

红枣干果过热蒸汽杀菌试验研究

李婷, 李晶, 徐淑娅, 曹建昕, 任娜梅, 黄小丽* (陕西师范大学食品工程与营养科学学院, 陕西西安 710119)

摘要 [目的]减少红枣在杀菌过程中的营养物质损失,提高免洗红枣品质。[方法]研究不同蒸汽温度(130、140、150、160 ℃)和处理时间(10、20、30、40 s)对于过热蒸汽灭菌红枣干果中菌落总数、 V_c 、还原糖含量的影响,设计了2因素4水平红枣干果过热蒸汽灭菌正交试验,并寻找过热蒸汽杀菌的最优工艺。[结果]经过热蒸汽处理后,红枣表面菌落总数远低于国家标准;红枣中 V_c 含量随着杀菌温度的升高而减少,且随着杀菌时间的延长而减少;而还原糖含量虽较未处理时的红枣降低,但是随温度升高含量有明显的增加。通过正交试验确定红枣干果过热蒸汽杀菌最优工艺:温度150 ℃,杀菌时间10 s。[结论]过热蒸汽技术可在干果杀菌领域推广应用。

关键词 红枣;过热蒸汽杀菌;菌落总数;还原糖

中图分类号 TS255 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)31-0086-05

Experiment and Analysis of Dried Jujube Sterilized by Superheated Steam

LI Ting, LI Jing, XU Shu-ya, HUANG Xiao-li* et al (College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710119)

Abstract [Objective] To reduce the nutrients in the sterilization process of red dates loss, improve the quality of disposable red dates. [Method] To study the effects of sterilization temperature (130, 140, 150, 160 ℃) and processing time (10, 20, 30, 40 s) on total plate count, the content of V_c and reducing sugar of dried jujube during superheated steam sterilization, and determine optimal process parameters, two-factor, four-level orthogonal experiments of superheated steam sterilized dried jujube were carried out. [Result] Results from this study indicated that, total plate count on dried jujube sterilized by superheated steam was lower than that of national standard; the content of V_c of dried jujube sterilized by superheated steam decreased with the increase of sterilization temperature and processing time; reducing sugar content in sterilized samples increased with the increase of processing temperature, however, it was lower than that in untreated sample. Through analyzing the orthogonal experiments, optimal sterilization parameters were obtained; steam temperature was 150 ℃ and the processing time was 10 s. [Conclusion] Superheated steam technology has a prospect of application in dried fruits sterilization.

Key words Red jujube; Superheated steam sterilization; Total plate count; Reducing sugar

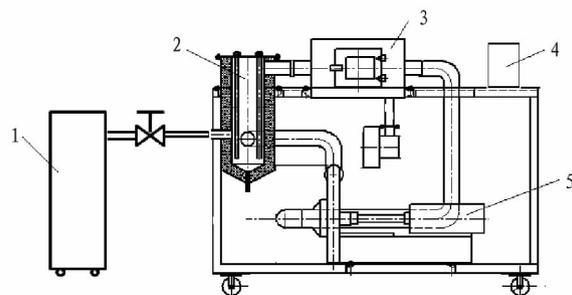
红枣,又称大枣,原产于我国,有悠久的栽培历史,具有很高的营养价值和保健作用,享有“补品王”“活性维生素丸”等美誉^[1]。红枣具有滋阴补阳、补血安神等多种功效,深受广大消费者喜爱。我国是世界上最大的红枣生产国,同时也是最大的红枣及其加工品种出口国。据统计,全国枣树栽培面积达到100万 hm^2 ,产量超过400万 t ^[2]。鲜枣易腐败霉烂,因此红枣的保藏问题一直困扰着我国的广大枣农。陈锦屏教授发明的烘房技术对于我国红枣保藏做出了巨大贡献^[3]。但随着现代生活节奏加快,简单粗糙的加工已经不能满足人们的需求,免洗红枣等精细加工产品逐渐成为潮流。笔者采用过热蒸汽对干枣进行处理,以菌落总数、 V_c 和还原糖作为评价指标,研究不同杀菌温度与杀菌时间对红枣主要营养成分的影响,获得过热蒸汽处理的最佳工艺参数,以减少红枣在杀菌过程中营养物质的损失,提高免洗红枣的品质。

