

HACCP 体系在大豆组织蛋白生产中的应用

董 萍^{1,2}, 吴 韬³, 郑晓杰⁴, 王月华¹, 程宏雪¹, 冯叙桥^{1,2}

(1. 沈阳农业大学 食品学院, 辽宁 沈阳 110866; 2. 渤海大学 食品科学研究院/辽宁省食品安全重点实验室, 辽宁 锦州 121013; 3. 中国农业科学院 农产品加工研究所, 北京 100193; 4. 石家庄以岭药业股份有限公司, 河北 石家庄 050035)

摘 要:依据 HACCP 体系的原理,对大豆组织蛋白生产加工的各个工艺步骤进行危害分析,并确立了原料验收、挤压膨化、干燥、包装四个关键控制点,通过试验的结果和生产情况建立了各关键点的限制、监控和纠偏措施,从而提高了大豆组织蛋白产品的质量和安全性。结果表明:HACCP 体系在大豆组织蛋白产品微生物控制方面具有很好的效果,大肠菌群及菌落总数明显降低,没有检出致病菌,产品一次合格率达到 97.8%,该体系值得在大豆组织蛋白生产中推广应用。

关键词:大豆组织蛋白;HACCP 体系;食品安全

中图分类号:TQ645.9

文献标识码:A

DOI:10.11861/j.issn.1000-9841.2014.06.0903

Application of HACCP in Textured Soy Protein Processing

DONG Ping^{1,2}, WU Tao³, ZHENG Xiao-jie⁴, WANG Yue-hua¹, CHENG Hong-xue¹, FENG Xu-qiao^{1,2}

(1. College of Food Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China; 2. Food Science Research Institute of Bohai University, Food Safety Key Lab of Liaoning Province, Jinzhou 121013, China; 3. Institute of Agro-products Processing Science and Technology, CAAS, Beijing 100193, China; 4. Shijiazhuang Yiling Pharmaceutical Co., Ltd, Shijiazhuang 050035, China)

Abstract: Based on the principle of HACCP system, potential hazards associated with the processing of textured soy protein and measures to control those hazards were identified. Four critical control points were identified, including the checking of raw materials, extrusion, drying and packing. Critical limits and procedures to monitor the critical control points were established in order to ensure food safety of the textured soy protein processing. The results showed that HACCP system is vital to control the microbial population in textured soy protein products well, enumeration of coliforms and aerobic plate count decreased significantly, pathogenic bacteria was not found, qualified rate up to 97.8%, and it is deserved to be popularized on textured soy protein products.

Key words: Textured soy protein; HACCP system; Food safety

大豆组织蛋白(textured soy protein, TSP)是由低温豆粕或大豆浓缩蛋白、分离蛋白为原料,在剧烈地搅拌、挤压、剪切、膨化等物理、化学作用下,使蛋白质分子某种程度的定向排列,再经膨化凝固,形成纤维状的大豆蛋白制品。目前中国对大豆组织蛋白的需求良好,企业数目较前几年显著增加,国内大豆组织蛋白生产企业超过 50 家。山东省和河南省作为大豆的主产区,一方面原料资源丰富,采购价格相对较低,为企业的发展提供了有利的平台;另一方面,便捷的运输不仅降低了企业的物流成本而且促进了企业的国际化发展。但随着市场竞争的日益激烈,进一步提高产品的品质,保证产品的竞争力是大豆组织蛋白企业普遍面临的难题^[1-2]。

传统的大豆组织蛋白作为食品添加剂主要用于肉制品的加工,取代一部分原料肉,降低肉制品

的成本。但随着大豆组织蛋白加工工艺的改进,大豆组织蛋白作为一种健康烹饪食材逐渐走进人们的餐桌。因此消费者对大豆组织蛋白的营养和安全性也提出更高的要求。与产品质量相关的各环节,如贮藏、包装、销售运输都应加强对产品卫生和质量的管理。

