

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2016.04.003

文章编号:2095-6002(2016)04-0012-06

引用格式:赵久然,刘月娥.玉米及其制品质量安全风险及控制[J].食品科学技术学报,2016,34(4):12-17.



ZHAO Jiuran, LIU Yue'e. Safety risk and its control of corn and corn products[J]. Journal of Food Science and Technology, 2016, 34(4): 12-17.

玉米及其制品质量安全风险及控制

赵久然, 刘月娥

(北京市农林科学院玉米研究中心, 北京 100097)

摘要:玉米是全世界也是我国种植范围最广、总产量最大、用途最多的粮食作物。玉米按收获物和用途可分为籽粒用玉米、鲜食玉米、青贮玉米等3类,其中籽粒用玉米是我国玉米的主要产品。指出我国籽粒用玉米及其制品在质量安全方面存在的主要问题是真菌毒素污染,同时也在一定程度上存在农药残留和重金属污染等问题,并从玉米育种和作物栽培等方面给出相应的控制对策:1)选育并推广抗病虫害的玉米新品种,积极采取措施预防和防治病虫害。2)选育并推广脱水快、成熟度好、利于籽粒直收的玉米品种,规范玉米籽粒晾晒及储存过程。3)完善相关标准体系和检测体系。4)综合防治病虫害,合理规范使用杀虫剂、杀菌剂、除草剂,生物防治为主,化学防治为辅,使用低毒农药。5)加强标准农田建设,减少面源污染,降低重金属在玉米中吸收和积累。

关键词:玉米;玉米制品;质量安全;多抗玉米品种;京科968

中图分类号:TS213.4

文献标志码:A

玉米是全球第一大粮食作物,总产量和单产量居粮食作物之首。近年全球每年玉米种植面积20亿亩($1.3 \times 10^6 \text{ km}^2$)以上、总产量已达10亿t。在保障世界粮食安全方面,玉米的作用意义重大。我国是全球第二大玉米生产国和消费国,总产量占全球玉米总产量的20%以上。2015年我国玉米的总产量和种植面积分别为2.25亿t和5.72亿亩($3.8 \times 10^5 \text{ km}^2$),远高于水稻和小麦,居我国粮食作物之首;玉米按收获物和用途可分为籽粒用玉米、鲜食玉米、青贮玉米等3大类,其中籽粒用玉米是我国玉米的主要产品。近年来,大约我国籽粒用玉米总产量的10%作为口粮,68%作为饲料,20%以上作为工业加工原料。玉米产量已成为影响我国粮食供求和畜牧业发展的重要因素。同时,玉米及其制品的质量与安全事关我国农业的可持续发展和国民健康^[1]。

我国玉米籽粒的质量因受到土壤状况^[2]、病虫害、环境条件(光、温、水等)^[3]及收获和仓储条件^[4]

的影响,质量安全面临诸多问题,其中最主要的问题是真菌毒素污染,同时也在一定程度上存在着农药残留和重金属污染等问题。本文对上述几个方面存在的问题进行综述,并从玉米育种和栽培等角度针对玉米及其制品中存在的质量安全问题进行对策分析,对提高我国玉米及其制品质量、保证我国玉米的可持续发展和人畜健康具有重要意义。

1 真菌毒素污染现状及控制对策

1.1 真菌毒素的污染现状

真菌毒素是农产品的首要天然污染物,具有极强的致病性,不仅造成原粮减产和品质降低,对食用被真菌毒素污染食品和饲料的人畜也会造成很大危害^[5-10],由其引起的食源性疾病和食品贸易争端一直是全球关注的热点^[11],是影响玉米及其制品质量安全的最主要因素。据世界粮农组织估计,世界范围内有25%的农作物不同程度受真菌毒素的污

