

枸杞干辐射杀菌工艺剂量研究

邱建辉, 陈玉霞*, 谷峰, 刘尚洪, 林勇 (湖北省农业科学院农产品加工与核农技术研究所, 湖北武汉 430064)

摘要 [目的]研究枸杞干的辐射灭菌工艺剂量。[方法]采用不同剂量⁶⁰Co- γ 射线辐照枸杞干,研究不同剂量对枸杞干感官品质、微生物生存率以及蛋白质等主要成分含量的影响。[结果]当辐照剂量为3.98 kGy时,枸杞干中细菌总数降至 4.30×10^2 CFU/g,霉菌数小于10 CFU/g,大肠菌群未检出,符合企业枸杞干卫生标准;计算得到枸杞干中细菌D₁₀为1.61 kGy。当辐照剂量低于8.11 kGy时,枸杞干的比重、色泽、气味、滋味和口感以及可接受性与对照(未辐照)相比无明显变化。辐照对枸杞干的蛋白质、脂肪、水分含量无明显影响,对V_E含量有影响。在枸杞干批量辐照时,产品箱中最低剂量点剂量不得低于4 kGy,经剂量跟踪,枸杞干吸收剂量为4.02~5.96 kGy,不均匀度为1.48,微生物含量符合要求。因此,枸杞干辐照灭菌的工艺剂量为4~8 kGy。[结论]该研究为枸杞干的辐照灭菌应用提供了工艺参数。

关键词 枸杞干;辐射灭菌;感官品质;微生物;D₁₀;理化性质;工艺剂量

中图分类号 TS255.42 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)18-0134-04

Study on Radiosterilization Processing of Dried *Lycium barbarum* L.

QIU Jian-hui, CHEN Yu-xia, GU Feng et al (Institute for Farm Products Processing and Nuclear-agricultural Technology, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan, Hubei 430064)

Abstract [Objective] To study the technology dose of radiation sterilization of dried *Lycium barbarum*. [Method] Using different doses of ⁶⁰Co- γ ray to radiated the *L. barbarum*, studied the effects of different doses on the sensory quality, the survival rate of the microorganism and the contents of main components such as wolfberry protein, etc. [Result] When the irradiation dose was 3.98 kGy, the total number of bacteria fell to 4.30×10^2 CFU/g, mould content was less than 10 CFU/g and coli group were not detected in dried *L. barbarum*, it had been in line with the enterprise dried *L. barbarum* hygiene standards; the bacterial D₁₀ value of the dried *L. barbarum* was calculated as 1.61 kGy. When the irradiation dose was lower than 8.11 kGy, the proportion, color, smell, taste and acceptability of dried *L. barbarum* had no obvious change compared with the control (unirradiated). Irradiation had no obvious effect on the content of the protein, fat and water of *L. barbarum*, but had an effect on the content of V_E. When the dried *L. barbarum* mass were irradiated at the lowest dose point dose in product box should not be less than 4 kGy. Dose tracking, the absorbed dose was 4.02~5.96 kGy, the uneven degree was 1.48. The content of the microorganism had been in line with the enterprise of hygiene standards. So the process dose of radiosterilization of wolfberry dry was 4~8 kGy. [Conclusion] The study provided technological parameters for the application of radiation sterilization of dried *L. barbarum*.

Key words Dried *Lycium barbarum*; Radiation sterilization; Sensory quality; Microorganism; D₁₀; Physicochemical property; Technology dose

枸杞(*Lycium barbarum* L.)是一种药食同源的名贵中药材和营养滋补品^[1]。传统加工储藏的制品以枸杞干为主,它色泽鲜红,粒大饱满、营养丰富,富含甜菜碱、酸浆红素、枸杞多糖、多种氨基酸、胡萝卜素、核黄素、烟酸、V_C及微量元素,具有滋补肝肾、益精明目的功效,常用于治疗虚劳精亏、腰膝酸痛、眩晕耳鸣、内热消渴、血虚萎黄、目昏不明等症。但经自然晾晒风干制成的枸杞干,在储藏、运输、内销外贸过程中,一是易受害虫的危害,二是微生物滋生繁殖使其腐败变质,难以长期保存,由此造成严重的经济损失^[2]。虽然传统的化学药物熏蒸法具有一定的杀虫灭菌效果,但所用化学药剂对人、食品和环境均有危害^[3]。食品辐射灭菌法是利用电离辐射与物质相互作用的物理、化学和生物效应,杀灭食品中的害虫和腐败微生物、致病菌,从而达到延长保质期和提高食品品质的目的。其与传统方法相比具有杀菌效果好、不需加温、不需化学添加剂、无残留、不会破坏产品原有品质、不污染环境 and 能耗低等特点^[4]。20世纪50年代,不少国家开展了 γ 射线辐照杀菌保藏食品的研究,取得了一定成效并应用于商业化生产^[5]。目前全世界有57个国家和地区的政府或国际组织批准了230多种辐照食品可以上市,每年市场销售总量超过40万t。食品辐照加工已被列为国际重