HACCP(Hazard Analysis Critical Control Point, 危害分析及关键控制点)体系以预防为主,将可能发生的潜在危害消除在生产过程中,避免产生整批次的不合格产品。该体系具有科学、简便、实用等特点,在食品行业中得到了广泛的应用和发展^[3-7]。

目前关于大豆组织蛋白 HACCP 体系的研究比较少,而该体系应用效果的研究更是鲜见报道。由于大豆组织蛋白可能会在复水后直接食用,故其微生物的指标控制相当重要。本试验以应用了两年 HACCP 体系的大豆组织蛋白企业为实例,总结了

收稿日期:2014-03-13

基金项目:国家自然科学基金(30972064);辽宁省科技厅重点项目(2008205001);渤海大学人才引进基金(BHU20120301)。

第一作者简介:董萍(1985-),女,博士,主要从事农产品贮藏与加工研究。E-mail:lnbf_dongping@163.com。

通讯作者:冯叙桥(1961-),男,博士,教授,主要从事农产品贮藏与加工工程研究。E-mail:feng_xq@hotmail.com。

HACCP 在大豆组织蛋白生产中的关键点及关键限制策划,并对执行 HACCP 体系前后的微生物情况进行研究,以此说明和验证 HACCP 体系对大豆组织蛋白质量安全的控制效果。

1 大豆组织蛋白生产工艺流程和操作要点

1.1 大豆组织蛋白生产工艺流程

首先建立生产工艺流程图(图2),然后对各工序中的各个环节进行危害分析,建立关键控制点,分析各控制点对产品质量的影响,并制定相应的预防和控制措施。通过主动对源头控制,确保大豆组织蛋白生产质量控制措施不发生偏差,消除可能对该产品造成潜在危害的因素,以确保产品的质量安全。

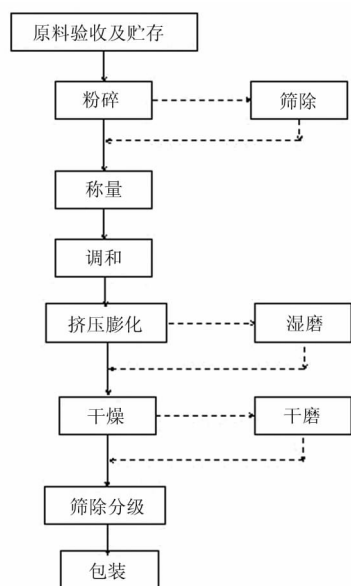


图2 大豆组织蛋白生产工艺流程图

Fig.2 The process flow chart of textured soy protein

1.2 操作要点

1.2.1 原料的选择 大豆分离蛋白、大豆浓缩蛋白、谷朊粉、淀粉、低温脱脂豆粕等均可用于大豆组织蛋白的生产。原料的选择至关重要,不同的原料对于产品的膨化有很大的影响。单从挤压工艺的角度来看,蛋白的溶解度越高,含脂量越少的原料越好。一般要求原料蛋白质含量 $>50\%$, NSI(氮溶解指数)在 60% 左右,粗脂肪 $<1.5\%$,纤维含量 $<3.5\%$,水分 $<10\%$ 。

1.2.2 粉碎 为了保证物料在调质和膨化过程中混合充分,同时也为了保证在混合物料中大颗粒物堵塞挤压膨化机的冲模,一般要求将原料粒度调

整到100目。

1.2.3 调和 加水是调和工序的关键步骤,加水量需要根据原料、季节、机型的不同而变化。通常料水比为 $20:(13\sim15)$ 条件下,吸水率最大,剪切力最大,吸水率越高,大豆组织蛋白的弹性和韧性越高;剪切力越大组织化程度越好,且产品成形度较好,色泽亮黄均匀。

1.2.4 挤压膨化 挤压膨化是大豆组织蛋白生产的核心,除了要选好机型、水分和原料外,温度也是大豆组织蛋白膨化过程中的一个很重要的影响因素,温度的高低影响着膨化区内的压力大小,影响组织蛋白的结构好坏。产品温度一般控制在 $130\sim150^{\circ}\text{C}$,低于 130°C 的产品有生味感,且不易成丝。