染^[12]。对我国玉米及其制品而言,由于受环境因素、收获及仓储条件的影响,玉米及其制品受到真菌毒素的影响较为严重。

国内针对玉米黄曲霉毒素、伏马毒素、呕吐毒素和玉米赤霉烯酮等真菌毒素对玉米及其制品的污染现状做了较多研究。陈必芳等^[13]从全国104个饲料加工厂和饲养场采集饲料样品627份,对我国饲料霉变现状进行调查。调查结果表明,配合饲料及饲料原料污染率均分别高达100%和99%。高秀芬等^[14]对吉林、河南、湖北、四川、广东、广西的279份玉米样品的黄曲霉毒素进行检测,检出率为75.63%。戴玉瑞^[15]在河南省的鹤壁、濮阳、信阳、南阳、郑州以及驻马店采集25份玉米样品,发现伏马毒素的阳性检出率高达100%,其次是呕吐毒素84%,玉米赤霉烯酮80%,黄曲霉毒素B1 71%。伏马毒素、呕吐毒素、黄曲霉毒素B1和玉米赤霉烯酮均有不同程度的超标,超标率分别为96%,36%,25%和20%。敖志刚等^[16]对我国14个省市玉米样品的霉菌污染状况进行检测,发现黄曲霉毒素、玉米赤霉烯酮及呕吐毒素的检出率分别为82.0%,81.8%和100%,超标率分别为2.6%,36.4%和72.7%。对我国饲料原料和配合饲料中玉米赤霉烯酮进行检测,检出率高达100%,超标率为23.21%~40%^[17-19]。伏马毒素的检出率分布在19.2%~85.7%^[20-21],其中山东和河南地区检出率较高,宁夏地区检出率较低^[19]。甄阳光等^[22]对我国7个地区11个省份的饲料原料及配合饲料样品中呕吐毒素含量进行检测,发现北方地区(西北、东北、华北)呕吐毒素污染情况较南方地区(西南、华南)严重;饲料原料中玉米的呕吐毒素含量和超标率较其他原料高,检出率为97.9%~98.8%,超标率为34.5%~57.6%。北京地区玉米呕吐毒素的检出率和超标率分别为92.9%和57.1%^[23]。

1.2 控制对策

1.2.1 选育推广抗病虫害的新品种,积极采取预防措施和防治病虫害

串珠镰孢是一种世界性的植物病原菌,在环境条件适宜时可侵染玉米植株,引发根腐病、茎腐病和穗粒腐病,玉米镰孢菌穗粒腐病原的串珠镰孢是通过花丝进入穗内,籽粒表皮破裂或其他伤口都可以增加病菌的侵染。所以,受过虫害的原粮玉米容易受到霉菌的侵害,加重真菌毒素的污染,含有较高水平的真菌毒素^[21]。并且,玉米穗粒腐病的病菌导

致伏马毒素、呕吐毒素和玉米赤霉烯酮的大量发生^[24-25],严重影响我国玉米及其制品的安全,所以玉米的生产过程中病虫害的防治至关重要。

1) 选育并推广抗病虫害的玉米新品种。为了保证玉米的高产稳产性、对不良逆境因子的抵抗性及真菌毒素抗性,应该加强对综合性优良玉米品种的选择,选育并推广抗病虫害的玉米新品种是保证玉米及其制品质量安全的重要途径。但是我国在这方面的玉米新品种更新换代步伐相对滞后,我们可以通过常规育种、DH单倍体育种、诱变育种、分子标记辅助育种和转基因育种等技术选育高产、稳产、广适、多抗的玉米新品种,特别是抗多种病虫害的品种。于艳秋等^[26]研究发现,Bt玉米不但能够抗玉米螟,同时在农田研究中也发现Bt玉米对串珠镰孢霉菌感染也具有一定抗性,并且含有较低水平的伏马毒素。而未来转基因育种的主要发展方向除关注抗病虫害玉米品种的选择,更应集中在转基因技术本身的安全性、功能基因组研究、载体构建、遗传转化体系的优化和改善及多基因叠加的复合性状转基因玉米的选择等。

2) 积极采取措施预防和防治病虫害。除选育并推广抗病虫害的玉米新品种外,还应积极采取措施预防和防治病虫害。在玉米播种时,玉米种子尽量用种衣剂包衣,种衣剂具有防虫抗病、增产增收的作用,尤其对苗期害虫,玉米丝黑穗病等,具有良好的防治效果。通过种子包衣减少玉米的病虫害,从而减少真菌污染,提高玉米质量。在玉米整个生长发育期间应密切关注病虫害的动态变化,大力开展科学防灾减灾工作,积极推广抗病虫品种,本着“预防为主,综合防治;生物防治为主,化学防治为辅”的原则,依靠生产条件的改善和科技的进步减少玉米病虫害损失以及对玉米籽粒的感染,并及时准确做好预测预报工作。