1 材料与方

1.1 材料

1.1.1 主要仪器设备。高压灭菌锅(LDZX-50KBS),上海申安医疗器械厂;隔水式恒温培养箱(GSP-9080MBE),上海博迅实验有限公司医疗设备厂;恒温水浴锅(HHW-21CU-600),上海福玛实验设备有限公司;电子分析天平(JA2003N),上海精密科学仪器有限公司;打浆机、紫外分光光度计、水式循环泵(SHB-III),郑州长城科工贸有限公司;

以及实验室自行搭建的过热蒸汽高温灭菌设备,装置示意图见图1。



注:1. 蒸汽发生器;2. 电加热器;3. 处理室;4. 温度控制柜;5. 耐高温离心风机

Note: 1. steam generator; 2. electric heater; 3. treatment room; 4. temperature control cabinet; 5. high temperature centrifugal fan

图1 过热蒸汽灭菌装置

Fig. 1 Cycle of superheated steam sterilization device

1.1.2 主要试剂。无水葡萄糖、3,5-二硝基水杨酸、NaOH、酒石酸钾钠、结晶酚、亚硫酸钠、草酸、碳酸氢钠、2,6-二氯靛酚、标准抗坏血酸、NaCl等均为分析纯,以及平板计数培养基。

1.1.3 原料。红枣样品购自西安市当地自由农贸市场出售的散装干红枣(产地新疆)。

1.2 方法

1.2.1 微生物数量测定^[4-5]。测定项目为菌落总数,取处理后的红枣用蘸有无菌生理盐水的无菌棉签反复擦拭,将棉签剪入10 mL无菌生理盐水,混合均匀,取1 mL菌液混合倒平板,置于恒温箱37 ℃培养48 h,统计菌落数。对照样品为市

基金项目 陕西师范大学大学生创新创业项目(cx16125);陕西师范大学中央高校基本科研业务费专项(GK201503072)。

作者简介 李婷(1995—),女,山西晋中人,本科生,专业:食品质量与安全。*通讯作者,讲师,博士,从事食品加工工程研究。

收稿日期 2017-08-28

场上散卖的未经灭菌处理的红枣干果。

1.2.2 营养成分含量测定。红枣中 V_c 含量用 2,6-二氯酚酞滴定法测定^[6];还原糖含量采用 3,5-二硝基水杨酸法测定^[7-8]。

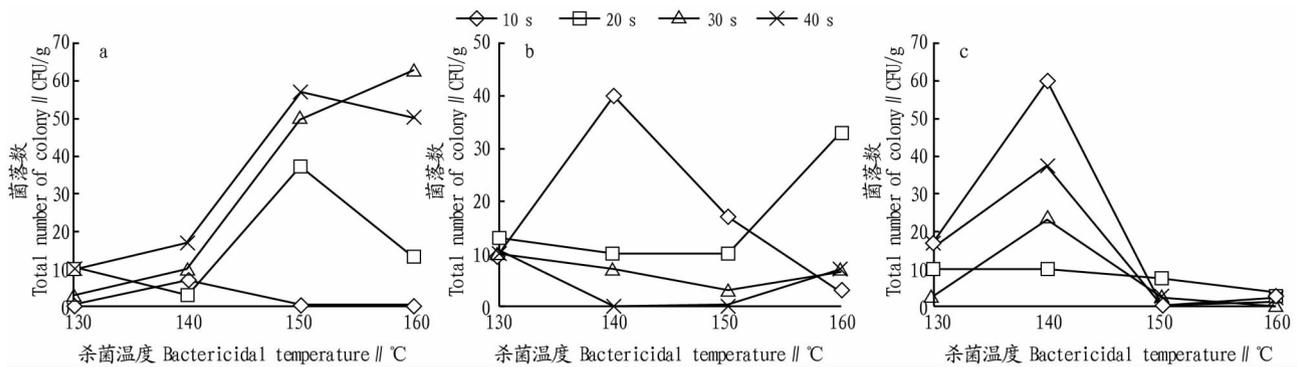
1.3 灭菌试验方法 该试验通过 2 因素(温度、时间)4 水平正交试验设计考察过热蒸汽杀菌对红枣干果品质的影响,温度采取 130、140、150、160 °C 4 个处理,杀菌时间采取 10、20、30、40 s 4 个处理,并通过真空包装保藏处理后样品,于 10、20、30 d 测定红枣菌落总数及营养指标。

