是以豆制品初加工及直接食用为主,深加工产品占比较少,且以大豆分离蛋白为主要原料的植物基食品因豆腥味和抗营养因子问题导致产品种类单一,质量参差不齐进而影响了市场的拓展。当前,我国的大豆蛋白食品还未突破以传统食品为主的生产模式,无论种类、外观还是风味与发达国家相比均有很大差距,而我国大豆蛋白产业也存在产品单一、低价竞争等问题,功能性大豆蛋白、仿生食品、发酵豆粕等高附加值产品市场品类匮乏。

2 我国大豆蛋白产业发展趋势

2.1 大豆蛋白原料

习近平总书记在2021年12月25—26日召开的中央农村工作会议上强调,保障好初级产品供给是一个重大战略性问题,中国人的饭碗任何时候都要牢牢端在自己手中,饭碗主要装中国粮,让“油瓶子”里多装中国油。他在2021年10月视察山东时也强调,大豆等油料作物产销区要稳面积、提产量,切实深入地调整完善结构分布,深入研发大豆等油

料作物的育种技术,争取得到显著的增产实效。

《“十四五”全国种植业发展规划》提出,到2025年,大豆产量力争达到2300万t,比2020年增加17.35%,提升大豆的自给率。2023年中央一号文件明确提出:加力扩种大豆油料;深入推进大豆和油料产能提升工程;扎实推进大豆玉米带状复合种植,支持东北、黄淮海地区开展粮豆轮作,稳步开发利用盐碱地种植大豆;完善玉米、大豆生产者补贴;明确2023年大豆生产目标,并纳入省级党委和政府落实耕地保护和粮食安全党政同责考核。

海关总署公布数据显示,近十年来,除2020年有小幅下降外,我国大豆进口量逐年增长,我国非转基因大豆产量总体也呈逐年上升趋势。国家统计局2023年发布的“中华人民共和国2022年国民经济和社会发展统计公报”称,由于受国家和地方政府出台的一系列促进大豆增产的利好政策影响,2022年我国大豆产量达到创纪录的2028万t,增幅23.7%。预计以后相当一段时间内,国产非转基因大豆产量将迎来快速增长期。

2.2 大豆蛋白产品

根据世界粮农组织和世界卫生组织(FAO/WHO)的推荐,蛋白质人均摄入量为0.75 g/(kg·d)。大豆蛋白与人体所需必需氨基酸模式接近,不含胆固醇且原料来源丰富,具有广阔发展前景。我国是全球最大的大豆蛋白市场,占约50%的市场份额。近年来,人们的饮食消费逐渐将安全营养、健康价值作为第一刚需,这将直接推动大豆蛋白产品消费的增加。

植物基食品的兴起,就是人们追求素简生活方式的体现,向简朴饮食、健康饮食回归,这是一场饮食革命。有报道显示,全球最大肉食加工公司JBS(JBSAY),美国食品巨头泰森(Tyson)、荷美尔(Hormel)、史密斯菲尔德食品(Smithfield Foods)等,以及金锣、双塔、必斐艾、美康等国际、国内企业,肯德基、全家等大型连锁餐饮、连锁便利店,都在力推植物基食品。中金企信统计数据,以大豆组织化蛋白为产品或原料的植物基食品——素食需求由2015年的50万t增加到2022年的90万t,预测到2026年将达到120万t。醇法大豆浓缩蛋白作为植物基食品或饲料的优质原料,具有高凝胶性、乳化性,氨基酸种类齐全、含量丰富,抗营养因子含量极低,无豆腥味等优势,且生产过程无废水排放、绿色环保、清洁生产,大豆浓缩蛋白将会逐步代替大豆分离蛋白,在市场上越来越受到欢迎。

大豆蛋白在肉制品加工、植物蛋白饮品等行业作为食品配料得以普遍应用,不仅健康安全、营养丰

富而且满足了消费者对产品口味的追求。在大豆分离蛋白、大豆浓缩蛋白和大豆组织化蛋白的基础上,开发活性蛋白粉、肽粉和胶质蛋白等大豆蛋白新产品,拓宽其应用领域,才能不断满足消费者的需求。

2.3 大豆蛋白加工企业

大豆初加工企业将向着大型化、集约化、沿海方向集中发展。随着初加工产品的利润降低,竞争增强,市场将逐步淘汰规模小、成本高、能耗高的企业,并进一步优化改进大型企业的工艺路线及地域分布。

