



牛艳,季莉,田海军,等.富硒枸杞的研究现状及展望[J].黑龙江农业科学,2020(11):123-127.

富硒枸杞的研究现状及展望

牛艳,季莉,田海军,王彩艳,开建荣,吴燕,张锋锋,王晓菁

(农业农村部枸杞产品质量监督检验测试中心,宁夏银川 750002)

摘要:为推动宁夏富硒枸杞产业可持续发展,本文对富硒资源开发利用、富硒食品生产的研究现状进行了初步分析,对富硒产品在质量标准上存在的局限性、富硒食品的质量安全性进行了探讨。对于宁夏在结合富硒土壤资源基础上开发富硒枸杞的意义进行了阐述。针对在富硒枸杞开发方面起步较晚,硒在枸杞中积累动态变化规律及枸杞中硒的赋存形态还没有摸清等问题,提出了加大富硒枸杞产品开发技术研究,制定富硒枸杞产品标准,建设富硒枸杞生产基地信息管理平台,合理利用富硒土壤资源的对策建议,旨在推动富硒枸杞产业发展。

关键词:富硒;枸杞;展望

硒是动物体必需的营养元素和对植物有益的营养元素,在自然界的存在方式分为两种:无机硒和植物活性硒。由于硒是动物和人体中一些抗氧化酶(谷胱甘肽过氧化物酶)和硒-P蛋白的重要组成部分,主要作用是参与酶的合成,保护细胞膜的结构和功能免受过度氧化损伤,研究证明硒具有提高动物免疫力的作用,被国内外医药界和营养学界尊称为“生命的火种”,享有“抗癌之王”等美誉^[1-4]。

硒是动物体必需的营养元素,在动物体内无法合成。人体在缺硒的情况下会造成重要脏器功能紊乱,免疫力低下,严重缺硒可引发克山病、大骨节病、关节炎等疾病。因此,适当提高硒的摄入量,对预防某些疾病、保持身体健康具有重要意义^[5]。补硒产品主要包括两类:一是工业硒营养强化剂,以亚硒酸钠、硒酸钠为代表的无机硒营养强化剂,具有稳定性较差、毒性大、人体吸收利用率较低、摄入过量会对人体造成伤害等副作用;二是有机硒,包括有机硒制剂、富硒地区生产的富硒农产品以及人工生物转化的各种动、植物和微生物产品,有机硒具有易吸收、毒性低的特点,是人类理想的补硒源。人们以食物作为摄入硒的重要来源,所以人体每天摄入硒的量直接受食物含硒量的影响,开发安全的富硒农产品,并通过日常饮食方式提高硒摄入量,对于提高缺硒地区的居民

群体健康水平意义重大。本文通过查阅参考文献,对国内外富硒产品研究现状进行综述,探讨了富硒产品的局限性及当前亟需解决的问题,提出了富硒枸杞今后研究建议,旨在推动富硒枸杞产业发展。

1 国内外富硒产品的研究现状

2020年中央一号文件提出继续调整优化农业结构,打造地方知名农产品品牌,增加优质农产品供给。政府围绕推进营养型优质食用农产品生产方向,专门成立了农业农村部农产品营养标准专家委员会开展相关研究,使营养型优质农产品生产备受关注。硒是人体必需的营养元素,富含硒的食品越来越受欢迎,富硒食品的研究则受到国内外的普遍关注^[6-7]。中国营养学会推荐的成人摄入硒量为 $50 \sim 250 \mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$,我国属于硒摄入量较低的国家,约有一半地区硒摄入量低于最低 $50 \mu\text{g}$ 的推荐值,虽然一些食物当中含有硒,如在小麦、玉米、大蒜、南瓜以及大多数海产品中含量比较丰富,但仍满足不了需要。随着人们健康保健意识的提高,思想观念已由是否吃得饱到吃得营养、吃得健康逐步改变,从食品的可获得性向功能性、保健性转变。