1.2.2 选育并推广脱水快、成熟度好、利于籽粒直收的品种,规范籽粒晾晒及储存过程

玉米收获和晾晒过程的温度和湿度是影响真菌毒素的主要因素,若收获季晾晒过程遭遇阴雨天气,空气湿度过大,会加重真菌毒素的污染,所以一定要严格控制玉米收获、晾晒和储存时玉米籽粒的水分含量,从而减少玉米籽粒受真菌毒素污染的机会。

1) 选育并推广脱水快、成熟度好、利于籽粒直收的玉米品种。玉米收获及晾晒过程的气候条件对玉米籽粒的质量影响巨大,以往我国玉米的收获主

要是以人工收获和机械收穗为主,收获持续时间及晾晒时间都较长,增加了玉米籽粒感染真菌毒素的机会。现在农业部正在大力推广机械直收籽粒技术,但是,当前我国玉米主产区玉米品种在收获时普遍含水量较高、籽粒破损率较大,极易感染真菌毒素,缺乏丰产稳产性好、耐密抗倒性好、成熟度好、适宜机械直收籽粒的优良玉米品种。因此,我们应加强选育并推广脱水快、成熟度好、利于籽粒直收的玉米品种,并结合不同的玉米生态区,合理品种配置,优化玉米生产品种布局,最终缩短玉米收获及晾晒时间,减小气候因素对玉米籽粒质量的影响,最终提高玉米籽粒质量。例如,玉米品种京科968,具有成熟时籽粒含水量低、脱水快的特点。与相同生育期品种郑单958相比,京科968生理成熟时的含水量和脱水速率都显著低于郑单958,适于机械直收籽粒。

2) 玉米籽粒晾晒及储存过程的规范。在玉米晾晒的过程中,应注意通风、清洁,减少霉变籽粒的产生、真菌毒素的污染以及杂质的掺入。有条件的可以使用烘干设备,但是烘干温度不能过高,容易产生玉米爆腰和烘糊粒,在操作时,籽粒被加热的温度不宜超过 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$,介质温度不超过 $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[27]。在玉米储存时要严格控制籽粒含水量,一般要求玉米籽粒的水分含量 $\leq 14\%$ 。

1.2.3 完善相关标准体系和检测体系

1) 相关标准体系的完善。在我国,玉米质量的标准主要有3个,分别是最基础的玉米标准、饲用玉米标准和工业用标准,广泛地应用于商品玉米的收购、储存、运输、加工以及销售。为了玉米的质量安全,2009年我国发布了GB1353—2009《玉米》,2009年9月1日起开始实施。《玉米》新标准历经几次修订后仍以容重进行定等级,等级由原来的3级改为5级,并增加了等外级,完善了等级设定指标。同时我国还建立了饲用玉米、高油玉米等相应的国家标准,以及爆裂玉米、糯玉米、优质蛋白玉米、高淀粉玉米、高油玉米、甜玉米等相应的行业标准,完善了我国的玉米标准体系^[28]。

真菌毒素是农产品中一种主要的天然污染物,具有极强的致病性,对人畜造成极大的伤害^[5-10]。因此,加强从农田到餐桌各环节粮食中真菌毒素的监测,同时结合我国居民的膳食消费量进行风险评估,制定粮食制品中真菌毒素的限量标准将是未来的研究重点^[29]。鉴于真菌毒素对人体健康的危害,我国应加强相关标准体系的建设,对相应的有害物

质进行严格的限定并建立相应的法律法规,保证我国玉米及其制品的质量安全^[30-32]。

2) 相关检测体系的完善。在我国,为了保障玉米及其制品的安全,相关检测体系的完善在我国粮食产业中同样有着举足轻重的作用^[1]。例如,在我国粮食收购过程中,粮食的品质分级非常重要,而粮食物理特性指标检测是粮食品质评价的重要组成部分,检测指标一般包括品种分类、不完善粒、霉变粒、整精米率、出糙率以及容重等。粮食霉变不仅降低粮食的营养和商品价值,更重要的是影响粮食及其制品的可食性和安全性,并且有些霉菌还能产生有毒的二级代谢产物,严重影响粮食的品质安全,因此,将其作为粮食品质检测中的重要指标^[33]。

