

戴竹青,孙思燕,江 宁,等. 不同干燥处理对荷叶离褶伞品质的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(13):220-224.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.13.045

不同干燥处理对荷叶离褶伞品质的影响

戴竹青¹, 孙思燕¹, 江 宁¹, 刘春泉¹, 宋江峰¹, 李大婧¹, 肖亚冬¹, 张钟元¹, 解科成²

(1. 江苏省农业科学院农产品加工研究所, 江苏南京 210014; 2. 江苏省句容市农业农村局, 江苏句容 212400)

摘要:研究热风(AD)、真空(VD)、真空冷冻(FD)、微波联合真空冷冻(MD+FD)、热风联合真空冷冻(AD+FD)、微波联合热风(MD+AD)6种干燥处理对荷叶离褶伞干制品营养成分与品质的影响。不同干燥处理中,MD+FD处理后蛋白含量与总酚含量最高,分别为 (17.36 ± 0.62) mg/g 和 (7.59 ± 0.22) mg/g,显著高于其他干燥处理组($P < 0.05$)。FD、MD+FD 和 AD+FD 等3种处理样品总色差 ΔE 较小,能较好保持产品色泽。对样品的复水性及质构特性评价表明,MD+FD 组具有较高的复水比,呈现适中的硬度、较好的弹性,内聚性低,咀嚼性良好。进一步通过微观结构观察,MD+FD 组样品呈现均匀的蜂窝结构。因此,MD+FD 干燥处理产品能均衡地保留荷叶离褶伞营养成分、色泽,并具有较好的质构特性。

关键词: 荷叶离褶伞; 干燥; 营养成分; 色泽; 质构

中图分类号: TS205.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)13-0220-05

荷叶离褶伞(*Lyophyllum decastes*)别称鹿茸菇,属于担子纲伞菌目口蘑科离褶伞属,主要分布在我国中南部等地^[1]。荷叶离褶伞中蛋白质、多糖、生物碱、多酚等生物活性物质含量丰富,脂肪含量低,具增强机体免疫调节、缓解慢性疾病等营养及药用

价值^[2-3]。此外,其独特的风味和特有的口感具有广阔的市场前景。新鲜采摘的荷叶离褶伞因缺乏角质层保护,易受到微生物破坏而降低其市场价值^[4]。干燥处理可防止腐败微生物的生长,抑制酶的活性,并减慢许多水分介导的反应^[5],将荷叶离褶伞制成干品可延长产品货架期,提高附加值,助力产业提质升级。

传统的食用菌干制方式为日晒,但该方式受场地、天气、虫害影响较大,同时存在干燥周期长、卫生条件差等缺陷^[6]。通过单一或联合干燥手段进行干制逐步替代了日晒的方式。研究发现,不同干燥手段对干制产品色泽、质构、营养特性等具有较

收稿日期:2020-05-20

基金项目:国家重点研发计划(编号:2018YFD0400200);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(18)3037]。

作者简介:戴竹青(1990—),女,江苏南京人,博士,助理研究员,研究方向为农产品加工与综合利用。E-mail:bamboodzq@163.com。

通信作者:宋江峰,博士,副研究员,研究方向为农产品加工与综合利用。E-mail:songjiangfeng102@163.com。

度,以电感耦合等离子体质谱仪为方法建立了水产品中17种重金属的检测方法。通过加标回收及生物物质控样进行方法学评价,结果表明,17种重金属元素加标回收率及生物物质控样检测结果均在范围内,且线性关系、准确度和精密度良好。本方法适用于水产品中多元素检测,具有准确、快速、简便、灵敏度高等优点。

参考文献:

- [1]王 旭. 广东省蔬菜重金属风险评估研究[D]. 武汉:华中农业大学,2016:4-6.
- [2]王 豫. 浅谈食品中重金属对人体的危害及预防[J]. 青海农技推广,2010(4):8-10.

- [3]黄作明,黄 珣. 微量元素与人体健康[J]. 微量元素与健康研究,2010,27(6):58-62.
- [4]李旻明,颜崇淮. 铅中毒对儿童神经心理发育的影响[J]. 中国妇幼保健,2018,33(24):6073-6077.
- [5]刘佳麟,张家铜. 土壤重金属污染的现状及其治理[J]. 山东工业技术,2019(7):229.
- [6]毕慧玲,刘锦宏. 微量元素锌、硒、铅及生殖激素与生殖健康的关系[J]. 中国卫生标准管理,2019(8):29-31.
- [7]高彦敏,田丽彬. 重金属原子吸收分析中的干扰及消除[J]. 食品科技,2018(17):58-60.
- [8]王 璐,尚宏鑫,杨婷婷. 不同消解方式对原子荧光法测定水产品中总砷的影响[J]. 中国水产,2018(4):98-100.
- [9]实验室质量控制规范 食品理化检测:GB/T 27404—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.