点推广项目。20世纪80年代以来,我国开展了辐照食品商业化的实际应用研究^[6-11],到2014年6月,我国运行的各类钴源辐照装置123座,有100多个单位对200多种食品进行了辐照保鲜,全国每年辐照食品为18万t以上。我国已批准六大类、18个品种食品辐照卫生标准,数十种辐照食品已进入市场。该研究通过对枸杞干进行不同剂量梯度的辐照,考察了辐照对枸杞干感官品质、微生物存活率、枸杞蛋白质等含量的影响,并对枸杞干辐照灭菌的工艺剂量进行了探讨,旨在为枸杞干的辐照灭菌应用提供工艺参数。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试产品。枸杞干,纸箱包装,外包装规格为50 cm×31 cm×27 cm,单件重21.3 kg。

1.1.2 主要仪器。UV-Vis8500紫外可见分光光度计(上海天美光学仪器有限公司);Sartorius电子天平(赛多利斯科学仪器有限公司);SX-93箱式节能电炉(湖北英山实验设备有限公司);SKD-1000全自动定氮仪(上海沛欧分析仪器有限公司);SE-A2脂肪测定仪(北京亚欧德鹏科技有限公司);BCM-1000生物净化工作台(苏州净化设备有限公司)。

1.2 方法

1.2.1 样品分装。取枸杞干1件,称取3.84 kg,分成64小包,每包60 g,用聚乙烯(PE)塑料袋真空包装。样品辐照以后,每处理取1包进行微生物检测,取1包进行感官测评,其余6包用于主要成分分析,未辐照处理为对照。

作者简介 邱建辉(1979—),男,江西上饶人,助理研究员,从事农产品辐射加工工艺研究。*通讯作者,副研究员,从事辐射剂量及农产品辐射加工技术研究。

收稿日期 2018-03-06

1.2.2 辐照处理。辐照处理在湖北省农业科学院农产品加工与核农技术研究所进行,放射源为 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线源,放射源活度为 1.31×10^{16} Bq。设定0(CK)、2、3、4、5、6、7、8 kGy共8个处理,辐照时放射源距地高103 cm,链速8.3 Hz,动态步进式辐照。每个处理放置剂量计进行剂量跟踪,以实测值为准。辐照结束后,样品在室温下保存,进行感官测评、微生物培养计数和主要成分分析。

1.2.3 感官测评。取不同剂量辐照处理后的枸杞干样品进行感官测评,每处理取80粒,先观察枸杞干的颜色,再放入透明玻璃杯,用300 mL开水冲泡,由7名测评员进行目测、嗅闻和品尝并记录测评结果和可接受性,最后综合分析7名测评员的测评结果,给出枸杞干经不同剂量辐照处理的感官品质和可接受性。

1.2.4 微生物培养和计数。菌落总数测定参照GB4789.2—2010^[12]标准执行,霉菌培养和计数参照GB4789.15—2010^[13]标准执行,大肠菌群培养和计数参照GB4789.3—2010^[14]标准执行。

1.2.5 主要成分分析。蛋白质含量按GB/T5009.5—2010^[15]方法测定;脂肪含量按GB/T5009.6—2003^[16]方法测定;总糖采用GB/T18672—2014^[17]附录B方法测定;水分按GB5009.3—2010^[18]方法测定; V_E 按国家标准GB/T5009.82—2003^[19]方法测定。

1.2.6 吸收剂量测量。参考JJG 1018-90^[20]制作重铬酸银剂量计[经中国计量科学研究院国家剂量保证服务(NDAS)比对,测量误差在 $\pm 3\%$ 以内],用于样品和批量辐照时剂量跟

踪,用紫外可见分光光度计于20℃,350 nm和440 nm波长下测量低量程和高量程重铬酸银剂量计的吸光度,并计算剂量值。

1.2.7 数据处理。先对所得到的菌落总数取对数,再以辐照剂量为自变量,相对应的细菌总数的对数值为因变量进行线性回归拟合,计算相关系数和耐辐射性能(D_{10}),用Excel作图。