但我国粮食质量检验技术的基础研究和自主创新能力还很薄弱,还处在跟踪学习发达国家先进技术阶段。我国在粮食品质检测中大多采用简单低效的设备和主观的感官方法,现代检测方法在粮食品质的检验中应用较少,提高我国粮食质量的检测技术水平及新技术在检测中的应用至关重要。目前,粮食检测技术正朝着快速、高效、高准确性的方向快速发展,未来粮食检测的发展趋势是尽量以更多的仪器检测代替感官评价,使感官指标仪器化、标准化、智能化。随着粮食检测与识别技术的完善与成熟,我国粮食质量分级标准将会更加规范,从而满足人们对粮食质量分级提出的越来越高的要求。

2 农药残留现状及控制对策

2.1 农药使用现状

众所周知,农药在保证农业生产和粮食安全中发挥了重要作用,但随着农药的大量和不合理应用,农药所造成的环境污染以及残留对人体健康造成的危害不断加剧,这一问题已越来越受到社会的高度关注和重视。但与林果和蔬菜相比,玉米在生长过程中所用的农药较少。在玉米生产上,玉米播种时经常使用种衣剂拌种,但是用量较少;利用杀虫剂、杀菌剂和除草剂预防玉米大斑病、茎腐病、玉米螟、黏虫、二点委夜蛾等病虫害以及各种杂草,但这些农药只有在发生严重年份使用,发生较轻的年份使用不普遍。近年来由于除草剂使用比较普遍,在生产上药害频繁发生,玉米对除草剂的敏感性研究也日益受到人们的重视^[34-36]。但以上杀虫剂、杀菌剂和除草剂在玉米生长的过程中发生降解,玉米籽粒中

残留量较低,没有发现玉米籽粒中农药残留超标的情况^[37-38],因此,在玉米上使用农药从而影响玉米质量安全的问题不突出。

2.2 控制对策

2.2.1 新品种的选育

玉米新品种尤其是抗病虫、农药使用量尽量少和抗除草剂品种的选育是解决玉米药害和农药残留的重要途径。但是在这方面,我国的玉米新品种相对较少,尤其是抗除草剂的玉米品种,因此我们应该通过先进的育种技术加强这方面的研究工作。转基因技术已在抗虫、抗除草剂的转基因玉米品种取得了很大进展,并在美国等多个国家实现了商业化^[39]。孟山都及陶氏益农公司共同研发的玉米新品种 Smart-Stax 具有广谱抗玉米根部虫害及全面控制广泛的杂草优势^[40]。

2.2.2 综合防治病虫害,合理规范使用杀虫剂、杀菌剂、除草剂

在玉米整个生长发育期间应密切关注病虫害的动态变化,大力开展科学防灾减灾工作,积极推广抗病虫品种,综合防治病虫害。本着“预防为主,综合防治;生物防治为主,化学防治为辅”的原则,依靠生产条件的改善和科技的进步减少玉米病虫害损失,并及时准确做好预测预报工作。同时,合理规范使用杀虫剂、杀菌剂、除草剂等,化学防治病虫害应采用低毒高效农药,加强生物防治,努力提高防治效率。近年来,生物防治玉米螟技术取得较大发展,目前玉米生产中应用较多的玉米螟生物防治技术主要有赤眼蜂防治、白僵菌封垛防治与苏云金芽孢杆菌(Bt)乳剂防治。

3 重金属污染现状及控制对策

3.1 重金属污染现状

随着工业的发展和农药、化肥的广泛应用,含重金属的污染物通过各种途径进入环境,造成土壤,尤其是农田土壤重金属污染日益严重,我国耕地的重金属污染率高达 16.67%,主要分布在辽宁、河北、江苏、广东、山西、湖南、河南、贵州、陕西、云南等地,特别是辽宁和山西的耕地土壤中重金属污染十分严重^[41]。玉米具有富集重金属的能力^[42],甚至可作为重金属污染土壤修复的植物,因此很有可能存在植物内重金属超标的现象。张勇等^[43]对辽宁省部分县玉米籽粒中重金属进行检测,发现大部分玉米