大影响。赵圆圆等研究表明,真空冷冻干燥后的香菇蛋白质及维生素 B₂ 含量显著高于热风干燥和中短波红外干燥后的香菇^[7]。康明采用不同干燥方式处理无花果后,发现热风干燥后的无花果咀嚼性最大,其次是真空干燥,最后是真空冷冻干燥^[8]。此外,干燥过程中因美拉德褐变反应、酶促反应及 Strecker 降解等一系列反应对产品的风味也会产生一定影响^[9]。李文研究发现香菇经热风干燥处理后的含硫风味物质含量较冷冻干燥处理更高^[10]。因此,干燥方式对荷叶离褶伞干制品品质具决定性作用。

本研究以荷叶离褶伞为原料,采用热风(AD)、真空(VD)、真空冷冻(FD)、微波联合真空冷冻(MD+FD)、热风联合真空冷冻(AD+FD)、微波联合热风(MD+AD)6种干燥方式对荷叶离褶伞进行干制处理,探讨不同干燥方式对荷叶离褶伞色泽、

质构及营养成分的影响,为荷叶离褶伞的开发利用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 荷叶离褶伞 购自江苏江南生物科技有限公司。试验于2019年8—10月在江苏省农业科学院农产品加工研究所实验室进行。

1.2 试验方法

1.2.1 样品干燥处理 将新鲜荷叶离褶伞切除基部的培养基,清洗后自然沥干表面水分(鲜样,FS)。将预处理后的荷叶离褶伞切成5 mm的小段,分别取500 g进行AD、VD、FD、MD+FD、AD+FD和MD+AD干燥处理(具体干燥参数见表1),干燥至水分含量为(4±0.5)%。

表1 干燥处理参数

干燥方式	干燥参数
AD	热风温度为60℃
VD	真空干燥温度设为60℃,真空度50 Pa以下
FD	真空冷冻干燥机冷阱温度-40℃,真空度50 Pa以下
MD+FD	微波强度1 000 W预干燥2 min后进行真空冷冻干燥,冷阱温度-40℃,真空度50 Pa以下
AD+FD	经60℃热风干燥至含水率为60%左右,然后进行真空冷冻干燥,冷阱温度-40℃,真空度为50 Pa
MD+AD	经微波强度600 W干燥至水分含量为60%左右,然后进行热风干燥,热风干燥温度为60℃

1.2.2 蛋白、总糖测定 将干燥样品研磨制粉,称取适量粉末于去离子水中,采用超声辅助浸提30 min后过滤,沉淀重复提取1次,2次滤液合并定容至50 mL,用于蛋白和总糖测定。

1.2.2.1 蛋白测定 采用考马斯亮蓝法测定可溶性蛋白^[11]。配制0、20、40、60、80、100 μg/mL牛血清蛋白溶液用于绘制标准曲线。取1 mL标准溶液或滤液,加入5 mL考马斯亮蓝G-250试剂,混匀,静置10 min,595 nm处测吸光度计算蛋白质含量,结果以mg/g(干质量,全文同)表示。

1.2.2.2 总糖测定 采用苯酚硫酸法测定。配制0、3、6、9、12、15、18 μg/mL的葡萄糖溶液用于绘制标准线。将滤液稀释至合适浓度,取3 mL标准溶液或滤液,加入1 mL 6%苯酚溶液,摇匀,缓慢加入6 mL浓硫酸,混匀后反应30 min,490 nm处测吸光度计算总糖含量,结果以mg/g表示。

1.2.3 总酚测定 将干燥样品研磨制粉,称取适量粉末于50%(体积分数)乙醇溶液中,采用超声辅助浸提30 min后离心(8 000 r/min,15 min),沉淀重复提取1次,2次滤液合并定容至50 mL,用于总酚测