植物是自然界硒转化为生物有机硒的天然无污染生化工厂,在硒生态循环中间环节中起关键性作用,是人和动物摄入有机硒的最主要来源,开展植物对硒的生物富集作用规律研究,对于植物是如何吸收富集硒,阐明硒对植物的营养、生理生化作用具有理论价值。利用生物富硒技术,开展富硒生产,从而提高植物天然含硒量,对于充分利用植物对硒的生物富集、转化作用,进而调控硒的生态环境,进一步改善人和动物的硒营养缺乏状

收稿日期:2020-08-07

基金项目:宁夏农科院科技创新先导资金项目(NKYJ-20-14,NKYJ-20-13)。

第一作者:牛艳(1980-),女,硕士,副研究员,从事农产品质量标准与检测技术研究。E-mail:niuyan98@163.com。

通信作者:王晓菁(1972-),女,硕士,研究员,从事农产品质量监测研究。E-mail:894921388@qq.com。

况,均有重要的理论与现实意义。鉴于此,可以在低硒地区研究开发富硒植物资源,最终通过食物链的方式达到人体长期补硒的目的^[8-10]。中国是世界上缺硒严重的国家之一,因此开发利用富硒产品已成为保障人们对硒需求的主要途径之一,加大力度发展富硒产业已成为亟待解决的问题,富硒食品的发展必将迎来一个高速发展期^[11]。政府和保健品企业一方面要加强宣传、推广普及硒对人体健康影响方面的知识,提高如何防止缺硒的整体意识,另一方面要着手开发与生产富硒产品,使富硒产品的获得更加便利,从而提高认知度。富硒产品包括天然富硒农产品和人工富硒的富硒农产品,天然富硒农产品主要是在富硒土壤中生长出来硒含量达到富硒标准的农产品,主要以湖北恩施、广西巴马等富硒土壤地区生产的富硒农产品为代表。人工富硒的富硒农产品主要是由动植物、微生物转化得到的硒含量达到富硒标准的农产品。例如在饲料中添加硒添加剂,通过动物消化吸收后转化的富硒鸡蛋、富硒牛奶等动物富硒^[12]。郝丽峰等^[13]采用水培方式,研究小白菜对硒的富集能力,结果表明供试的3个品种小白菜的富硒效果虽存在差异,但均显著高于普通蔬菜。小白菜的地下部和地上部硒含量均显著高于其对照,并且与培养液中的硒元素浓度呈显著正相关,基本上实现了富硒目的。微生物富硒是通过微生物转化富硒酵母实现富硒目的^[14],如富硒乳酸菌的富硒能力很强,且可转化为纳米硒(100~500 nm),是优质硒的潜在来源^[15]。牛艳等^[16]开展了不同施硒浓度下宁夏枸杞硒含量变化及硒浓度对枸杞多糖、甜菜碱、蛋白质等品质因子的影响研究,发现在不同施硒浓度下,枸杞含硒量均有显著提高,在一定的施硒浓度范围内,枸杞多糖、甜菜碱、蛋白质等品质元素的含量是随着喷施浓度的加大呈现逐渐增加的趋势。

2 富硒产品的局限性

近些年,随着富硒茶叶、富硒水稻、富硒葡萄等产品相继开发、上市,富硒农产品成为农业增效、农民脱贫增收、区域经济发展的新亮点。在富硒产业快速发展的同时,推动农业高质量发展,需要全面建立完善农业标准体系。通过富硒产品标准的制定,在科学规范富硒产品生产及利用标准客观评价富硒产品,判定产品质量方面作用明显。目前,中国富硒产品类别有稻谷、茶、肉牛、葡萄等,产品标准包括国家标准、行业标准以及地方标准,富硒农产品逐步在实现标准化。然而,由于产品标准的不完善,也存在富硒产品质量参差不齐