籽粒中能检出铅、镉和砷等重金属,部分地区铅和镉的超标率达 40% 和 80%。俞华齐等^[44]对徐州市主要谷物的铅和镉污染状况进行了检测,研究发现玉米籽粒中铅的超标率高达 100%。但我国重金属残留的问题只是局部地块问题,并不是我国玉米质量安全的普遍问题,但关于我国玉米重金属超标的问题我们还应严格防范。

3.2 加强标准农田建设,减少面源污染,降低重金属在玉米中吸收和积累

在我国,随着重工业的发展,农药和化肥的大量使用,土壤受重金属污染的情况日益严重^[45-47],并且随着无机肥和农药的过量施用,玉米及其制品中重金属超标问题严重,所以为了我国玉米及其制品的食品安全问题,应根据我国相应的标准加强标准农田建设,减少面源污染,降低重金属在玉米中吸收和积累。在我国,关于农田的主要标准是 GB 15618—1995《土壤环境质量标准》规定了土壤中污染物的最高允许浓度指标值及相应的检测方法,同时我国发布 NY/T 395—2012《农田土壤环境质量检测技术规范》和 NY/T 1119—2012《耕地质量检测技术规程》,对我国的农田土壤环境质量进行检测;国标 GB 5084—2005《农田灌溉水质标准》,规定了农田灌溉水质要求、检测和分析方法,适用于全国以地表水、地下水和处理后的养殖业废水及以农产品为原料加工的工业废水作为水源的农田灌溉水。

参考文献:

- [1] 矫健. 中国粮食市场调控政策研究[D]. 北京:中国农业科学院, 2012.
- [2] 王颜红,王俊伟,纪淑娟,等. 土壤镉污染对玉米质量安全影响的研究[J]. 粮食加工, 2008, 33(6): 59-62, 86.
WANG Y H, WANG J W, JI S J, et al. Study on the influence of contamination of soil on the safe quality of maize and forecasting to soil condition [J]. Grain Processing, 2008, 33(6): 59-62, 86.
- [3] FANDOCHAN P, GNONLONFIN B, HELL K, et al. Natural occurrence of *Fusarium* and subsequent fumonisin contamination in preharvest and stored maize in Benin, West Africa [J]. International Journal of Food Microbiology, 2005, 99(2): 173-183.
- [4] 胡娜,许杨. 组合实验设计用于黄曲霉毒素污染控制的研究[J]. 粮食储藏, 2006, 35(3): 39-42.
HU N, XU Y. Application of composite experimental design on the control of aflatoxin contamination [J]. Grain