2 结果与分析

2.1 不同杀菌条件对红枣杀菌效果的影响

2.1.1 过热蒸汽杀菌温度对红枣表面菌落数的影响。经过过热蒸汽杀菌后的红枣采用真空包装并在常温下保存,保存 10 d 后测红枣表面菌落群数,其随杀菌温度的升高呈增加趋

势,见图 2a。主要原因有以下 2 个方面:一是水分子在高温下易破坏氨基酸间的肽键,蛋白质在水蒸气浓度高时容易变性,随着过热蒸汽温度升高(蒸汽阀开度是固定的),水蒸气降低,使细胞蛋白质含水量减少,不易凝固,菌落总数呈现上升趋势;二是浓度较高的蒸汽其穿透性要比低浓度蒸汽的好,高浓度蒸汽冷凝时可以释放较多的潜热,能使杀菌物体的温度迅速升高,从而达到更好的杀菌效果^[9]。与未杀菌处理的原料(菌落数 460 CFU/g)相比,经过过热蒸汽杀菌的红枣其表面菌落数非常少,低于 GB 14884—2003 蜜饯卫生标准菌落总数 1 000 CFU/g,细菌菌落总数符合标准。而保存 20 和 30 d 后,红枣表面菌落数则随着杀菌温度的升高呈下降趋势,见图 2b 和 2c。原因可能是温度较高的过热蒸汽,其蒸汽浓度降低,在杀菌的同时达到了干燥的效果,不利于微生物的生长。



注:a. 真空包装常温保存 10 d;b. 真空包装常温保存 20 d;c. 真空包装常温保存 30 d

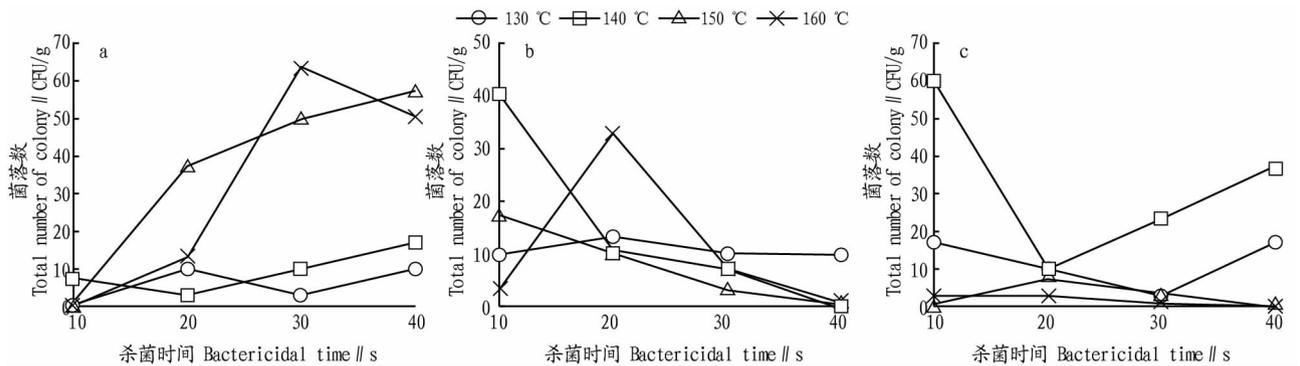
Note:a. vacuum packaging, room temperature preservation for 10 d ; b. vacuum packaging, room temperature preservation for 20 d ; c. vacuum packaging, room temperature preservation for 30 d

图 2 过热蒸汽杀菌后红枣菌落数随着杀菌温度的变化情况

Fig. 2 Changes of total plate count of jujube after superheated steam sterilization with different temperatures