的问题。发展富硒农产品时,不但要保证产品的品质质量,还要进行产品硒含量的判定。人体对硒的需要量需要保持在一个适量的水平上。富硒农产品的含硒量必须按照标准控制在安全量值范围之内,硒含量过低,起不到保健作用;硒过量则存在食品安全问题。在富硒食品标准方面,GB 2762-2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》中没有硒的限量要求,导致富硒产品没有国家标准限定,市场监管无标可依。有的产品就以“含硒”来冒充“富硒”,故意使“含硒”和“富硒”概念混淆;有的地方或企业制定富硒产品标准时把含硒量的下限定得非常低,使富硒产品失去了补硒的意义;甚至更有无良商家在产品中直接添加无机硒来冒充天然有机硒产品上市销售,给食品安全带来了极大的隐患,造成了富硒产品的市场混乱,同时给消费者带来了不好的影响。

因此,在富硒农产品产业发展中,为进一步规范富硒产品生产管理,保护消费者权益,制定相关的质量标准迫在眉睫。富硒农产品的质量评价与标准制定,可以使其在生产过程和流通环节有标准可循,发挥标准引领市场的作用,达到富硒产品市场竞争的有序化规范化,充分实现优质优价的经济规律;富硒产品的质量评价与标准制定,可以进一步推动生产企业提升技术,采取各种措施,尽可能避免类似硒含量不稳定产生的产品质量问题^[17],进一步保障富硒产品的质量和安全,更好地促进富硒产品产业的发展,为建立富硒农产品特色品牌将起到重要作用。

3 富硒枸杞的研究意义

枸杞是中国传统名贵中药材,具有增强机体免疫力、防衰老、抗肿瘤、抗氧化等多方面的药理作用^[18]。中国是世界枸杞主产区,宁夏又是中国枸杞主产区。长期以来宁夏枸杞(*Lycium barbarum*)畅销世界各地,为全世界人民所青睐,需求逐年上升。随着人们对健康重视度的提高,对枸杞质量的要求也已由过去的外观品质向药用和商用品质转变。由于枸杞的药用价值及经济效益较高,目前宁夏枸杞种植面积达到6.7万hm²之多,枸杞产业成为宁夏回族自治区特色优势产业之一。在加快特色高效产业发展中,自治区政府提出要综合运用现代农业的各种要素,走特色、高质、高端、高效的“一特三高”发展模式。富硒枸杞产业成为了蓬勃发展的新方向,是农业增效农民增收的新路子。硒元素与枸杞在防衰老方面都具有较好的功效,如何更好地发挥二者作用,已引起各界广泛关注。因此在枸杞生长期通过施用叶面

硒肥,使硒被吸收转化后储存在果实中形成一种药食兼用的新保健品,从而达到使人体补硒的目的意义重大^[19]。沈晓^[20]对青海省诺木洪地区特色作物地球化学特征进行了分析,其中黑枸杞、红枸杞对硒较为敏感,植物与土壤的相关关系较好,种植的红枸杞、黑枸杞表现出较好的富硒效应,是重要的富硒作物。调查报告显示,宁夏作为富硒土壤地区,对于发展富硒农产品具有引领作用。

4 富硒枸杞研究现状及存在问题

4.1 富硒枸杞的研究现状

宁夏国土资源调查监测院通过多目标地球化学调查,在银川平原首次发现了富硒土壤资源,通过在宁夏中宁调查区的富硒土地质量地球化学评估工作,为宁夏发展富硒农业提供重要的作用。宁夏作为枸杞之乡,发展富硒枸杞更是意义深远,牛艳等^[16,19]采用在枸杞叶面喷施亚硒酸钠的方法,对宁夏枸杞硒含量及枸杞中微量元素积累、品质的影响进行了相关研究,结果表明在施硒浓度为0~500 mg·kg⁻¹时,枸杞含硒量均有显著提高,喷施浓度及次数是影响枸杞硒含量的关键因素,在适宜浓度范围内,枸杞各品质元素含量随着喷施浓度的增加而逐渐增加。何军等^[21]通过叶面喷施富硒植物调理剂可以有效提高枸杞果实内硒含量,单独从提高枸杞果实内硒元素含量、生产富硒枸杞角度考虑,采用此方法可以改变以往只能通过喷施亚硒酸钠提高枸杞果实硒含量这种途径。中国科学院水利部水土保持研究所^[22]发明了采用对枸杞喷施亚硒酸钠溶液,利用枸杞自身生理生化作用,将硒富集于枸杞果实之中,并转化为人体易吸收的天然有机态硒的富硒枸杞生产方法。