2 结果与分析

2.1 不同剂量辐照对枸杞干感官品质的影响 对不同辐照剂量处理的枸杞干样品进行感官测评,主要从枸杞干的颜色、开水冲泡后枸杞干比重、溶液色泽、气味、滋味与口感、可接受性六个方面进行评价。每处理各取80粒,放入透明玻璃杯中,用开水冲泡,由食品辐照加工专业人员进行看颜色、闻香气、品味道等感官测评,测评结果见表1。当辐照剂量为1.96~6.93 kGy时,枸杞干的颜色暗红色,开水冲泡后的溶液为淡黄色,嗅闻时香甜气味浓郁,饮入时回味甘甜,与对照相同。当辐照剂量为8.11 kGy时,枸杞干的颜色稍淡,为红色,香气和味道稍淡,但没有其他异味,与对照相比差异不明显,仍可接受。1.96~8.11 kGy辐照对枸杞干比重没有影响,开水冲泡时,枸杞颗粒很快沉到杯底。因此,用8.11 kGy以下的剂量对枸杞干进行辐照,不会对枸杞干的感官品质产生明显影响。另外,样品用PE塑料袋包装,当辐照剂量为1.96 kGy时,包装袋颜色开始发生变化,随着剂量的增加,颜色逐渐加深。当辐照剂量为3.98 kGy时,包装袋颜色为淡褐色,当辐照剂量为6.02 kGy时,包装袋颜色为黄褐色,当辐照剂量为8.11 kGy时,包装袋颜色为褐色。

表1 辐照对枸杞干感官品质的影响

Table 1 Effects of irradiation on sensory quality of dried *L. barbarum*

辐照剂量 Irradiation doses//kGy	枸杞干颜色 Dried <i>L. barbarum</i> color	开水冲泡 Boiling water bubble				
		比重 Proportion	色泽 Color	气味 Smell	滋味与口感 Taste and texture	可接受性 Acceptability
0	暗红色	很快沉底	淡黄色	香气浓郁	回味甘甜	可接受
1.96	暗红色	很快沉底	淡黄色	香气浓郁	回味甘甜	可接受
3.07	暗红色	很快沉底	淡黄色	香气浓郁	回味甘甜	可接受
3.98	暗红色	很快沉底	淡黄色	香气浓郁	回味甘甜	可接受
4.87	暗红色	很快沉底	淡黄色	香气浓郁	回味甘甜	可接受
6.02	暗红色	很快沉底	淡黄色	香气浓郁	回味甘甜	可接受
6.93	暗红色	很快沉底	淡黄色	香气浓郁	回味甘甜	可接受
8.11	红色	很快沉底	淡黄色	香气浓郁	甜味稍淡	可接受

2.2 不同剂量辐照对枸杞干中微生物存活状况的影响 样品辐照结束后,对各处理杂菌总数、霉菌、大肠菌群分别进行检测。由表2可知,枸杞干初始菌落总数为 1.97×10^5 CFU/g,霉菌数为 1.20×10^2 CFU/g,大肠菌群数为 3.20×10^2 CFU/g,远超企业枸杞干卫生标准(菌落总数小于 7.50×10^2 CFU/g,霉菌数小于10 CFU/g,大肠菌群不得检出),为不合格产品。当辐照剂量为3.98 kGy时,样品中细菌总数降至 4.30×10^2 CFU/g,霉菌数小于10 CFU/g,大肠菌群未检出,符合企业枸杞干卫生标准,当辐照剂量为6.93 kGy时,其菌落总数小于10 CFU/g,远低于企业枸杞干卫生标准。

2.3 不同剂量辐照与存活微生物的关系 以表2中辐照剂量 D 为自变量,菌落总数的对数值($\lg N$)为因变量进行线性拟合,得 $a=5.48, b=-0.74$,相应的回归方程为 $\lg N=5.48-0.74D$ 。由图1可知,随着辐照剂量的增加,存活细菌数逐渐减少,呈直线负相关,相关系数为-0.995,经 F 测验, $F=23.2>F_{0.01}(16.26)$ 。该试验供试样品照前菌落总数为 1.97×10^5 CFU/g,由 $\lg N=5.48-0.74D$ 计算得到细菌 D_{10} (杀死90%的细菌所需要的辐照剂量)为1.61 kGy。当 $N<10$ CFU/g, $N_0=1.97\times 10^5$ CFU/g时,计算得到 $D=7.00$ kGy。即使用1.61 kGy的辐照剂量可以杀灭初始细菌总数为 $1.97\times$