2.1.2 过热蒸汽杀菌时间对红枣表面菌落数的影响。经过过热蒸汽杀菌的红枣真空包装保存 10 d 后,测定红枣表面菌落数,发现当杀菌温度为 130 和 140 °C 时,杀菌 10、20、30 和 40 s,其杀菌效果相差不明显,见图 3a;而杀菌温度为 150 和

160 °C 时,红枣表面菌落数则随着杀菌时间的延长反而明显增多。但随着保存时间延长到 20 和 30 d 时,红枣表面菌落数则随着杀菌时间的延长而减少。原因可能是杀菌时间延长,蛋白质干燥不宜凝固。



注:a. 真空包装常温保存 10 d;b. 真空包装常温保存 20 d;c. 真空包装常温保存 30 d

Note:a. vacuum packaging, room temperature preservation for 10 d ; b. vacuum packaging, room temperature preservation for 20 d ; c. vacuum packaging, room temperature preservation for 30 d

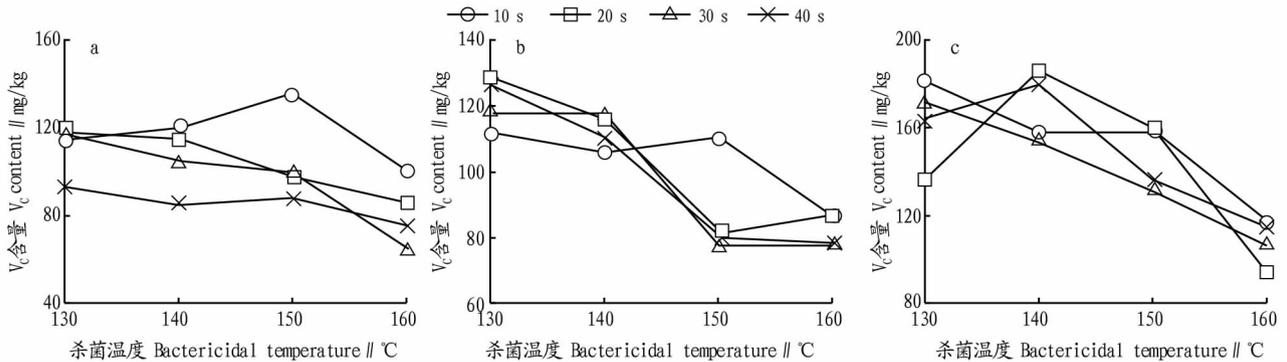
图 3 过热蒸汽杀菌后红枣菌落数随着杀菌时间的变化情况

Fig. 3 Changes of total plate count of jujube after superheated steam sterilization with different sterilization time

2.2 过热蒸汽杀菌对红枣 V_C 和还原糖含量的影响

2.2.1 过热蒸汽杀菌对红枣 V_C 含量的影响。经过热蒸汽杀菌后红枣真空包装保存过程中 V_C 含量变化与杀菌温度的关系曲线见图4。从图4中可知,红枣中 V_C 含量随着杀菌温度的升高而减少,其中,采用 160 °C 过热蒸汽杀菌,红枣 V_C 含量最少;另外,红枣 V_C 含量随着杀菌时间的延长而减少。原因是, V_C 是热敏性成分,在相同的杀菌时间内,温度越高, V_C 分解越严重,样品中保留的 V_C 就越少;而相同的杀菌温度下,杀菌时间的延长也会增加 V_C 的分解。与红枣原料中

V_C 含量 193.60 mg/kg 相比,经过热蒸汽杀菌红枣的 V_C 含量下降了 3.77% ~ 66.27%,其中,经杀菌后红枣真空保存 10、20 和 30 d,其 V_C 含量平均约 116.40 mg/kg,下降了 39.87% 左右。与辐照杀菌相比,当辐照剂量为 3×10^3 Gy 时,红枣中 V_C 含量降低 20.50%, V_C 能得到更好地保留^[10];超高压杀菌使得红枣汁中 V_C 保留率达到 93.24% 和 95.87%,非热杀菌在红枣营养成分保留上更具优势^[11]。与自然风干 2 d V_C 损失率达到 91.00% 相比^[12],红枣干果过热蒸汽杀菌技术 V_C 损失率较低。