4.2 富硒枸杞发展存在的问题

我国在富硒枸杞开发方面起步较晚,作为新兴行业,政府与媒体对硒知识的普及、富硒技术和富硒资源开发意义等宣传力度不够,富硒产业仍面临着销路少、品牌小、资金短缺等问题,大部分消费者对硒的重要生理功能及缺硒的危害认识不足,示范规模较小,这也间接造成由于缺硒导致的疾病发生。目前宁夏还未出台富硒枸杞的含量等级标准,市场上大部分富硒枸杞存在没有标准,且包装上也未标明含硒量,不利于优质优价以及富硒枸杞的开发与依规管理。

硒在枸杞中积累动态变化规律及枸杞中硒的赋存形态尚不十分清楚,导致硒量不稳定,盲目追求总硒量,在评价硒的毒性和生物可利用性时,较难控制。在枸杞中总硒的安全可利用量以及硒在

哪种存在形态下能被人体最大限度地吸收利用等问题至关重要,这些信息的获得是影响富硒枸杞产品安全有效利用的关键。

5 富硒枸杞发展研究建议

目前有关硒的检测标准还只停留在硒总量的检测这一种手段上,人和动物从食物中获得的硒具有不同的形态,不同化学形态的硒与人体内硒的生物活性密切相关。食物中的硒按照形态可以分为有机硒和无机硒,无机硒(如亚硒酸钠、硒酸钠)不易被人体吸收,生物有效性低,有较大的毒性,不适合人和动物食用,因而被严格限制其使用量;而来源于生物体内的有机硒(如硒代蛋氨酸、硒代半胱氨酸等)毒性小、安全性高、生物利用率高,补硒效果更好,成为了人类从食物中获得硒的重要来源^[23]。因此只对硒总量进行检测还远远满足不了人们对有机硒的需求。

5.1 富硒食品的硒形态样品前处理方法

由于硒形态的不稳定性,样品在提取过程中易发生相互转换损失现象,远比检测总硒含量复杂,因此选择恰当的样品前处理方法不仅能避免各形态硒之间发生相互转换,还能防止硒的损失,是保证硒形态分析准确性的关键。样品的前处理过程一般包括提取、浓缩、富集等环节。样品硒形态提取的方法多样,包括水提法、酸提法、碱提法和酶解法等,近年来食品样品中不同形态硒的提取方法多集中于超声辅助酶提取法,该方法具有提取条件温和,不改变硒的形态,提取效率高等优点^[24]。提取样品浓缩的方法包括旋转蒸发浓缩、冷冻浓缩、真空浓缩等,可以根据实际样品需求选择。

5.2 硒形态分离和检测技术

以前的硒形态分析,多通过预处理过程实现硒形态的初步分离,通过测定不同样液中硒元素的总量并结合差量法计算出有机硒、无机硒或部分硒形态的含量^[25-28]。左银虎^[29]通过测定结合差量法发现富硒枸杞中大部分为有机态硒,占总量的85%。在各种有机硒中又以蛋白硒为主,占有机硒的79.4%,硒多糖及RNA-硒所占比例很小。

近年来随着仪器联用技术的快速发展,通过将选择性好的分离技术与高灵敏度的检测方法联合在一起,可直接提供硒的形态信息,为分离检测硒的形态提供技术支持。常用的联用技术包括高效液相色谱-电感耦合等离子体质谱联用技术(HPLC-ICP-MS)、高效液相色谱-氢化物发生-原子荧光联用技术(HPLC-HG-AFS)、气相色谱-