1.2.5 干燥 常用的干燥方法有流化床干燥、鼓风干燥、真空干燥等。产品的最终水分一般控制在 10% 以下。

2 大豆组织蛋白的 HACCP 体系

2.1 危害分析

危害分析是对生产过程的每个加工步骤分析,来识别可能对人体造成伤害的各种因素^[8-9]。大豆组织蛋白加工过程中危害主要来自生物、化学和物理方面。生物性危害包括致病菌、霉菌等,容易对人体健康造成伤害,引发食源性感染和食源性中毒等;化学危害是指农药残留、重金属污染、人为添加的污染物等;物理性危害指产品中发现的不正常有害异物,如金属、石头、毛发等。结合大豆组织蛋白的加工工艺流程,分别从以上三方面进行全过程的危害分析,结果见表1。

关键限值是指在某一关键控制点上将物理、生物的、化学的参数控制到最大或最小水平。关键限值应该具备以下特点:直观,易于监测,保证产品质量安全,出现少量偏离时即可采取纠正措施,不违背法律法规。例如将微生物限度作为一个生产过程中的关键限值就是不合适的,因为很难快速监测微生物指标,确定偏离限值的检测可能需要几天,当发现微生物超标时已经造成了对产品的污染,所以不符合易于监测的特点^[12-14]。

确定关键控制点和关键限值后,为保障 HACCP 体系的有效运行,必须在关键控制点上实施有效的监控,如偏离了限制需进行纠正行动,并将结果记录,具体过程见表2。

表 1 大豆组织蛋白生产的危害分析

Table 1 The harmful analysis of textured soy protein processing

加工步骤 Process steps	潜在危害 Potential hazards	危害显著性 Significance of hazards	显著危害的 判断依据 Reasons of significant hazards	防止显著危害的 预防措施 Preventive measures	关键控制点 Critical control point
原辅材料验收 Raw materials receiving	生物:微生物	否 No	原料营养丰富容易受微生物污染	检验原料合格证;后道工序灭菌可以杀灭或抑制有害菌的生长	否 No
	物理:金属、毛发等异物	否 No	原料中混入	抽检发现不合格品退货;后续工艺筛除	否 No
	化学:重金属超标、其他非法添加剂	是 Yes	原料的生长环境、贮藏条件、非法添加	加强原料验收,选择合格的供应商,要求供应商提供检验报告,严格按照采购标准进行检验,不合格品拒收	是 Yes
原料贮存 Raw materials storage	生物:如原料贮存不当,易造成微生物污染	否 No	仓库的贮存管理,温度、湿度、卫生等条件	加强仓库管理;先入先出	否 No
	物理:无	否 No			
	化学:无	否 No			
混合配料 Mixing	生物:微生物污染	否 No	称量工具、容器、环境中的致病菌污染	通过 SSOP 控制;后续有杀菌工艺	否 No
	物理:配料不准、混合不均匀	是 Yes	称量不准确,混合时间不充足	按工艺要求准确称量;称量仪器定期复核校准	否 No
	化学:食品添加剂的不规范使用	否 No	所使用的添加剂对人体危害不大	符合食品添加剂使用规范,不得超量超范围添加	否 No
挤压膨化 Extrusion	生物:微生物污染	否 No	操作人员带入及环境污染	SSOP 控制,严格操作规程;高温灭菌	否 No
	物理:温度控制不当,产品成型不好	是 Yes	温度过高或过低都会导致产品成型不好	加强工艺监控,发现产品成型不好及时调整	是 Yes
	化学:清洗剂	否 No	设备清洗不当,管道中清洗剂的残留		否 No
干燥 Drying	生物:微生物	是 Yes	水分过高,易导致产品在贮存过程中微生物超标	准确控制水分含量	是 Yes
	物理:无				
	化学:无				
包装 Packaging	生物:微生物	是 Yes	操作人员带入	通过 SSOP 控制	是 Yes
	物理:金属异物	是 Yes	原料或者生产过程中带入	通过金属探测器检验	是 Yes
	化学:包装材料污染,有毒物质迁移	是 Yes	不符合与食品直接接触包装材料要求的,可能造成有毒物质的迁移	加强原辅料验收	是 Yes