注:a.真空包装常温保存 10 d;b.真空包装常温保存 20 d;c.真空包装常温保存 30 d

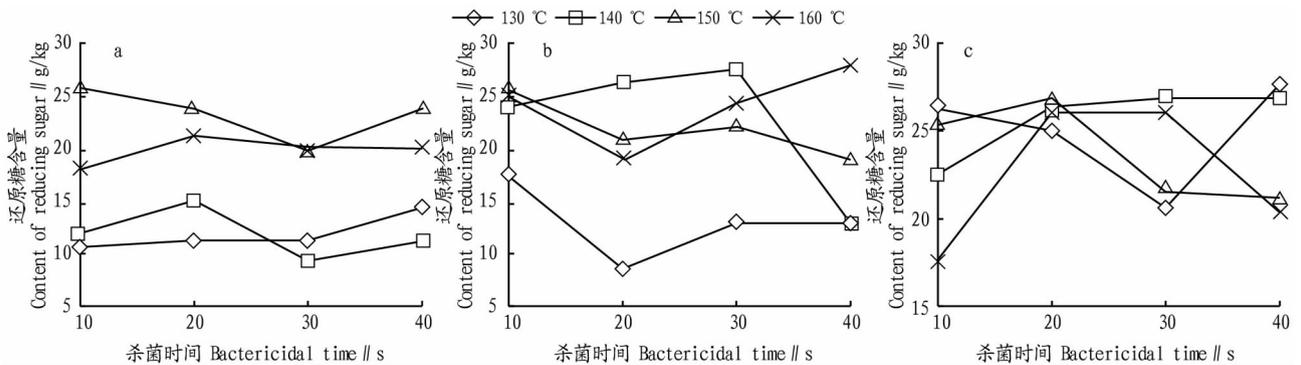
Note:a. vacuum packaging, room temperature preservation for 10 d ; b. vacuum packaging, room temperature preservation for 20 d ; c. vacuum packaging, room temperature preservation for 30 d

图4 经过热蒸汽杀菌后红枣 V_C 含量随杀菌温度的变化

Fig.4 Content changes of V_C in jujube after superheated steam sterilization with different temperatures

2.2.2 过热蒸汽杀菌对红枣还原糖含量的影响。经过热蒸汽杀菌,红枣真空包装保存过程中还原糖含量随着杀菌温度的升高而呈现增加趋势,见图5。其中,采用 130 °C 过热蒸汽杀菌,红枣还原糖含量最低。原因是,在一定的高温下,过热蒸汽能在短时间内提供给红枣较大的热量,红枣吸收大量的热量温度升高,高温使得红枣多糖在热作用下降解为还原糖,还原糖含量增加,温度越高这一过程进行得越快,所以还原糖含量随杀菌温度升高而增加;另一方面,过热蒸汽使红枣

中的酶在短时间达到最适温度,使部分多糖向小分子糖类转化^[13]。在各种杀菌温度下,不同杀菌时间对红枣还原糖含量的影响差异不大,但仍有下降趋势,这是因为,高温条件下美拉德反应速率较快,还原糖仍出现一定程度的下降^[14]。与原料中还原糖含量 61.25 g/kg 相比,经过热蒸汽杀菌后,红枣真空保存过程中还原糖含量平均 16.70 g/kg,下降了 72.73%。



注:a.真空包装常温保存 10 d;b.真空包装常温保存 20 d;c.真空包装常温保存 30 d

Note:a. vacuum packaging, room temperature preservation for 10 d ; b. vacuum packaging, room temperature preservation for 20 d ; c. vacuum packaging, room temperature preservation for 30 d

图5 经过热蒸汽杀菌后红枣还原糖含量随杀菌时间的变化情况

Fig.5 Content changes of reducing sugar in jujube after superheated steam sterilization with different time