定。总酚测定采用Folin-Ciocalteu比色法^[12]。配制0、1、2、3、4、5 μg/mL没食子酸溶液用于绘制标准曲线。吸取1 mL标准溶液或滤液于试管中,依次加入5 mL蒸馏水,1 mL稀释1倍的Folin酚试剂,3 mL 7.5%的Na₂CO₃溶液,混匀,常温下避光反应2 h,765 nm处测吸光度,计算总酚含量(mg/g)。

1.2.4 粗脂肪测定 采用索氏抽提法测定植物脂肪含量,参照GB 5009.6—2016《食品中脂肪的测定》进行。

1.2.5 灰分测定 采用直接灰化法测定植物灰分含量,参照GB 5009.4—2016《食品安全国家标准食品中灰分的测定》进行。

1.2.2 复水比测定 将一定质量的干燥样品(m_1)放入温水中30 min后取出称质量(m_2),复水比= m_2/m_1 。

1.2.6 质构测定 采用质构仪(TA.20型,上海保圣科技有限公司)测定条件如下:探头型号:P/5N圆柱形探头;操作模式:下压过程中测量力;测前速度:3.0 mm/s;测试速度:1.0 mm/s;测试返回速度:3.0 mm/s;测试距离:5 mm;硬度值/g为曲线中力

的峰值。

1.2.7 色度测定 采用色差仪(CM-2300D,日本柯尼卡美能达公司)测定其色差。 $L^*=0$ 表示黑色, $L^*=100$ 表示白色; a^* 值为正表示偏红,为负表示偏绿,值越大表示偏向越严重; b^* 值为正表示被测物质偏黄,为负表示被测物偏蓝。

1.2.8 微观结构 取不同干燥方式处理后荷叶离褶伞干样品截面喷金后,通过 S-4800 场发射扫描电子显微镜(S-4800 型,日本日立公司)进行观察和图像采集。

1.3 数据处理与统计分析

每组试验平行测定 3 次,采用 Excel 2010 与 SPSS 22.0 作数据处理与差异性显著分析。

2 结果与分析

2.1 不同干燥方式对荷叶离褶伞营养品质的影响

由表 2 可知,采用不同干燥方式干燥荷叶离褶伞后,样品粗蛋白含量在 7.05~17.36 mg/g 之间,总糖含量在 134.21~275.04 mg/g 之间,总酚含量在 4.13~7.59 mg/g 之间。其中 MD+AD 处理后样品蛋白含量最低,可能是局部过热,干燥时间长引起蛋白质发生了美拉德反应^[13]。MD+FD 处理后蛋白含量显著高于其他干燥处理($P<0.05$),为 (17.36 ± 0.62) mg/g。MD+AD 处理后样品总糖含量显著高于其他干燥处理($P<0.05$),为 (275.04 ± 76.42) mg/g。MD+FD 处理后样品的总酚含量显著高于其他干燥处理($P<0.05$),为 (7.59 ± 0.22) mg/g。分析原因可能是联合干燥缩短了样品干燥时间,低温真空条件下,隔绝氧气,相关酶活性较低,酚类物质不易被氧化^[14]。粗脂肪含量最高的是 MD+FD 组,最低的是 VD 组。此外,VD、MD+FD 及 MD+VD 组灰分含量均较高。

2.2 不同干燥方式对荷叶离褶伞色泽的影响

由表 3 看出,FD 样品的 L^* 、 a^* 、 b^* 和鲜样比无显著差异。其次,MD+FD 和 AD+FD 处理组样品的总色差 ΔE 较小,能较好保持产品的色泽。MD+AD 样品 L^* 最小,总色差 ΔE 最大,产品色泽暗沉,褐变严重。FD 处理温度低且隔绝氧气,抑制了酶促褐变反应,因此含 FD 处理的样品色泽保持度好^[15]。而 MD+AD 样品褐变严重,褐变产物可能为加热过程中氨基酸与还原糖的美拉德反应所致^[16]。