表 2 大豆组织蛋白生产的 HACCP 工作计划表
Table 2 The work schedule of HACCP for textured soy protein processing

关键控制点 Critical control point (CCP)	显著危害 Significant hazards	临界极限 Critical limits	控制方法 Control method				纠正措施 Corrective actions	记录 Records	检验措施 Verification
			对象 Object	方法 Method	频率 Frequency	人员 Staff			
原料及包装材料接收 Raw materials receiving CCP1	重金属污染、非法添加	符合《大豆组织蛋白原料验收标准》	供应商原料品质	感官检验检测索要质检报告	1. 每年进行一次供应商选定 2. 每批原料由生产企业提供检验报告	采购人员 品控人员	1. 不合格品拒收,有可接受缺陷的改进后再用 2. 无法达到要求,解除供货合同	1.《合格供方名单》 2.《原辅料接收记录》	审核每批原料检验记录;定期委托三方机构检测
挤压膨化 Extrusion swelling CCP2	温度控制不当影响产品质量	第一区段 80~90℃, 第二区段 90~120℃, 第三区段 130~150℃, 第四区段 30~40℃	加热区的温度	观察	1. 随时观察各区段温度情况 2. 每半小时观察一次挤压后产品的成型情况	操作人员	1. 发现温度超出限制,立即调整	1.《设备运行记录》	审核设备运行记录
干燥 Drying CCP3	微生物污染	分区段控温;干燥后的水分含量控制 ≤10%	干燥时间、温度、产品水分含量	观察、检测	1. 随时观察 2. 仪器检测 每小时抽检一次,每月验证	操作人员 品控人员	1. 发现时间和温度超出限制,立即调整 2. 水分超标批次进行二次干燥	1.《设备运行记录》 2.《检测记录》 3.《校验记录》	审核设备运行记录;计量仪表定期检测;定期送品控部验证
包装 Packaging CCP4	金属	成品中不能出现 ≥0.8 mm 的铁屑	金属异物	金属探测仪	1. 每批次成品 2. 连续加工每小时进行一次校准	操作人员	1. 发现金属异物立即清理 2. 查找并消除异物来源,防止再次污染	1.《金属探测仪校检测记录》 2.《金属探测仪校准记录》	审核金属检测记录和校准记录

2.2 确定关键控制点 (CCP) 和关键限制策划,制定 HACCP 计划表

关键控制点是指食品安全危害能被控制的,能预防、消除或降低到可接受水平的一个点、步骤或过程^[10]。每一个显著危害都应有一个或多个控制点来控制,正确的设置关键控制点,才能保证 HACCP 体系的完整和科学^[11]。根据 CCP 判断树(图 3)及工作中的实际生产经验确定了大豆组织蛋白生

产中的 4 个关键控制点:CCP1 原料及包装材料接收、CCP2 挤压膨化、CCP3 干燥、CCP4 包装。

2.3 大豆组织蛋白生产过程中的质量控制

2.3.1 原辅料及包装材料 所有原辅材料都购于经过认可的供应商,每批进货都必须提供检验合格证明,原辅材料经检验合格后,方可办理入库手续。由品控人员进行抽样检测,对于不合格品拒收。