2.3 正交试验极差分析 正交试验因素水平设计见表1,结果见表2,以菌落总数、V_C、还原糖含量为考察指标,通过正

交试验直观分析,考察对红枣品质影响最大的因素,从而确定过热蒸汽杀菌的最佳工艺参数。当以菌落总数为考察指

标时,试验所考察的 2 个因素的极差为 30.25、31.75,与空列相比,两者均为重要因素,以处理时间对杀菌效果影响最大,此时选择 A_1B_1 。以 V_c 为考察指标,2 个因素极差为 0.53、3.21,与空列相比,杀菌时间为主要影响因素,温度为次要因素,此时选择 B_1A_n ,其中 n 可以取任意值,视经济情况而定。以还原糖为考察指标,2 个因素极差为 1.14、0.27,与空列相比,杀菌温度为主要因素,而杀菌时间对此影响较小,为次要因素,此时选择 A_3B_n ,其中 B 因素条件视经济性而定。综合 3 种因素,因为任一过热蒸汽杀菌条件红枣干果菌落总数均满足即食红枣要求,所以综合考察红枣品质指标,最佳杀菌工艺为 150 °C、杀菌时间 10 s。从正交试验结果可知,此工艺

条件下,菌落总数 $\leq 0 \times 10$ CFU/g,几乎检测不出来, V_c 和还原糖含量均为最大,与极差分析结果相符。

表 1 红枣干果过热蒸汽杀菌正交试验因素水平

Table 1 Factors and levels of orthogonal test of superheated steam sterilization of Chinese jujube and dried fruit

水平 Level	因素 Factor	
	杀菌温度(A) Bactericidal temperature//°C	杀菌时间(B) Bactericidal time//s
1	130	10
2	140	20
3	150	30
4	160	40

表 2 红枣过热蒸汽杀菌工艺的确定

Table 2 Determination of superheated steam sterilization process of jujube

试验号 Test No.	因素 Factor					菌落总数 Total numbers of colony(Y_1) CFU/mL	$V_c(Y_2)$ // mg/kg	还原糖 Reducing sugar(Y_3) g/kg
	杀菌温度(A) Bactericidal temperature	杀菌时间(B) Bactericidal time	空列 Empty column	空列 Empty column	空列 Empty column			
1	1	1	1	1	1	0	114.60	10.60
2	1	2	2	2	2	10	118.40	11.30
3	1	3	3	3	3	3	116.50	11.30
4	1	4	4	4	4	10	93.50	14.40
5	2	1	2	3	4	7	120.60	11.90
6	2	2	1	4	3	3	114.60	15.00
7	2	3	3	1	2	10	105.20	9.40
8	2	4	4	2	1	17	85.20	11.30
9	3	1	3	4	2	0	135.30	25.60
10	3	2	4	3	1	37	98.00	23.80
11	3	3	1	2	4	50	100.00	20.00
12	3	4	2	1	3	57	88.70	23.80
13	4	1	4	2	3	0	100.00	18.10
14	4	2	3	1	4	13	86.30	21.30
15	4	3	2	4	1	63	65.30	20.00
16	4	4	1	3	2	50	74.70	20.00
$K_{(Y_1)1}$	23	7	103	80	117			
$K_{(Y_1)2}$	37	63	137	77	70			
$K_{(Y_1)3}$	144	126	26	97	63			
$K_{(Y_1)4}$	126	134	64	76	80			
$R_{(Y_1)}$	30.25	31.75	27.75	5.25	13.50			
$K_{(Y_2)1}$	44.31	47.05	40.39	39.48	36.31			
$K_{(Y_2)2}$	42.56	41.73	39.30	40.36	43.36			
$K_{(Y_2)3}$	42.20	38.70	44.33	40.97	41.98			
$K_{(Y_2)4}$	32.63	34.21	37.67	40.87	40.04			
$R_{(Y_2)}$	0.53	3.21	1.67	0.37	1.76			
$K_{(Y_3)1}$	4.75	6.63	6.56	6.50	6.56			
$K_{(Y_3)2}$	4.75	7.13	6.69	6.06	6.63			
$K_{(Y_3)3}$	9.31	6.06	6.75	6.69	6.81			
$K_{(Y_3)4}$	7.94	6.94	6.75	7.50	6.75			
$R_{(Y_3)}$	1.14	0.27	0.05	0.36	0.06			