2.3 不同干燥方式对荷叶离褶伞复水性及质构的影响

复水性是评价干燥样品吸水后外观形态恢复

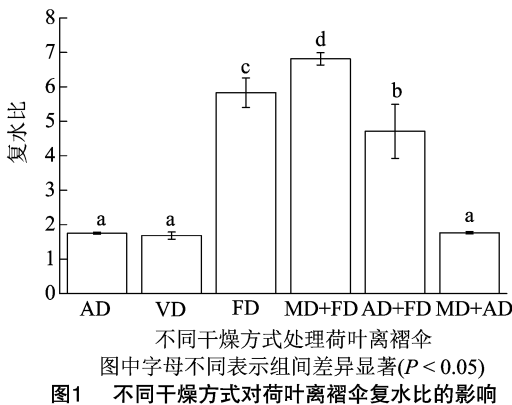
表 2 不同干燥方式对荷叶离褶伞中营养成分的影响

干燥方式	蛋白含量 (mg/g)	总糖含量 (mg/g)	总酚含量 (mg/g)	粗脂肪含量 (%)	灰分含量 (%)
FS	22.60±0.98e	210.66±13.29ab	9.58±0.79d	3.74±0.03f	16.07±0.03g
AD	11.38±0.35bc	178.68±26.93a	4.17±0.11a	2.10±0.01b	8.97±0.02c
VD	7.05±0.15a	181.96±7.85a	7.36±0.32c	1.92±0.01a	9.66±0.01f
FD	11.39±1.02bc	134.21±23.84a	6.23±0.07b	3.17±0.02e	7.96±0.05a
MD+FD	17.36±0.62d	209.14±24.92ab	7.59±0.22c	3.88±0.03g	9.31±0.01e
AD+FD	12.25±0.02c	188.36±10.32a	4.13±0.06a	2.74±0.01d	8.83±0.01b
MD+AD	10.33±0.55b	275.04±76.42b	6.03±0.06b	2.64±0.04c	9.05±0.02d

注:同列数据后小写字母不同表示组间差异显著($P<0.05$)。下表同。

表 3 不同干燥方式对荷叶离褶伞色泽的影响

干燥方式	L^*	a^*	b^*	ΔE
FS	35.92±6.95de	1.96±0.56a	11.84±0.97b	
AD	26.07±1.68c	0.79±0.08a	0.77±0.16a	14.86±0.78c
VD	16.14±2.94b	1.73±0.79a	2.33±0.84a	21.95±0.18d
FD	27.65±6.53d	2.18±0.89a	11.26±1.42b	8.29±0.26c
MD+FD	44.89±9.53f	4.26±1.38b	16.85±2.55c	10.53±0.13a
AD+FD	42.30±5.90e	4.12±1.77b	16.52±3.36c	8.20±0.35b
MD+AD	8.53±1.68a	1.81±0.45a	2.07±0.86a	29.24±1.80a



至原状态的重要指标之一,复水比大,复水时间短,说明干燥后样品内部空隙大^[17-18]。从图 1 可以看出,复水比的大小顺序为:MD + FD > FD > AD + FD > MD + AD > AD > VD。真空冷冻干燥处理对样品组织和分子结构破坏较小,保持了样品原有的疏松结构,同时在微波能作用下样品内部产生膨化,减缓了皱缩现象,因此 MD + FD 组具有较高的复水比^[19-20]。AD、VD 以及 MD + AD 的高温环境使样品皱缩严重,易造成表面硬化结壳,因而复水性能差^[21]。结合表 4 可看出,MD + FD 组呈现适中的硬度、较好的弹性,内聚性低,咀嚼性良好。

表 4 不同干燥方式对荷叶离褶伞质构的影响

干燥方式	硬度 (g)	内聚性	弹性 (mm)	咀嚼性 (mJ)
FS	428.00 ± 17.72ab	0.85 ± 0.02e	4.61 ± 0.16c	13.93 ± 0.34d
AD	4 344.50 ± 1 699.55d	0.35 ± 0.03c	2.57 ± 0.77b	23.53 ± 2.46e
VD	201.00 ± 48.67a	0.49 ± 0.06d	4.86 ± 0.04c	3.63 ± 0.17ab
FD	1 816.50 ± 664.76c	0.21 ± 0.02b	2.60 ± 0.25b	8.13 ± 2.34c
MD + FD	1 248.00 ± 215.32abc	0.18 ± 0.00ab	4.76 ± 0.02c	3.27 ± 0.19ab
AD + FD	1 566.50 ± 343.10bc	0.13 ± 0.02a	1.09 ± 0.22a	1.10 ± 0.33a
MD + AD	636.00 ± 110.91abc	0.37 ± 0.03c	2.72 ± 0.25b	5.87 ± 0.42bc