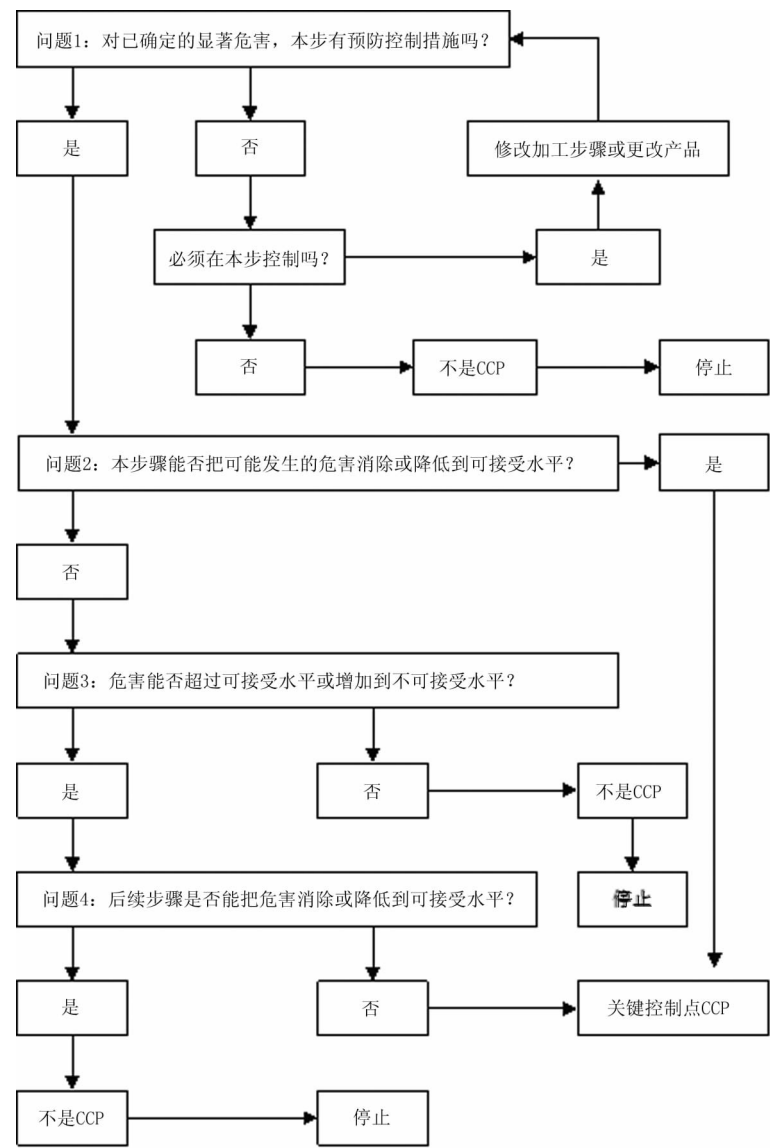


图3 CCP 判断树

Fig.3 CCP decision tree

2.3.2 挤压膨化 除了温度的控制外,进料量要与轴转速相配合,特别注意不能空料,造成产品不均一、喷爆、焦糊。

2.3.3 干燥 膨化后的产品进入干燥冷却器,干燥时间和温度可以调节,温度控制分四个区段,第一区段 35 ~ 40℃,第二区段 115 ~ 120℃,第三区段 90 ~ 100℃,第四区段 85 ~ 90℃。一般干燥后,物料的水分含量在 10% 以下。

2.3.4 包装 由于生产过程中器具、设备破损、脱落等原因,很可能造成金属异物的混入,对人体产生严重危害,需要在包装时加设金属探测器进行探测监控,防止危害发生。

3 大豆组织蛋白 HACCP 体系运行效果

3.1 样品

样品来源:辽宁博丰集团执行 HACCP 体系前

后不同批次大豆组织蛋白产品随机抽样所取得的样品;按 GB/T2828《计数抽样检验程序》进行抽样。

以菌落总数、大肠菌群及致病菌为指标,以(2011 年 9 ~ 10 月份生产批号和 2013 年 9 ~ 10 月份生产批号)产品为例对执行 HACCP 体系前后的大豆组织蛋白产品进行抽样检测。

3.2 检验结果

与没有实施 HACCP 体系相比,经过 2 年的 HACCP 体系的运行,该企业在微生物控制方面取得了比较显著的效果:菌落总数明显降低、大肠菌群降低,致病菌未检出。以 2011 年 9 ~ 10 月份和 2013 年 9 ~ 10 月份的部分批次为例(表 3 和表 4),比较 HACCP 实施前后各批次成品的微生物指标。