10^5 CFU/g的枸杞干中 90%的细菌,使用 7.00 kGy 的辐照剂 量即可有效杀灭枸杞干中的微生物。

表 2 不同剂量辐照的微生物存活状况

Table 2 The survival of microbes treated at different doses

辐照剂量 Irradiation doses//kGy	细菌总数 Total number of bacteria CFU/g	细菌总数对数值 Logarithmic value of total number of bacteria	霉菌数 Number of mould CFU/g	大肠菌群数 Number of coli group//CFU/g
0	197 000	5.29	120	320
1.96	10 400	4.02	30	未检出
3.07	2 290	3.36	<10	未检出
3.98	430	2.64	<10	未检出
4.87	87	1.94	<10	未检出
6.02	11	1.06	<10	未检出
6.93	<10	<1	<10	未检出
8.11	<10	<1	<10	未检出

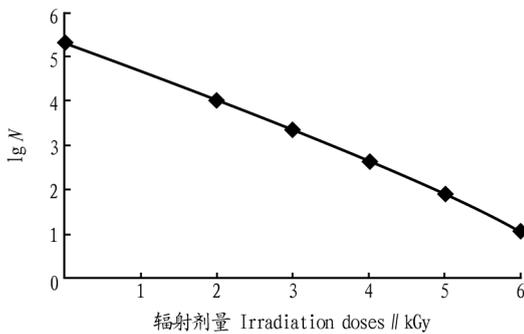


图 1 细菌的剂量-存活曲线

Fig.1 Dose-survival curve of bacteria

2.4 不同剂量辐照对枸杞干主要成分含量的影响 枸杞干经不同剂量辐照处理后,对其中的蛋白质、脂肪、总糖、水分、 V_E 等成分进行测试分析。从表 3 可以看出,不同辐照剂量对枸杞干中的蛋白质、脂肪、水分含量无明显影响。但辐照处理的总糖含量与对照相比有明显差异,辐照处理的总糖含量均高于对照,在 1.96~8.11 kGy 辐照剂量范围内,随着辐照剂量的增加,枸杞干中总糖含量逐渐升高。当辐照剂量为 8.11 kGy 时,总糖含量为 45.71%,比对照增加 8.39%。辐照剂量对枸杞干中 V_E 含量略有影响,当辐照剂量为 8.11 kGy 时, V_E 含量最低为 9.96 mg/kg,比对照低 0.66 mg/kg,在 1.96~8.11 kGy 辐照剂量范围内,随着辐照剂量的增加,枸杞干中 V_E 含量逐渐降低。

2.5 枸杞干批量辐照的吸收剂量测量 根据枸杞干样品剂量梯度试验结果,即当辐照剂量为 3.98 kGy 时,细菌总数为 4.3×10^2 CFU/g,霉菌数小于 10 CFU/g,大肠菌群未检出,符合企业枸杞干卫生标准。因此,在枸杞干批量辐照时,必须使枸杞干产品箱中最低剂量点剂量达 3.98 kGy,以此确定辐照运行速度和时间,再对枸杞干批量辐照的吸收剂量进行实测。在测试期间,选取 1 个吊具进行试验,其中有 2 列,每列 5 件产品,将其中的 1 列(5 件)作为一个整体,在上、下界及每层中间作横切面,共 7 个横切面。在每个横切面的两端及中间各布置 3 支高量程重铬酸银剂量计,每层 9 支,共 63 支。剂量计与产品一同辐照,当达到辐照时间时取出剂量计进行

仪器检测。由表 4 可知,最高剂量点剂量为 5.96 kGy,最低剂量点剂量 4.02 kGy,不均匀度为 1.48。辐照后取样进行微生物检测,发现细菌总数为 110 CFU/g,霉菌数小于 10 CFU/g,大肠菌群未检出。

表 3 辐照对枸杞干主要成分含量的影响

Table 3 Effects of irradiation on the content of main components of dried *L. barbarum*