3 结论

(1) 红枣中 V_c 随过热蒸汽杀菌温度升高、杀菌时间延长而减少,与传统的热加工技术相比,过热蒸汽杀菌可减少 V_c 损失,且储藏过程中红枣 V_c 含量稳定。

(2) 通过正交试验极差分析确定了红枣过热蒸汽杀菌的

最佳工艺参数为杀菌温度 150 °C,杀菌时间 10 s。在最优杀菌工艺条件下,经杀菌后红枣干果菌落总数为 0 CFU/g, V_c 含量为 135.30 mg/kg,还原糖含量为 25.60 mg/kg。

(3) 该试验为过热蒸汽在食品加工中的应用提供了参考;而经过热蒸汽杀菌,红枣真空包装保存过程中还原糖含

量随着杀菌温度的升高而呈现增加趋势,其内在机理还有待于进一步研究。

参考文献

- [1] 王军,张宝善,陈锦屏. 红枣营养成分及其功能的概况[J]. 食品研究与开发,2003,24(2):68-72.
- [2] 闫忠心,鲁周民,刘坤,等. 我国红枣资源加工利用研究现状与展望[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(6):102-108.
- [3] 陈锦屏,李光和. 红枣烘干技术[N]. 河北科技报,2004-09-21(004).
- [4] 吴芸芸. 食品从业人员手部的卫生控制[J]. 食品研究与开发,2006,27(2):197-198.
- [5] 中华人民共和国卫生部. 食品安全国家标准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
- [6] 江苏省农业科学院综合实验室. 水果、蔬菜维生素C含量测定法(2,6-二氯酚酚滴定法):GB6195-86[S]. 北京:国家标准局,1986.

(上接第77页)

总科数的5.71%,齿菌科(Hydniaceae)为东亚—北美分布科,占总科数的2.86%,锤舌菌科(Leotiaceae)、蜡伞科(Hygrophoraceae)、鸟巢菌科(Nidulariaceae)共3科为北温带分布科,占总科数的8.57%,其余均为世界分布科,不存在特有科的分布。

2.2.2.2 属的地理分布区系。通过对该保护区内调查到的87个属的地理分布特征进行统计分析和研究,区域的大型真菌属大致可以分为以下3种分布类型。其中,世界分布成分占绝大部分,其次是泛热带分布成分和少量的北温带分布成分。

(1)世界分布成分:主要指广泛分布于世界各大洲而没有特殊分布中心的属。该分布型在该保护区内共有67属,占全部属数的77.01%。其中,属于子囊菌门的属有 *Daldinia*, *Cordyceps*, *Hypoxylon*, *Xylaria*, *Isaria*, *Bisporella* 6个属,担子菌门有 *Tremella*, *Auricularia*, *Calocera*, *Dacrymyces*, *Septobasidium*, *Clavaria*, *Clavulinopsis*, *Ramaria*, *Crepidotus*, *Cantharellus*, *Schizophyllum*, *Steccherinum*, *Hydneum*, *Oxydontia*, *Corticium*, *Stereum*, *Thelephora*, *Coliolum*, *Fomes*, *Fomitopsis*, *Daedalea*, *Coltricia*, *Microporus*, *Gloeophyllum*, *Polyporus*, *Polystictus*, *Trametes*, *Pycnoporus*, *Laetiporus*, *Daedaleopsis*, *Hexagonia*, *Lenzites*, *Cyclomyces*, *Gloeoporus*, *Phellinus*, *Rigidoporus*, *Perenniporia*, *Hygrocybe*, *Pleurotus*, *Panellus*, *Panus*, *Amanita*, *Strobilomyces*, *Boletus*, *Gyroporus*, *Xerocomus*, *Russula*, *Pluteus*, *Collybia*, *Marasmiellus*, *Laccaria*, *Coprinus*, *Panaeolus*, *Psathyrella*, *Psilocybe*, *Nidula*, *Mutinus*, *Phallus*, *Lycoperdon*, *Calvatia*, *Scleroderma* 61个属。

(2)泛热带成分:主要指分布于东、西两半球的热带,或分布可达亚热带至温带,但分布中心仍在热带的属。该分布型在该保护区内共有12属,占全部属数的13.79%。主要为锈革菌属(*Hymenochaete*)、棱孔菌属(*Favolus*)、长毛孔菌属