- Storage, 2006, 35(3): 39-42.
- [5] SUN G, WANG S, HU X, et al. Fumonisin B1 contamination of home-grown corn in high-risk areas for esophageal and liver cancer in China[J]. Food Additives and Contaminants, 2007, 24(2): 181-185.
- [6] 孙秀兰, 邵景东, 王俊双. 粮油食品中呕吐毒素危害及风险分析[J]. 粮食与油脂, 2007(3): 41-43.
SUN X L, SHAO J D, WANG J S. Risk analysis of deoxynivalenol (DON) in cereal and oil foods[J]. Journal of Cereals and Oils, 2007(3): 41-43.
- [7] AVANTAGGIATO G, HAVENAAR R, VISCONTI A. Evaluation of the intestinal absorption of deoxynivalenol and nivalenol by an *in vitro* gastrointestinal model, and the binding efficacy of activated carbon and other adsorbent materials [J]. Food and Chemical Toxicology, 2004, 42(5): 817-824.
- [8] PESTKA J J. Deoxynivalenol: toxicity, mechanisms and animal health risks[J]. Animal Feed Science and Technology, 2007, 137: 283-298.
- [9] 李长强. 黄曲霉毒素产生的原因、危害及控制措施[J]. 饲料博览, 2012(8): 53-54.
- [10] KIMANYA M E, SHIRIMA C R, MAGOHA H A, et al. Co-exposures of aflatoxins with deoxynivalenol and fumonisins from maize based complementary foods in Rombo, Northern Tanzania[J]. Food Control, 2014, 41: 76-81.
- [11] 赵丽, 温红玲, 侯霄煜, 等. 抗脱氧雪腐镰刀菌烯醇单克隆抗体的制备及鉴定[J]. 山东大学学报(医学版), 2010, 48(12): 146-149.
- [12] THOMAS A E, COKER H A, ODUKOYA O A, et al. Aflatoxin contamination of *Arachishypogaea* (groundnuts) in Lagos area of Nigeria[J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2003, 71(1): 42-45.
- [13] 陈必芳, 蔡静平, 王景琳, 等. 饲料(原料)霉变不容忽视: 全国饲料霉变现状调查[J]. 中国饲料, 1996, 14: 9-13.
- [14] 高秀芬, 荫士安, 张宏元, 等. 中国部分地区玉米中4种黄曲霉毒素污染调查[J]. 卫生研究, 2011, 40(1): 46-49.
GAO X F, YIN S A, ZHANG H Y, et al. Aflatoxin contamination of corn samples collected from six regions of China[J]. Journal of Hygiene Research, 2011, 40(1): 46-49.
- [15] 戴玉瑞. 饲料霉菌毒素污染状况分析及复合脱毒剂的研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2010.
- [16] 敖志刚, 陈代文. 2006~2007年中国饲料及饲料原料霉菌毒素污染调查报告[J]. 中国畜牧兽医, 2008, 35(1): 152-156.
- AO Z G, CHEN D W. Recent trends of mycotoxin contamination in animal feeds and raw materials in China [J]. China Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2008, 35(1): 152-156.
- [17] 王若军, 苗朝华, 张振雄, 等. 中国饲料及饲料原料受霉菌毒素污染的调查报告[J]. 饲料工业, 2003, 24(7): 53-54.
WANG R J, MIAO C H, ZHANG Z X, et al. Investigation of mould toxin pollution of feed and feedstuff[J]. Feed Industry, 2003, 24(7): 53-54.
- [18] 李荣涛, 谢刚, 付鹏程, 等. 小麦和玉米中玉米赤霉烯酮污染情况初探(I)[J]. 粮食储藏, 2004, 32(5): 36-38.
- [19] 戎晓平, 赵丽红, 计成, 等. 我国部分地区饲料原料及配合饲料玉米赤霉烯酮污染情况调研[J]. 中国畜牧杂志, 2015, 51(22): 20-24.
RONG X P, ZHAO L H, JI C, et al. Research of zearalenone contamination of feedstuffs and feeds[J]. Chinese Journal of Animal Science, 2015, 51(22): 20-24.
- [20] 孙武长, 刘桂华, 黄美子, 等. 串珠镰刀菌及伏马菌素在吉林省主粮中的生态学分布调查[J]. 中国卫生检验杂志, 2003, 13(1): 80-80.
- [21] 冯立志. 辽宁、山东和河南三省玉米籽粒中伏马毒素B1和B2污染情况研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2011.
- [22] 甄阳光, 柏凡, 张克英, 等. 我国主要饲料原料及产品呕吐毒素污染分布规律研究[J]. 中国畜牧杂志, 2009, 45(8): 21-24, 28.
ZHEN Y G, BAI F, ZHANG K Y, et al. The rule of contamination and distribution of vomitoxin in main feedstuffs and products in China[J]. Chinese Journal of Animal Science, 2009, 45(8): 21-24, 28.
- [23] 李笑樱, 马秋刚, 谢实勇, 等. 北京地区饲料及饲料原料呕吐毒素污染情况调查[J]. 中国畜牧杂志, 2012, 48(13): 69-72.
- [24] SYDENHAM E W, THIEL P G, MARASAS W F O, et al. Natural occurrence of some *Fusarium* mycotoxins in corn from low and high esophageal cancer prevalence areas of the Transkei, Southern Africa[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1990, 38: 1900-1903.
- [25] SETYABUDI F M C S, BÖHM J, MAYER H K, et al. Analysis of deoxynivalenol and de-epoxy-deoxynivalenol in horse blood through liquid chromatography after clean-up with immunoaffinity column[J]. Journal of Veterinary and Animal Sciences, 2012(2): 21-31
- [26] 于艳秋, 余元祥. FDA对玉米及其制品中伏马毒素限