辐照剂量 Irradiation doses//kGy	蛋白质 Protein %	脂肪 Fat//%	水分 Water//%	V_E mg/kg
0	13.43±1.02	1.52±0.07	14.22±0.67	10.62±0.06
1.96	13.21±0.96	1.51±0.08	14.43±0.52	10.60±0.08
3.07	13.02±0.87	1.47±0.10	14.66±0.72	10.56±0.03
3.98	13.67±0.31	1.43±0.06	14.12±1.12	10.33±0.47
4.87	12.93±1.12	1.50±0.04	14.57±1.03	10.13±0.67
6.02	13.11±0.84	1.46±0.07	14.18±1.15	10.30±0.77
6.93	13.17±0.63	1.47±0.13	14.11±0.43	10.20±0.33
8.11	12.97±1.06	1.50±0.08	14.01±0.58	9.96±0.86

3 结论与讨论

在该研究试验条件下,辐照对枸杞干感观品质无不良影响,低于 6.93 kGy 剂量的辐照,枸杞干开水冲泡溶液的色泽、香气、滋味和口感以及可接受性与对照相比没有变化,当辐照剂量为 8.11 kGy 时,枸杞干颜色稍微变淡,开水冲泡溶液的香气和口感稍淡,但无其他异味,仍可接受。因此,枸杞干辐照灭菌的最高耐受剂量为 8 kGy。

辐照对枸杞干具有较好的杀菌效果。枸杞干生产企业标准规定枸杞干菌落总数应小于 7.50×10^2 CFU/g,而该研究所用枸杞干的初始菌落总数为 1.97×10^5 CFU/g,霉菌数为 1.20×10^3 CFU/g,大肠菌群数为 3.20×10^2 CFU/g。根据样品剂量梯度试验结果,当辐照剂量为 3.98 kGy 时,枸杞干中菌落总数即可降低到企业标准规定的范围。6.93 kGy 的辐照剂量即可有效杀灭其中的微生物,使枸杞干中菌落总数小于 10 CFU/g。3.07 kGy 的辐照剂量可使霉菌数小于 10 CFU/g,1.96 kGy 的辐照剂量即可使大肠菌群未检出。因此,确定辐照初始微生物含量不超过 1.97×10^5 CFU/g,枸杞干的最低有

效剂量为 4 kGy。王吉德等^[2]在研究枸杞干商业化杀虫时,发现完全杀灭枸杞干表面自然污染害虫的适宜剂量为 3 kGy。该研究中当辐照剂量为 3.07 kGy 时,枸杞干细菌总数

为 2.29×10^3 CFU/g,没有达到企业标准的要求,因此,辐照剂量 4 kGy 是既能杀灭枸杞干中全部害虫,又能使其卫生学指标达到要求的最低有效剂量。

表 4 枸杞干吸收剂量检测结果

Table 4 The detection results of absorption dose of dried *L. barbarum*

层次 Layer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	kGy
1	5.96	5.87	5.92	4.12	4.04	4.11	5.96	5.86	5.81	
2	5.95	5.92	5.96	4.12	4.08	4.11	5.87	5.91	5.86	
3	5.86	5.83	5.83	4.12	4.07	4.06	5.86	5.76	5.93	
4	5.91	5.80	5.80	4.02	4.06	4.08	5.91	5.93	5.92	
5	5.87	5.84	5.79	4.08	4.11	4.14	5.83	5.82	5.83	
6	5.76	5.86	5.93	4.10	4.08	4.11	5.79	5.93	5.87	
7	5.82	5.79	5.96	4.10	4.11	4.07	5.87	5.84	5.91	

辐照对枸杞干中蛋白质、脂肪、水分含量没有明显影响,这与刘春泉等^[21]的研究结果基本一致。辐照对枸杞干中总糖含量影响明显,这与陈静萍等^[22]的研究结果一致,辐照处理后水稻秸秆的产糖率有所增加,可能是由于射线破坏了其中纤维素大分子的结构,纤维素发生降解,可溶性总糖含量增加。辐照对枸杞干中 V_E 含量略有影响,随着辐照剂量的增加, V_E 含量逐渐降低,这与劳华均等^[23]的研究结果基本一致。

一般情况下,辐照产品最低有效剂量的确定,主要考虑产品的初始染菌量、所含微生物的耐辐照性能(D_{10})、最终要达到的灭菌程度、产品密度等多种因素,而该试验是直接来自样品剂量梯度试验中得出产品辐照的最低有效剂量,即在实际批量辐照灭菌过程中,产品箱中最低剂量点剂量要达 4 kGy。批量辐照剂量跟踪结果表明,其吸收剂量为 4.02~5.96 kGy,这在该研究所得到的工艺剂量 4~8 kGy 范围内,辐照后微生物含量符合企业枸杞干卫生学要求。