电感耦合等离子体质谱联用技术(GC-ICP-MS)等^[24]。Giráldez等^[30]利用毛细管气相色谱-质谱联用技术进行硒形态检测,该方法线性好、灵敏度高、重现性好、回收率高。Sanz等^[31]采用固相微萃取预富集,毛细管气相色谱进行分离,微波诱导等离子体原子发射光谱法测定硒的挥发性组分,该方法分离速度快,在5 min内分离出5种硒的挥发性组分。张建辉等^[32]利用HPLC-ICP-MS联用技术建立了一种同时测定富硒食用菌中不同硒形态的分析方法,4种不同硒形态在17 min内均能够完全出峰,该方法在0~100 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 浓度范围内线性良好,检出限低,重现性好。章寒英等^[33]采用酸提取法和酶提取法对样品进行前处理,采用HPLC-HG-AFS联用技术进行形态分析,能够在11 min内让5种硒形态得到良好分离。房艳等^[34]利用高效液相色谱-氢化物发生原子荧光光谱法,建立了适用于富硒蛋白粉、富硒大米、富硒香菇和富硒酵母中硒酸根、硒代胱氨酸、甲基硒代半胱氨酸和硒代蛋氨酸的检测,方法具有灵敏度高、适应性广、设备便宜、价格低廉等优点,解决了食品基质较为复杂而产生的干扰问题,且具有较高的准确性和精密度,为特膳食品中相关产品的硒形态评价和质量控制提供了方法和依据。当前通过加大硒形态分析研究的投入力度,积极研究开发出准确可靠的硒形态检测方法,并将该检测方法上升为国家或者行业标准是亟待解决的问题。

5.3 富硒枸杞今后的研究重点

目前市场上的富硒食品层出不穷,而国家出台的富硒标准不全以及各地方富硒产品标准不统一,严重扰乱了富硒产品市场,阻碍了富硒产业的健康发展^[35]。产业要发展,标准需先行,结合富硒产业发展现状,加快制定枸杞硒形态分析检测标准及富硒产品标准是破解富硒产业瓶颈难题,解决富硒产品无标可依和生产乱象的突破口,可为富硒枸杞产业健康良性发展保驾护航。

科技创新是第一要务,要以新品种、新技术、新装备等技术和模式创新推动富硒产业科技提升^[36]。将富硒枸杞产品开发技术研究纳入科技重大攻关项目,开展富硒技术创新,组建富硒技术研发团队,加大富硒产品生产技术开发,通过试验,分析枸杞品种、采摘时间、土壤中有效硒含量等因素对枸杞含硒量的影响情况,开展富硒品种选育、采摘时间调节、土壤有效硒含量提升、建立高硒枸杞基地是提高枸杞含硒的可能途径。深入研究富硒条件对道地性药材宁夏枸杞中硒的吸收转化规律及宁夏枸杞中硒的赋存形态,找出最适

宜的硒肥施用量,探索枸杞中硒的吸收富集规律,开展硒形态分析检测方法标准研究,充分利用该检测标准,确定出枸杞中硒赋存的最佳形态具有深远意义,并为最终制定出富硒枸杞产品标准奠定基础。

紧紧围绕宁夏枸杞这个优势特色产业,以市场需求为导向,充分发挥新型农业经营主体在富硒产业发展中的主导作用,培育一批富硒产业龙头企业、合作社,建设一批规模化、标准化、产业化、品牌化、生态化示范基地,因地制宜,合理发挥富硒土壤资源优势,有步骤地开发富硒枸杞产品,兼顾长远利益和近期利益,多层次开发不同档次、不同硒含量的枸杞产品,推行“公司+合作社+基地+农户”的运营模式,发挥和树立富硒枸杞品牌作用,促进富硒枸杞产业规模化发展、提升标准化进程。建设富硒枸杞生产基地信息管理平台,绘制富硒枸杞生产示范基地分布与现状图,建设富硒枸杞和富硒生产基地管理属性数据库和空间数据库,开发出富硒枸杞生产基地和富硒枸杞管理信息化系统,逐步实现对宁夏富硒枸杞生产基地及品牌管理信息化。同时注重生态治理和保护富硒土壤资源,进而促使富硒枸杞市场化的竞争达到一个更规范更有序的目标,推动宁夏富硒枸杞产业可持续发展。