- 量的背景支持材料[J]. 检验检疫科学,2002,12(6): 60-61.
- [27] 刘玉华. 干燥过程对玉米质量指标的影响[J]. 粮油仓储科技通讯,2009,25(4):25-26.
- [28] 魏孟辉,袁建. 我国粮食质量标准与检测技术研究进展[J]. 食品安全质量检测学报,2015,6(11):4677-4683.
- WEI M H, YUAN J. Research progress of China's grain quality standards and detection technology[J]. Journal of Food Safety and Quality,2015,6(11):4677-4683.
- [29] 马皎洁,胡晓,邵兵,等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定面粉、玉米及其制品中的伏马菌素研究[J]. 山东大学学报(医学版),2012,50(4):115-120.
- MA J J, HU X, SHAO B, et al. Ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry method for determination of fumonisins in wheat flour, corn and corn-based products[J]. Journal of Shandong University (Health Science),2012,50(4):115-120.
- [30] HENRY S H, BOSCH F X, TROXELL T C, et al. Reducing liver cancer-global control of aflatoxin[J]. Science, 1999, 286: 2453-2454.
- [31] 张艺兵,鲍蕾,褚庆华. 农产品中真菌毒素的检测分析[M]. 北京:化学工业出版社,2006:5-7.
- [32] MILLER J D, TRENHOLM H L. Mycotoxins in grain: compounds other than aflatoxin[M]. Minnesota: Eagan Press, 1994.
- [33] 郭卫. 粮食霉变过程品质变化及毒素识别初探[D]. 郑州:河南工业大学,2011.
- [34] 甄英琴,垢敬,李崑,等. 浅谈磺酰脲类除草剂的发展现状[J]. 天津农林科技,2004,181(5):22-24.
- ZHEN Y Q, GOU J, LI W, et al. Discuss on the current situation of the development of the sulfa acyl urea weedicide[J]. Science and Technology of Tianjin Agriculture and Forestry,2004,181(5):22-24.
- [35] 邓金保. 磺酰脲类除草剂综述[J]. 世界农药,2003, 25(3):24-29, 32.
- [36] 洪翠萍,韩帅,张彦军,等. 玉米烟嘧磺隆敏感基因的遗传分析及基因定位[J]. 华北农学报,2012,27(4): 149-152.
- HONG C P, HAN S, ZHANG Y J, et al. Genetic analysis and gene mapping of sensitivity to nicosulfuron in corn [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica,2012,27(4):149-152.
- [37] 田宏哲,沈俭龙,赵铂锤,等. 丁虫脞在玉米和土壤中的残留及消解动态[J]. 农药学报,2014,16(2): 186-190.
- TIAN H Z, SHEN J L, ZHAO B C, et al. Residues and decline study of flufiprole in corn and soil[J]. Chinese Journal of Pesticide Science,2014,16(2):186-190.
- [38] 王四新,张董燕,季海峰,等. 玉米中重金属与农药残留的检测和分析[J]. 饲料研究,2008(12):40-41.
- [39] 刘亚,赵久然. 转基因玉米新种质创制若干技术环节的探讨[J]. 中国农业科技导报,2011,13(4):46-52.
- LIU Y, ZHAO J R. Discussion about certain technological links in creating new transgenic maize germplasm [J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2011,13(4):46-52.
- [40] 一鸣. 一粒小小的种子8个特殊的基因[J]. 商业周刊, 2008(1):12-19.
- [41] 宋伟,陈百明,刘琳. 中国耕地土壤重金属污染概况[J]. 水土保持研究,2013,20(2):293-298.
- SONG W, CHEN B M, LIU L. Soil heavy metal pollution of cultivated land in China[J]. Research of Soil and Water Conservation,2013,20(2):293-298.
- [42] 李凝玉,李志安,丁永祯,等. 不同作物与玉米间作对玉米吸收积累镉的影响[J]. 应用生态学报,2008,19(6):1369-1373.
- LI N Y, LI Z A, DING Y Z, et al. Effects of intercropping different crops with maize on the Cd uptake by maize [J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2008,19(6): 1369-1373.
- [43] 张勇,董大龙. 辽宁省部分县土壤及玉米中重金属污染状况评价[J]. 辽宁农业职业技术学院学报,2001, 3(1):14-17.
- ZHANG Y, DONG D L. The evaluation on the heavy metal pollution in soil and corn in some counties in our province[J]. Journal of Liaoning Agricultural Vocation-Technical College,2001,3(1):14-17.
- [44] 俞华齐,陆倪娟,刘辉. 徐州市售谷类作物重金属铅、镉污染分析评价[J]. 农业机械,2013,6(3):59-62.
- [45] 刘峰. 土壤中重金属对农作物及人体的危害[J]. 河北农业, 2005(1):15.
- [46] 邱晨曦,郝林,沈阳浑. 河水对玉米耐受和积累重金属 Cd 的影响[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(s):507-511.
- [47] KACHENKO A G, SINGH B. Heavy metals contamination in vegetables grown in urban and metal smelter contaminated sites in Australia[J]. Water Air and Soil Pollution, 2006, 169(1):101-123.