2.4 不同干燥方式对荷叶离褶伞微观结构的影响

由图 2 可知,AD 组和 VD 组具有较为相似的内部微观结构,MD + AD 组与 AD 及 VD 组表面都很紧致,但 MD + VD 组表面具有明显的孔状结构。研究表明,样品在加热过程中内部细胞壁渗透性容易被破坏,表面皱缩起壳,结构更加紧致,而微波条件下干燥样品具有多孔性^[22]。FD 组、MD + FD 组、AD + FD 组都具有蜂窝结构,但是 FD 组的内部蜂窝状相对更均匀,MD + FD 组孔径最大,AD + FD 组次之。

3 结论与讨论

本研究探讨了不同干燥加工方式对荷叶离褶伞营养成分变化与产品品质的影响。在 6 种干燥处理中,MD + FD 处理后样品中蛋白与多酚保留率最高,其次 MD + AD 处理多糖保留率最高,两种联合干燥方式均能较好地保留荷叶离褶伞中的营养成分。通过对干燥后产品色泽与质构特性的分析,FD、MD + FD 和 AD + FD 3 种干燥处理能较好地保留产品的色泽并具有良好的复水性。但 MD + FD 组呈现出最为适中的硬度和较好的弹性,内聚性低,咀嚼性良好。内部微观结构的观察也证实 MD + FD 处理样品呈现均匀的蜂窝孔状结构,荷叶离褶伞内

部结构保持良好。综合营养成分保留率、产品质构与色泽品质,MD + FD 联合干燥处理能获得最优的荷叶离褶伞干制产品。

参考文献:

[1] 张芬琴,李彩霞,李 鹏,等. 荷叶离褶伞可溶性多糖提取工艺研究[J]. 食品工业科技,2010,31(5):224-225,350.

[2] Ukawa Y, Izumi Y, Ohbuchi T, et al. Oral administration of the extract from Hatakesimeji (*Lyophyllum decastes* Sing.) mushroom inhibits the development of atopic dermatitis-like skin lesions in NC/Nga mice[J]. Journal of Nutritional Science & Vitaminology, 2007,53(3):293-296.

[3] Gu Y, Ukawa Y, Suzuki I, et al. Radiation protection effect on Hatakesimeji (*Lyophyllum decastes* Sing.) [J]. International Congress,2002,1236(1):495-499.

[4] Wang Q, Li S, Han X, et al. Quality evaluation and drying kinetics of shitake mushrooms dried by hot air, infrared and intermittent microwave-assisted drying methods[J]. LWT - Food Science and Technology,2019,107:236-242.

[5] García - Segovia P, Andrés - Bello A, Martínez - Monzó J. Rehydration of air-dried Shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) caps: comparison of conventional and vacuum water immersion processes[J]. LWT - Food Science & Technology,2011,44(2):480-488.

[6] 卜庆状. 真空冷冻干燥和热风干燥对猴头菇营养品质的影响[J]. 食品科技,2018,43(5):104-108.