- [7] 王俊刚,张树珍,杨本鹏,等. 3,5-二硝基水杨酸(DNS)法测定甘蔗茎节总糖和还原糖含量[J]. 甘蔗糖业,2008(5):45-49.
- [8] 全殿荣. 用工作曲线法测定甜菜作物中的蔗糖含量[J]. 江西医学检验,2000,18(4):221.
- [9] 刘育京. 消毒学基础讲座[J]. 消毒与灭菌,1987,4(2):107-111.
- [10] 朱佳廷,刘春泉,余刚,等. 辐照杀菌对红枣品质的影响[J]. 江苏农业学报,2006,22(2):164-167.
- [11] 冀晓龙,王敏,田汉英,等. 不同杀菌方式对梨枣汁贮藏过程中品质变化的影响[J]. 现代食品科技,2013,29(9):2211-2217.
- [12] 张宝善,陈锦屏,李强. 干制方式对红枣 V_C 、还原糖和总酸变化的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2004,32(11):117-121.
- [13] 谢龙,童军茂,高振江,等. 高温高湿气体射流冲击烫漂对红枣品质的影响[J]. 食品工业,2013,34(6):144-148.
- [14] 吴惠玲,王志强,韩春,等. 影响美拉德反应的几种因素研究[J]. 现代食品科技,2010,26(5):441-445.

(*Funalia*)、灵芝属(*Ganoderma*)、假芝属(*Amuroderma*)、香菇属(*Lentinus*)、条孢牛肝菌属(*Boletellus*)、小牛肝菌属(*Boletinus*)、奥德蘑属(*Oudemansiella*)、小皮伞属(*Marasmius*)、脉褶菌属(*Campanella*)、竹荪属(*Dictyophora*)12个属。

(3)北温带成分:分布于北半球(欧亚大陆及北美)温带地区,个别可到达南温带,但分布中心在北温带的属。该成分在该保护区内共有8个属,占总属数的9.20%,分别为环锈伞属(*Pholiota*)、小鬼伞属(*Coprinellus*)、乳菇属(*Lactarius*)、粉孢牛肝菌属(*Tylophilus*)、蜡伞属(*Hygrophorus*)、黑管属(*Bjerkandera*)、灰盘菌属(*Galiella*)、毛盘菌属(*Scutellinia*)。

3 结论

(1)据调查,宜黄华南虎自然保护区内分布的大型真菌资源较为丰富,共有175种,隶属2门3纲12目35科87属。

(2)从科的地理分布型看,宜黄华南虎自然保护区内有热带亚热带分布科2科,占总科数的5.71%,东亚—北美分布科有1科,占总科数的2.86%,北温带分布科有3科,占总科数的8.57%,其余均为世界分布,不存在特有科的分布。

(3)从属的分布型来看,该保护区内大型真菌主要是以世界广布成分(70.01%)为主,其次是泛热带成分(13.79%)和北温带成分(9.20%)。该地区的大型真菌种类不仅具备热带—亚热带区系特征,还具有一定比例的北温带成分。

参考文献

- [1] 邹新,雷波,余锦龙. 宜黄华南虎自然保护区蕨类植物资源及区系分析[J]. 江西化工,2015(6):81-83.
- [2] 邓叔群. 中国的真菌[M]. 北京:科学出版社,1964.
- [3] 黄年来. 中国大型真菌原色图鉴[M]. 北京:中国农业出版社,1998.
- [4] 柴新义,许雪峰,汪美英. 皖琅琊山自然保护区大型真菌群落多样性[J]. 生态学报,2010,30(6):1508-1515.
- [5] 柴新义,朱双杰,殷培峰,等. 安徽皇甫山大型真菌区系地理成分分析[J]. 生态学杂志,2012,31(9):2344-2349.
- [6] 张林平,张扬,王舒,等. 江西铜钹山大型真菌区系地理成分分析[J]. 江西农业大学学报,2013,35(3):652-663.
- [7] 苏珊英. 西天目山自然保护区的大型真菌[J]. 浙江林学院学报,1996,13(1):53-74.