如表 5 所示,产品一次性合格率得到提高,不良信息反馈和市场投诉率均得到了下降。

表 3 2011 年不同批次大豆组织蛋白产品的检测结果 (HACCP 体系实施前)

Table 3 The tests results of textured soy protein in 2011 (before applying HACCP)

时间 Time (Year-Month-Day)	批次 Lots	致病菌 Pathogenic bacteria	大肠菌群 <i>E. coli</i> /MPN·100g ⁻¹	细菌总数 CFU Total bacteria amount/CFU·g ⁻¹
2011-09-05	LNBF2011090501	未检出 Not detected	<30	9000
2011-09-12	LNBF2011091201	未检出 Not detected	<30	9100
2011-09-19	LNBF2011091901	未检出 Not detected	<30	7000
2011-09-26	LNBF2011092601	未检出 Not detected	<30	7200
2011-10-09	LNBF2011100901	未检出 Not detected	30	11000
2011-10-16	LNBF2011101601	未检出 Not detected	<30	10000

表 4 2013 年不同批次大豆组织蛋白产品的检测结果 (HACCP 体系实施后)

Table 4 The tests results of textured soy protein in 2013 (after applying HACCP)

时间 Time (Year-Month-Day)	批次 Lots	致病菌 Pathogenic bacteria	大肠菌群 <i>E. coli</i> /MPN·100g ⁻¹	细菌总数 CFU Total bacteria amount/CFU·g ⁻¹
2013-09-05	LNBF2013090501	未检出 Not detected	<30	1800
2013-09-12	LNBF2013091201	未检出 Not detected	<30	1600
2013-09-19	LNBF2013091901	未检出 Not detected	<30	2600
2013-09-26	LNBF2013092601	未检出 Not detected	<30	2000
2013-10-10	LNBF2013101001	未检出 Not detected	<30	1900
2013-10-17	LNBF2013101701	未检出 Not detected	<30	900

表 5 HACCP 实施前后对比表

Table 5 Comparison of product before and after applying HACCP

项目 Items	2011 年 HACCP 实施前 Before HACCP implementation(2011)	2012 年 HACCP 实施后 After HACCP implementation(2012)	2013 年 HACCP 实施后 After HACCP implementation(2013)
生产总批次 Total lots	122	145	136
产品一次合格率 Qualified rate/%	95.1	97.2	97.8
年不良信息反馈 Adverse information feedback per year	11	4	3
市场投诉率 Customer complaint rate/%	10.3	0	0

企业在建立和实施 HACCP 体系的过程中员工食品安全的意识有所增强,卫生操作更加规范,同时使得企业的管理进一步文件化、制度化和系统化。包装车间操作人员的手样抽检结果见图 4,车间操作工经过 HACCP 体系和卫生操作规范的培训,加强了手的清洗和消毒,包装时手的卫生状况有很大提高。

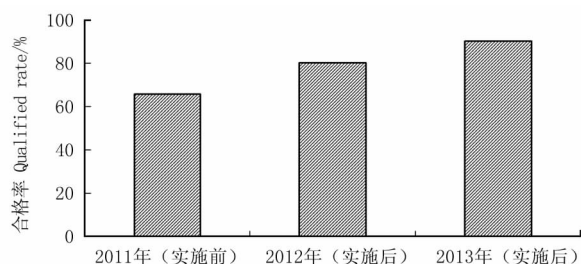


图 4 HACCP 体系实施前后包装车间操作人员手样的合格率

Fig. 4 The qualified rate of packaging workshop operators hand samples before and after applying HACCP

4 结 论

该企业经过两年 HACCP 体系的运行,各方面都有了很大的提高:菌落总数和大肠菌群检测结果明显降低,致病菌未检出。产品的一次合格率有了很大提高达到 97.8%,产品的不良信息反馈有所下降。同时降低了市场的投诉率,减少了大量重复检验的成本。通过实例证实了 HACCP 体系能够减少企业管理中的盲点,提高企业的质量安全管理水平。