参考文献:

- [1] 秦粉菊,袁红霞.微量元素硒的生物学功能[J].微量元素与健康研究,2007,24(2):62-64.
- [2] 燕瑞,易艳萍,熊知行,等.微量元素抗衰老的作用[J].化学教育,2000(9):1-2.
- [3] 肖喆,石瑛,王捷,等.硒的生物学活性及其作用机制[J].人人健康,2019(17):305-306.
- [4] 任志生,徐能义,杜晓红,等.硒对多种疾病的影响[J].基层医学论坛,2012(28):3772-3774.
- [5] Zhang L, Zeng H, Cheng W H. Beneficial and paradoxical roles of selenium at nutritional levels of intake in healthspan and longevity[J]. Journal of Nutrition, 2018, 148(1): 22-40.
- [6] Jacobs L W. Selenium in agriculture and the environment[J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 1989, 11(2): 37-65.
- [7] 胡吉蕾,谢惠波.富硒食品研发现状[J].现代食品,2018(14):33-35,47.
- [8] 陈玉珍,白音达来,贾立国,等.富硒蔬菜的研究意义及其开发利用现状[J].北方园艺,2018(18):152-156.
- [9] 毕永秀.富硒食品开发与应用[J].食品研究与开发,2002,23(5):113-114.
- [10] 吴正奇,刘建林.我国富硒食品的研究进展[J].中国食物与营养,2005(6):15-17.
- [11] 汪厚银,李志,赵镭.富硒产品相关标准的技术动态分析[J].标准科学,2014(11):28-34.
- [12] 陈瑾,杨加豹,邹成义.富硒动物产品的研究进展[J].饲料工业,2010(17):9-13.