随着人们营养健康观念增强,对动物性食品抗生素等不利因素的担忧以及对环保和生态可持续发展的关注,植物基食品引起了人们的高度关注,植物基食品企业将会向产品多样化、复杂化、健康营养方向发展。作为植物基食品的原料,大豆蛋白产业也将会迅速发展。大豆分离蛋白企业因能耗高、污染严重,逐渐被绿色、低能耗的醇法大豆浓缩蛋白企业取代,醇法大豆浓缩蛋白企业发展空间广阔。

3 结束语

大豆蛋白产业作为农副产品加工业,可延长当地植物油料作物的产业链条,实现加工增值,有利于农民增加收入,丰富人们餐桌上的美食,满足人们对营养健康生活的需要,其发展历来得到国家重视及大力支持。我国是最大的非转基因大豆生产和消费国,非转基因大豆蛋白产品也受全球欢迎。目前,提高我国非转基因大豆的自给能力,研发高附加值的大豆蛋白产品,成为大豆蛋白产业亟须解决的问题。醇法大豆浓缩蛋白产品因其营养价值高、抗营养因子含量低,且生产过程无豆腥味、能耗低、无废水排放、绿色环保、清洁生产而受到市场青睐。大豆深加工产业的做大做强,有利于发挥国产大豆的竞争优势,形成与进口大豆错位竞争、相互补充的格局,我国大豆蛋白产业也将会实现高质量发展。

参考文献:

- [1] 何东平,王兴国,刘玉兰. 油脂工厂设计手册[M]. 2版. 武汉:湖北科学技术出版社,2012:387-389.
- [2] 阳倩,冯广鑫,冯炜婷,等. 常见大豆制品中蛋白质的体外消化特性[J]. 食品科学,2022,43(9):39-47.
- [3] 冯魏. 大豆蛋白轻度酶解物对营养棒储藏品质的影响[J]. 发酵科技通讯,2021,50(2):75-81.
- [4] 邓文亚,徐婧婷,郭顺堂,等. 火麻仁蛋白与大豆蛋白的营养评价及比较[J]. 食品工业科技,2021,42(23):273-279.
- [5] 刘頔,赵晓燕,符力丹. 大豆蛋白中7S与11S球蛋白的研究进展[J]. 食品研究与开发,2016,39(17):201-204.

(下转第56页)