参考文献

- [1] 李新华,张振. 大豆组织蛋白在仿生火腿肠加工中的应用[J]. 食品科学,2010,31(6):105-108. (Li X H, Zhang Z. Application of textured soybean protein in vegetarian sterilized ham sausage processing[J]. Food Science, 2010, 31(6):105-108.)
- [2] 雷继鹏,田少君,李晓霞. HACCP 在大豆分离蛋白生产工艺中应用[J]. 粮食与油脂,2003(8):22-23. (Lei J P, Tian S J, Li X X. Application of HACCP to the preparation of SPI[J]. Journal of Cereals & Oils, 2003(8):22-23.)
- [3] Damikouka I, Katsiri A, Tzia C. Application of HACCP principles in drinking water treatment[J]. Desalination, 2007, 210:138-145.

- [4] Wang D, Wu H N, Hu X T, et al. Application of hazard analysis critical control points (HACCP) system to vacuum-packed sauced pork in Chinese food corporations[J]. Food Control, 2010, 21: 584-591.
- [5] 万娟, 钟国才, 陈威, 等. HACCP 体系在稻米加工中的应用[J]. 现代食品科技, 2012, 28(4): 445-448. (Wan J, Zhong G C, Chen W, et al. Application of HACCP system in rice production [J]. Modern Food Science and Technology, 2012, 28(4): 445-448.)
- [6] 刘志扬, 闫炳震, 王敏. HACCP 体系在复合维生素生产的应用[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(5): 210-212. (Liu Z Y, Yan B Z, Wang M. Application of HACCP system in the production of compound vitamin[J]. Food Research and Development, 2012, 33(5): 210-212.)
- [7] 庄沛锐, 丛懿洁, 孙为正, 等. HACCP 在果蔬肉脯加工工艺中的应用[J]. 现代食品科技, 2013, 29(6): 1437-1441. (Zhuang P R, Cong Y J, Sun W Z et al. Application of HACCP System in production of fruits and vegetables restructured jerky [J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(6): 1437-1441.)
- [8] Peter M H, Andrew M P. HACCP-based program for on-farm food safety for pig production in Australia[J]. Food Control, 2011, 22: 1674-1688.
- [9] Ema M S, Li B, Rodolfo Ramírez-Valverde, et al. Comparison of implementing HACCP systems of exporter Mexican and Chinese meat enterprises[J]. Food Control, 2014, 38: 109-115.
- [10] Yaovi Ameyapoh, Comlan de Souza, Alfred S T. Hygienic quality of traditional processing and stability of tomato (*Lycopersicon esculentum*) puree in Togo [J]. Bioresource Technology, 2008, 99: 5798-5803.
- [11] Kyung Ryu, Ki-Hwan Park, Ji-Young Yang, et al. Simple approach in HACCP for evaluating the risk level of hazards using probability distributions[J]. Food Control, 2013, 30: 459-462.
- [12] 林真, 林梅西, 陈梅英, 等. HACCP 体系对出口速冻毛豆微生物的控制效果研究[J]. 食品科学, 2007, 28(12): 222-225. (Lin Z, Lin M X, Chen M Y, et al. Study on microbial control effect of HACCP system on quick-frozen green soy bean[J]. Food Science, 2007, 28(12): 222-225.)
- [13] Samira S, Gilles S, Patrick G. A swot analysis of HACCP implementation in Madagascar [J]. Food Control, 2010, 21(3): 253-259.
- [14] 魏强华, 余春茹, 邓桂兰. HACCP 体系在椰子汁饮料加工中的应用[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(3): 103-106. (Wei Q H, Yu C R, Deng G L. Application of HACCP system to the processing of coconut milk beverage [J]. Food Research and Development, 2013, 34(3): 103-106.)