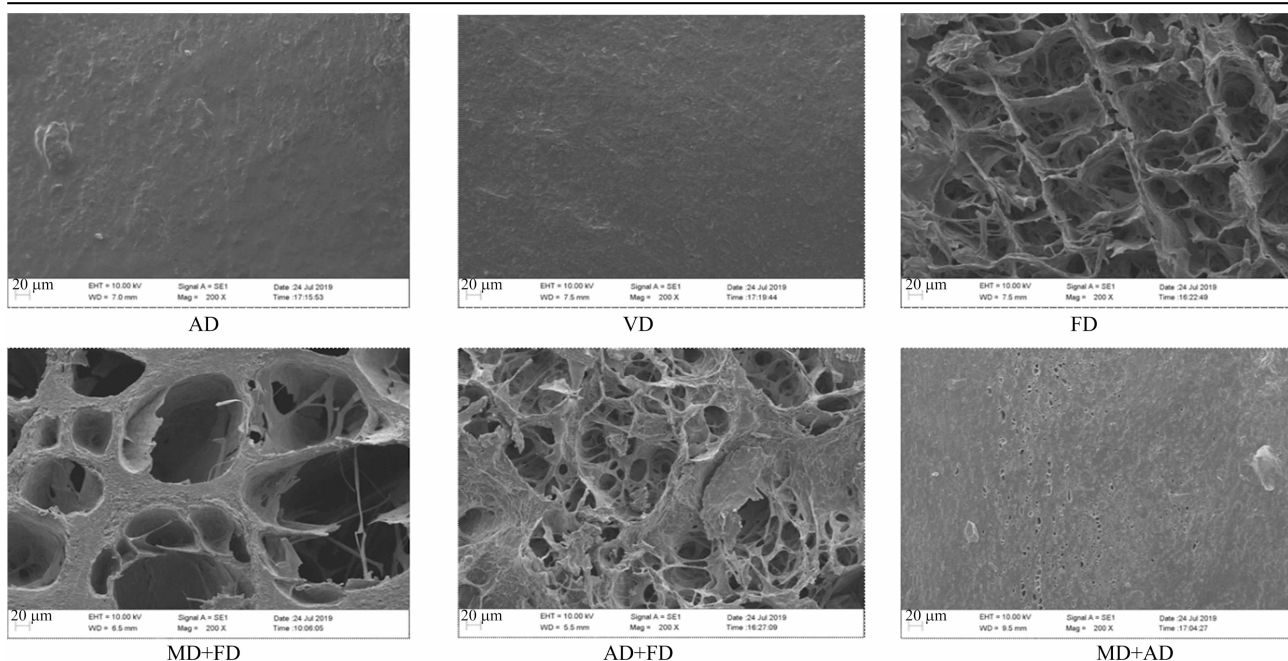


图2 不同干燥方式对荷叶离褶伞微观结构的影响

- [7] 赵圆圆, 易建勇, 毕金峰, 等. 干燥方式对复水香菇感官、质构及营养品质的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(3): 101–108.
- [8] 康明, 陶宁萍, 俞骏, 等. 不同干燥方式无花果干质构及挥发性成分比较[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(4): 204–210.
- [9] 侯会, 陈鑫, 方东路, 等. 干燥方式对食用菌风味物质影响研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(15): 4877–4883.
- [10] 李文, 杨焱, 陈万超, 等. 不同干燥方式对香菇含硫风味化合物影响[J]. 食用菌学报, 2018, 25(4): 71–79.
- [11] Zuo S S, Lundahl P. A micro – bradford membrane protein assay [J]. Analytical Biochemistry, 2000, 284(1): 162–164.
- [12] Abozed S S, Elkalyoubi M H, Abdelrashid A, et al. Total phenolic contents and antioxidant activities of various solvent extracts from whole wheat and bran [J]. Annals of Agricultural Sciences, 2014, 59(1): 63–67.
- [13] 杜冉, 郑新雷, 王世雄, 等. 真空微波干燥技术对食用菌粉品质的影响[J]. 食品科技, 2018, 43(7): 76–82.
- [14] 邢颖, 张月, 徐怀德, 等. 不同干燥方法对生姜叶活性成分和抗氧化活性的影响[J/OL]. 食品工业科技, 2020. [2020–05–07]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1759.TS.20200417.1529.012.html>.
- [15] Artanaseaw A, Theerakulpisut S, Benjapiyaporn C. Drying

- characteristics of Shiitake mushroom and Jinda chili during vacuum heat pump drying [J]. Food and Bioproducts Processing, 2010, 88(2): 105–114.
- [16] Izli N, Isik E. Effect of different drying methods on drying characteristics, colour and microstructure properties of mushroom [J]. Journal of Food & Nutrition Research, 2014, 53(2): 105–116.
- [17] 邢娜, 王金庆, 厉建国, 等. 不同干燥方法对苹果片品质及微观结构的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(16): 148–154.
- [18] Yi J, Zhou L, Bi J, et al. Influences of microwave pre – drying and explosion puffing drying induced cell wall polysaccharide modification on physicochemical properties, texture, microstructure and rehydration of pitaya fruit chips [J]. LWT – Food Science and Technology, 2016, 70: 271–279.
- [19] 扶庆权, 王海鸥, 陈雨, 等. 不同干燥方式对白玉菇品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2019, 49(17): 148–152.
- [20] 赵旭博, 孙正宏, 田阳, 等. 不同干燥方式对香菇品质的影响[J]. 农产品加工, 2017(1): 115–117, 120.
- [21] 杨婷, 朱天霞, 曹英, 等. 不同干燥方法对黄绿蜜环菌品质的影响[J]. 食品科技, 2018, 43(6): 68–72.
- [22] 陈春莲, 徐小峰, 彭秀分, 等. 微波干燥对果蔬制品的影响[J]. 农产品加工, 2019, 19: 34–37, 40.