参考文献

- [1] 葛邦国,刘志勇,朱风涛,等.枸杞加工研究现状与前景展望[J].食品研究与开发,2014,35(4):93-97.
- [2] 王吉德,张星魁,王成,等.枸杞干商业化辐照杀虫研究[J].核农学报,1995,16(6):266-268.
- [3] Environmental Protection Agency. EPA Acts to ban EDB pesticide[R].Environmental News U.S.,1983-09-30.
- [4] 施培新.食品辐照加工原理与技术[M].北京:中国农业科学技术出版社,2004:1.
- [5] 董智挺.我国辐照食品现状及发展对策[J].福建农业科技,2005(4):54-55.
- [6] 李淑荣,哈益明,张德权,等.冷冻水产品辐照杀菌工艺剂量的确定[J].

- 核农学报,2006(6):521-523.
- [7] 于海,曹宏,李想,等.辐照对发酵香肠品质特性的影响[J].核农学报,2010,24(6):1214-1218.
- [8] 曹宏,翟建青,韩燕,等.辐照对酱鸭保质期和营养品质的影响[J].核农学报,2010,24(5):996-1000.
- [9] 林若泰,程薇,文胜利,等.即食菜肴辐照保鲜工艺研究[J].辐射研究与辐射工艺学报,2005,23(6):333-336.
- [10] 刘春泉,冯敏,李澧,等.辐照处理对冷冻羊肉品质的影响[J].核农学报,2014,28(6):1018-1023.
- [11] 沈月,刘超超,高美须,等.辐照处理对鲜切圆生菜减菌效果及品质的影响[J].核农学报,2015,29(4):710-716.
- [12] 中华人民共和国卫生部.食品微生物学检验 菌落总数测定:GB 4789.2—2010[S].北京:中国标准出版社,2010.
- [13] 中华人民共和国卫生部.食品微生物学检验 霉菌和酵母计数:GB 4789.15—2010[S].北京:中国标准出版社,2010.
- [14] 中华人民共和国卫生部.食品微生物学检验 大肠菌群计数:GB 4789.3—2010[S].北京:中国标准出版社,2010.
- [15] 中华人民共和国卫生部.食品中蛋白质的测定:GB/T 5009.5—2010[S].北京:中国标准出版社,2010.
- [16] 中华人民共和国卫生部.食品中脂肪的测定:GB/T 5009.6—2010[S].北京:中国标准出版社,2010.
- [17] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准方法委员会.枸杞:GB/T 18672—2014[S].北京:中国标准出版社,2014.
- [18] 中华人民共和国卫生部.食品中水分的测定:GB/T 5009.3—2010[S].北京:中国标准出版社,2010.
- [19] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准方法委员会.食品中维生素 A 和维生素 E 的测定:GB/T 5009.82—2003[S].北京:中国标准出版社,2003.
- [20] 中国计量科学研究院.使用重铬酸钾(银)剂量计测量 γ 射线水吸收剂量标准方法:JJG 1018—90[S].北京:中国计量出版社,1991.
- [21] 刘春泉,刘春菊,宋江峰,等.辐照杀菌对核桃粉品质的影响[J].核农学报,2009,23(5):825-828.
- [22] 陈静萍,王克勤,熊兴耀,等.⁶⁰Co 辐照对稻草纤维组织及酶解效果的影响[J].核农学报,2008,22(3):304-309.
- [23] 劳华均,傅俊杰.辐照灭菌对鲑鱼品质的影响[J].核农学报,2004,18(3):225-227.

(上接第 97 页)

- [3] 张红霞,马雁军.乡村旅游(农家乐)发展现状与对策思路:以海南为例[J].海南大学学报(人文社会科学版),2010,28(6):8-11.
- [4] 张敬云.信阳市乡村旅游发展探究[J].河南农业,2017(24):14-15.
- [5] 张建宏.乡村旅游可持续发展面临的问题及路径选择[J].农业经济,2012(4):34-35.

- [6] 张瑞莹.武汉市黄陂区乡村旅游发展问题及对策[J].安徽农业科学,2018,46(11):96-97.
- [7] 贾县民,王喜莲.基于体验经济的游客管理研究[J].安徽农业科学,2008,36(28):12501-12502.
- [8] 余娟.成都乡村旅游资源特色及客源市场分析[J].当代经济,2008(2):94-96.