(上接第 902 页)

- [5] Purdy L H. Symposium on *Sclerotinia*. The seventh annual meeting of the American Phytopathological Society [J]. Phytopathology, 1978, 69(8): 857-880.
- [6] Boland G J, Hall R. Evaluating soybean cultivars for resistance to *Sclerotinia sclerotium* under field conditions[J]. Plant Disease, 1987, 71: 934-936.
- [7] Chun D, Kao L B, Lockwood J L, et al. Laboratory and field assessment of resistance in soybean to stem rot caused by *Sclerotinia sclerotium*[J]. Plant Disease, 1987(7): 811-815.
- [8] Cline M N, Jacobsen B J. Methods for evaluating soybean cultivars for resistance to *Sclerotinia sclerotium*[J]. Plant Disease, 1983, 64: 784-786.
- [9] 王金生, 于安亮, 徐鹏飞, 等. 栽培大豆种质资源对大豆菌核病的抗性评价[J]. 大豆科学, 2009, 28(6): 1054-1057. (Wang J S, Yu A L, Xu P F, et al. Identification of resistance to *Sclerotinia sclerotium* in soybean germplasm [J]. Soybean Science, 2009, 28(6): 1054-1057.)
- [10] 宋淑云, 张伟, 刘影, 等. 大豆品种对大豆菌核病 (*Sclerotinia sclerotium*) 的抗性分析[J]. 吉林农业科学, 2009, 34(3): 30-32. (Song S Y, Zhang W, Liu Y, et al. Analysis on resistance of soybean varieties to *Sclerotinia sclerotium* [J]. Jilin Agricultural Science, 2009, 34(3): 30-32.)
- [11] Arahana S, Grac G L, Kent M, et al. Identification of QTL for resistance to *Sclerotinia sclerotium* in soybean [J]. Crop Science, 2001, 41: 180-188.
- [12] Chen Y, Wang D. Two convenient methods to evaluate soybean for resistance to *Sclerotinia sclerotium*[J]. Plant Disease, 2005, 12: 1268-1272.
- [13] Diers B W, Kopsch-Obuch F J, Wang D C, et al. Registration of AxN-1-55 soybean germplasm with partial resistance to *Sclerotinia* stem rot [J]. Crop Science, 2006, 46: 1403-1404.
- [14] Wang D, Diers B W, Boyse J. Registration of Skylla soybean [J]. Crop Science, 2006, 46: 974-975.
- [15] 王金生. 大豆菌核病菌遗传多样性分析、抗病资源筛选及抗病基因的 QTL 定位[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2009. (Wang J S. Analysis of genetic diversity of *Sclerotinia sclerotium*, screening on resistant resources, and QTL mapping for tolerance gene [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2009.)
- [16] 矫洪双, 程志明, 许修宏, 等. 大豆对菌核病室内抗性鉴定方法研究[J]. 大豆科学, 1996, 15(4): 296-297. (Jiao H S, Cheng Z M, Xu X H, et al. Studies on the methods of evaluating varietal resistance of soybean to *Sclerotinia* rot under laboratory conditions [J]. Soybean Science, 1996, 15(4): 296-297.)
- [17] 申宏波, 丁俊杰, 孙文鹏, 等. 黑龙江省大豆种质对菌核病的抗病资源筛选[J]. 东北农业大学学报, 2012, 43(4): 136-140. (Sheng H B, Ding J J, Sun W P, et al. Screening of soybean germplasm of tolerance to *Sclerotinia sclerotium* in Heilongjiang province [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2012, 43(4): 136-140.)
- [18] 韩粉霞, 韩广振, 孙君明, 等. 44 份大豆微核心种质抗菌核病鉴定与评价[J]. 作物学报, 2013, 39(10): 1783-1790. (Han F X, Han G Z, Sun J M, et al. Resistance to *Sclerotinia* stem rot in 44 accessions from soybean mini core collection [J]. Acta Agronomica Sinica, 2013, 39(10): 1783-1790.)
- [19] 吴征彬, 郭介华, 冯纯大, 等. 棉花对枯、黄萎病的抗性研究[J]. 华中农业大学学报, 1998, 17(1): 1-5. (Wu Z B, Guo J H, Feng C D, et al. Studies on cotton resistance to *Fusarium* and *Verticillium* wilt [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 1998, 17(1): 1-5.)