- Antioxidant activities of tocopherols/tocotrienols and lipophilic antioxidant capacity of wheat, vegetable oils, milk and milk cream by using photochemiluminescence [J]. *Food Chem*, 2015, 175: 593–600.
- [21] 耿鹏飞, 彭吟雪, 胡传荣, 等. 八大核桃产地的核桃理化性质及油脂特性对比研究[J]. *中国油脂*, 2018, 43(9): 116–120.
- [22] PYCIA K, KAPUSTA I, JAWORSKA G, et al. Antioxidant properties, profile of polyphenolic compounds and tocopherol content in various walnut (*Juglans regia* L.) varieties[J]. *Eur Food Res Technol*, 2019, 245(3): 607–616.
- [23] 胡银洲, 黄伟素, 陆柏益. 食品中植物甾醇氧化物研究进展[J]. *中国粮油学报*, 2013, 28(11): 117–128.
- [24] 潘影. 食用油中甾醇的高温氧化特性及稳定性研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2013.
- [25] 朱琳, 薛雅琳, 张东, 等. 特种植物油中甾醇总量及组成分析[J]. *粮油食品科技*, 2015, 23(2): 49–52.
- [26] 王素君. 食用植物油微量营养成分同步检测及功能评价研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2016.
- [27] 张瑶, 吴邦富, 吕昕, 等. 油料作物中特异性脂类伴随物及其分析方法研究进展[J]. *中国油料作物学报*, 2021, 43(3): 530–534.
- [28] 周晔. 基于内源氧化特征的核桃油稳定性监测与改良[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2017.
- [29] MU H, GAO H, CHEN H, et al. Study on the volatile oxidation compounds and quantitative prediction of oxidation parameters in walnut (*Carya cathayensis* Sarg.) oil[J/OL]. *Eur J Lipid Sci*, 2019, 121(6): 1800521 [2022-11-28]. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201800521>.
- [30] 温毓秀. 核桃油氧化过程标志物分析及抗氧化调控研究[D]. 陕西 杨凌: 西北农林科技大学, 2022.
- [31] 李书国, 李雪梅, 陈辉. 我国食用油质量安全现状、存在问题及对策研究[J]. *粮食与油脂*, 2005(12): 3–5.
- [32] CHOE E, MIN D B. Mechanisms and factors for edible oil oxidation[J]. *Compr Rev Food Sci F*, 2006, 5(4): 169–186.
- [33] 张建树, 王强, 刘红芝, 等. 脂肪酸、 V_E 、甾醇与植物油稳定性的关系研究进展[J]. *中国油脂*, 2011, 36(10): 38–41.
- [34] 朱冉, 周杰, 詹祎捷, 等. 不同温度和时间热加工处理对核桃油品质的影响[J]. *保鲜与加工*, 2015, 15(5): 47–51, 56.
- [35] RABADÁN A, ÁLVAREZ-ORTÍ M, PARDO J E, et al. Storage stability and composition changes of three cold-pressed nut oils under refrigeration and room temperature conditions[J]. *Food Chem*, 2018, 259: 31–35.
- [36] 毕艳兰. 油脂化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 60–90.
- [37] 陈洪建. 油脂热氧化脂氧自由基生成机制及极性甘油三酯聚合物自由基生成机制研究[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2019.
- [38] SAVAGE G P, DUTTA P C, MCNEIL D L. Fatty acid and tocopherol contents and oxidative stability of walnut oils[J]. *J Am Oil Chem Soc*, 1999, 9(76): 1059–1063.
- [39] 宋晓燕, 杨天奎. 天然维生素E的功能及应用[J]. *中国油脂*, 2000, 25(6): 45–47.
- [40] SOUPAS L, JUNTUNEN L, LAMPI A M, et al. Effects of sterol structure, temperature, and lipid medium on phytosterol oxidation[J]. *J Agric Food Chem*, 2004, 52(21): 6485–6491.
- [41] 王小清. 核桃杏仁调和油贮藏稳定性及氧化规律研究[D]. 长春: 吉林大学, 2020.
- [42] CROWE T D, WHITE P J. Oxidative stability of walnut oils extracted with supercritical carbon dioxide[J]. *J Am Oil Chem Soc*, 2003, 80(6): 575–578.
- [43] 江鑫. 食用油热加工过程中醛酮的形成机制[D]. 海口: 海南大学, 2019.

(上接第 37 页)

- [6] 林凤岩, 伊晓丽, 郭兴凤, 等. 醇法制备大豆浓缩蛋白大型智能化成套装备技术开发及产业化[J]. *中国油脂*, 2020, 45(4): 28–31.
- [7] 董季, 林凤岩. 醇法制备大豆浓缩蛋白工艺[J]. *中国油脂*, 2008, 33(6): 24–25.
- [8] 石彦国. 国内大豆分离蛋白产业现状与发展建议[J]. *食品与机械*, 2000(3): 25.
- [9] 金讯. 大豆蛋白行业发展前景广阔[J]. *中国油脂*, 2006, 31(10): 81.
- [10] 郑恒光, 杨晓泉, 唐传核, 等. 醇法大豆浓缩蛋白加工工艺及实践[J]. *中国油脂*, 2007, 32(4): 26–28.
- [11] CHAJUSS D. Soy protein concentrate: processing, properties and prospects[J]. *Inform*, 2001(12): 1176–1180.
- [12] 王少庸, 费英敏. 植物拉丝组织蛋白在红肠中的应用研究[J]. *大豆科技*, 2011(4): 54–55.
- [13] 孙月梅, 郝晓亮, 江连洲, 等. 大豆组织蛋白素食肉块的研制[J]. *大豆通报*, 2007(2): 23–25.
- [14] 王笛, 迟玉杰. 大豆组织蛋白丸子配方的优化研究[J]. *食品工业科技*, 2011(9): 110–115.
- [15] 王瑞元. 创新抢占大豆蛋白开发利用的至高点[J]. *中国油脂*, 2021, 46(3): 1–2.
- [16] 杨文. 添加剂对组织化小麦蛋白理化性质及结构影响的研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2017.