- [13] 郝丽峰,韩鹏远,陈曙霞,等. 无土栽培基质下小白菜不同品种的富硒效果[J]. 山西农业科学, 2016, 44(2): 187-189.
- [14] 肖方正,刘曲滨. 富硒酵母的研究开发与应用[J]. 广东微量元素科学, 2001(8): 7-10.
- [15] Eszenyi P, Sztrik A, Babka B. Elemental, nano-sized(100-500 nm) selenium production by probiotic lactic acid bacteria [J]. Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 2011(1):148-152.
- [16] 牛艳,王彩艳,李彩虹,等. 施硒对宁夏枸杞硒含量及品质的影响[J]. 北方园艺, 2016(20): 159-162.
- [17] 朱新鹏. 陕西省富硒大米地方标准制订的思考[J]. 陕西农业科学, 2014, 60(9): 85-87.
- [18] 孙志刚. 宁夏枸杞药理研究进展[J]. 西北药学杂志, 2001, 16(3): 133-135.
- [19] 牛艳,赵银宝,王彩艳,等. 宁夏枸杞富硒条件及富硒效应的研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(4): 269-272.
- [20] 沈晓. 青海省都兰县绿洲农业生态地球化学评价[D]. 长春: 吉林大学, 2018.
- [21] 何军,李晓莺,焦恩宁,等. 富硒植物调理剂对枸杞产量、果实内多糖及硒含量的影响[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(4): 245-246.
- [22] 中国科学院水利部水土保持研究所. 一种富硒枸杞的生产方法: CN96111126. 7[P]. 1996-08-08.
- [23] 何彩梅,吴桂容,陈春岚,等. 食品中硒与硒形态分析方法研究进展[J]. 食品工业, 2017, 38(9): 218-221.
- [24] 谢小雪,方迎春,刘龙刚. 富硒食品中硒元素形态分析的研究进展[J]. 现代食品, 2020(12): 15-18.
- [25] 秦玉燕,时鹏涛,王运儒,等. 高效液相色谱-氢化物发生-原子荧光光谱法测定富硒食品中 5 种形态硒的含量[J]. 理化检验(化学分册), 2018, 54(5): 76-82.
- [26] 杨文婕,张明,陈竞,等. LC—MS—MS 同时定量检测硒蛋氨酸和硒胱氨酸[J]. 中国食品卫生杂志, 2008, 20(3): 204-207.
- [27] 喻宏伟,陈春英,高愈希,等. 高效液相色谱-电感耦合等离子体质谱法分析生物样品中硒的化学形态[J]. 分析化学, 2006, 34(6): 749-753.
- [28] 周瑛,叶丽,竹鑫平. H PLC-ICP-M S 在食品中硒和砷形态分析及其生物有效性研究中的应用[J]. 化学进展, 2007, 6(9): 982-995.
- [29] 左银虎. 富硒枸杞中硒形态分析[J]. 中国食品与营养, 2008(7): 55-56.
- [30] Giráldez I, Ruiz-Azcona P, Vidal A, et al. Speciation of selenite and selenoamino acids in biota samples by dual stir bar sorptive extraction-single desorption-capillary gas chromatography/mass spectrometry [J]. Microchemical Journal, 2015, 122: 197-204.
- [31] Sanz L J, Dietz C, Madrid Y, et al. Volatile organoselenium monitoring in production and gastric digestion processes of selenized yeast by solid-phase microextraction-multicapillary gas chromatography coupled microwave-induced plasma atomic emission spectrometry [J]. Applied Organometallic Chemistry, 2004, 18: 606-613.
- [32] 张建辉,汪霞丽,胡勇辉,等. 高效液相色谱-电感耦合等离子体质谱法测定富硒食用菌中的 4 种硒形态[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(12): 4688-4693.
- [33] 章寒英,杨洋,吴骏,等. 液相色谱-柱后衍生-原子荧光联用对食品中硒形态分析的研究[J]. 2019, 37(3): 93-96.
- [34] 房艳,王贝,高俊海. 高效液相色谱-氢化物发生原子荧光光谱法测定食品中多形态硒含量[J/OL]. 食品科学技术学报 [2020-09-02]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/10.1151.TS.20200619.1416.006.html>.
- [35] 任云辉,谭世雄. 关于建立国家富硒产品标准的思考[J]. 2018, 57(2): 103-105.
- [36] 周丽,张宝杰,李一方,等. 富硒技术产业化运用研究[J]. 黑龙江科学, 2020, 11(10): 138-141.

Research Status and Prospect of Selenium Enriched *Lycium barbarum*

NIU Yan, JI Li, TIAN Hai-jun, WANG Cai-yan, KAI Jian-rong, WU Yan, ZHANG Feng-feng, WANG Xiao-jing

(Supervision and Testing Center for Lycium Quality, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Yinchuan 750002, China)

Abstract: In order to promote the sustainable development of selenium rich *Lycium barbarum* industry in Ningxia, this paper made a preliminary analysis of the research status in the development and utilization of selenium rich resources and the production of selenium rich food, and discussed the limitations in the quality standards of selenium rich products, the quality and safety of selenium rich food. The significance of developing selenium rich *Lycium barbarum* on the basis of selenium rich soil resources in Ningxia was expounded. In view of the late development of selenium rich *Lycium barbarum*, the dynamic change of selenium accumulation in *Lycium barbarum* and the existing forms of selenium in *Lycium barbarum* had not been found out, the countermeasures and suggestions were put forward, such as increasing the research on the product development technology of selenium rich *Lycium barbarum*, formulating the product standards of selenium rich *Lycium barbarum*, constructing the information management platform of selenium rich *Lycium barbarum* production base, and rationally utilizing the selenium rich soil resources *Lycium barbarum* industry development.

Keywords: selenium-rich; *Lycium barbarum*; prospect