Study on Physicochemical Characteristics and Antioxidant Activities of Polysaccharides from Different Parts of Lotus Root

LI Zhengyi¹, LIAN Chengjie¹, SUN Jie¹, MIN Ting^{1,2}, YI Yang^{1,2,*}

(1. College of Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China;

2. Hubei Engineering Research Center for Fresh Food, Wuhan 430023, China)

Abstract: To explore the distribution of polysaccharides with higher antioxidant activities in lotus root, polysaccharides in edible part, peel, and node (i. e. EP60/75/90, PP60/75/90 and NP60/75/90) were respectively isolated using a precipitation method coupled with gradually increased alcohol concentrations. While the basic components, physicochemical characteristics, and antioxidant activities were further analyzed. Polysaccharides from different parts of lotus root showed obvious differences in composition, and edible part polysaccharides (EPs) had lower purities compared with peel polysaccharides (PPs) and node polysaccharides (NPs). Based on high performance molecular-exclusion chromatography, it was found that lotus root polysaccharides were mainly composed of fractions with low molecular weight (1.30 – 1.63 ku) and less binding protein. The antioxidant evaluations *in vitro* confirmed that the antioxidant activities of EPs were weaker than those of PPs and NPs, especially DPPH radical scavenging ability and FRAP total antioxidant capacity ($p < 0.05$). The antioxidant activities of PPs could be ordered as PP60 > PP75 > PP90. Meanwhile, the activities of NP60 and NP90 were matched, which exhibited stronger hydroxyl radical scavenging capacities and weaker FRAP total antioxidant capacities than NP75 ($p < 0.05$). The polysaccharides with higher antioxidant activities mainly exist in the peel and node of lotus root, which might be related to binding protein content and molecular weight.

Key words: lotus root; polysaccharide; physicochemical characteristics; antioxidant activity

(责任编辑:叶红波)

(上接第17页)

Safety Risk and Its Control of Corn and Corn Products

ZHAO Jiuran, LIU Yue'e

(Maize Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

Abstract: Corn is the world's and China's largest planted and most widely used crop, with the highest yield production among all the crops. According to the harvest parts and uses, corn can be divided into three types, which are grain corn, fresh corn and silage corn. Grain corn is one of the main products in China. This study points out that the main quality and safety problems of grain corn and its products in terms are mycotoxins contamination. Problems of pesticide residue and heavy metal pollution also exist to a certain extent. This study also give the corresponding control measures from the aspects of corn breeding and cultivation, including: 1) Breeding new maize cultivars of wide adaptability and resistance, and taking active measures to prevent and control diseases and insect pests. 2) Breeding and recommending good maturity and quick dehydration cultivars suitable for grain harvesting, and drying timely and storing standardly. 3) Improving relevant test and standard systems. 4) Comprehensively preventing and controlling plant diseases and pests, and rationally using pesticides, fungicides, herbicides which is mainly through biological control supplemented by chemical control with low toxicity. 5) Strengthening standard farmland construction, and reducing nonpoint source pollution and the absorption and accumulation of heavy metals in corn.

Key words: corn; corn product; quality safety; multi-resistant corn cultivar; Jingke 968

(责任编辑:李 宁)