

干燥方式对太和香椿芽品质的影响

Effect of three drying methods on the quality of Taihe toona sinensis bud

刘艳红¹

熊张平²

季春艳¹

李双芳¹

刘生杰¹

LIU Yan-hong¹ XIONG Zhang-ping² JI Chun-yan¹ LI Shuang-fang¹ LIU Sheng-jie¹

(1. 阜阳师范大学信息工程学院, 安徽 阜阳 236000; 2. 西南林业大学化学工程学院, 云南 昆明 650224)

(1. School of Information Engineering, Fuyang Normal University, Fuyang, Anhui 236000, China;

2. School of Chemical Engineering, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224, China)

摘要:对太和香椿芽分别进行自然干燥、不同温度的热风干燥和真空冷冻干燥,测定干燥后太和香椿芽的 V_C 、叶绿素、总黄酮及蛋白质等营养成分含量变化和复水性能,综合评价干燥方式对太和香椿芽品质的影响。结果表明,真空冷冻干燥方式获得的干制品中 V_C 、叶绿素、总黄酮和蛋白质的保留量最高,分别为74.00 mg/100 g和14.1, 3.50, 8.12 mg/g,其复水性能和综合评价均优于自然干燥和热风干燥。热风干燥中,当干燥温度为50℃时,干制品综合评价价值最高,略低于真空冷冻干燥。综上,真空冷冻干燥获得的干制品综合评价最高,能最大程度保留太和香椿芽的色泽、风味、质地结构和营养成分。在不考虑生产成本的情况下,真空冷冻干燥是最佳干燥方式,50℃的热风干燥次之,自然干燥的综合评价最低。

关键词:香椿芽;自然干燥;热风干燥;真空冷冻干燥;营养成分;综合评价

Abstract: The natural drying, hot air drying at different temperatures and vacuum freeze drying were carried out on the buds of Taihe toon respectively. The changes of nutrient components such as V_C , chlorophyll, total flavone and protein and the rehydration performance of Taihe toon buds after drying were determined. The effects of different drying methods on the quality of Taihe toon buds were comprehensively evaluated. In the dry products obtained by vacuum freeze-drying, the retention of V_C , chlorophyll, total flavonoids and protein was the highest, which

were 74.00 mg/100 g, 14.1 mg/g, 3.50 mg/g, 8.12 mg/g, respectively. The rehydration performance and comprehensive evaluation were better than the natural drying and hot air drying methods. In the hot air drying method, when the drying temperature is 50℃, the comprehensive evaluation value of dry products was the highest, which was slightly lower than vacuum freeze drying. Among the three different drying methods, the comprehensive evaluation of the dried products obtained by vacuum freeze-drying was the best, which can retain the color, flavor, texture and nutrients of Taihe toon buds to the greatest extent. Without considering the production cost, vacuum freeze drying is the best drying method, followed by hot air drying at 50℃, and the lowest comprehensive evaluation of natural drying.

Keywords: Taihe toona sinensis bud; natural drying; hot air drying; vacuum freeze drying; nutrients; comprehensive evaluation

太和香椿芽是安徽省名特产品,因其特色优势又被称为“贡椿”^[1]。太和香椿芽富含 V_C 、蛋白质、多糖、黄酮类和挥发油等生物活性成分^[2-3],具有抗菌消炎、消除自由基、抗过敏、抗氧化和调节血脂等生理功效^[4-5]。太和香椿芽虽然营养丰富,但季节时令性强,易腐烂变质,贮藏时间短^[6]。其深加工主要以腌制为主,深加工途径较单一^[7],没有市场竞争优势。

脱水干燥技术可降低香椿芽的含水量,增加香椿芽中可溶物质浓度,降低香椿芽内各种酶活力,从而降低各种微生物的生长、繁殖速度,减缓香椿芽腐烂变质,延长香椿芽在室温下的贮藏时间,且便于香椿芽在销售前后的运输和携带。经复水后,香椿芽基本上可以恢复原有新鲜度^[8]。赵美香等^[9]研究了热风干、真空、真空冷冻和微波干燥对香椿芽中叶绿素、 V_C 、氨基酸态氮和蛋白质含量的影响。高海生等^[10]研究了热风和微波干燥方式对香椿芽叶绿素和 V_C 含量、复水比及干燥后叶片表面微观结构的影响。但各研究对象香椿芽没有鲜明的地域特性,

基金项目:阜阳师范学院信息工程学院科学研究(一般)项目(编号:2018FXGZK03, 2019FXGXZK03);安徽省大学生创新创业计划项目(编号:201913619011, 201913619012);阜阳师范学院校级质量工程一般项目(编号:2018FXJY04);阜阳市政府—阜阳师范学院横向合作项目(编号:XDHX2016015);安徽省教育厅质量工程项目(编号:2016jyxm0774)

作者简介:刘艳红(1989—),女,阜阳师范大学信息工程学院讲师,硕士。E-mail:liuyanhong8917@126.com

收稿日期:2020-04-14

干燥方式对香椿芽中具有药用价值的总黄酮含量的影响尚未见报道,对香椿芽干制品的色泽、风味、质地结构和营养成分等因素进行综合分析评价的研究也鲜见报道。任广跃等^[11]仅对香椿芽干制品的叶绿素含量、V_C含量和复水率进行了评价,赵美香等^[9]、李湘利等^[12]对香椿芽干制品的综合评价中,未对总黄酮含量进行分析评价。

试验拟以安徽省太和县香椿芽为研究对象,研究不同干燥方式对香椿芽中总黄酮及其他有效成分的影响,并将香椿芽干制品的色泽、风味、质地结构等感官品质与活性营养成分等内外品质进行综合评价。旨在探究太和香椿芽较合理有效的干燥方式,延长和提高太和香椿芽的贮藏时间和市场竞争力,解决太和香椿芽面临需求旺盛和供给不足的尴尬局面,为太和香椿芽进一步的深加工提供依据。

1 材料与方式

1.1 材料与仪器

新鲜香椿芽:市售;

草酸、偏磷酸、抗坏血酸、2,6-二氯酚酞钠、无水乙醇、氢氧化钠、亚硝酸钠、硝酸铝、芦丁标准品、丙酮、牛血清白蛋白、考马斯亮蓝 G-250、磷酸、焦亚硫酸钠、小苏打:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

电热鼓风干燥箱:DGT-P135 型,合肥华德利科学器材有限公司;

紫外分光光度计:UV-1950 型,北京普析通用仪器有限公司;

台式冻干机:ALPHA 1-2LD PLUS 型,广州雷得生物技术有限公司;

超速冷冻离心机:3-18KS 型,盐城市凯特实验仪器有限公司;

高速粉碎机:XJA-100A 型,上海标本模型厂;

实验室旋风式粉碎磨:FS-II 型,浙江托普云农科技股份有限公司;

数显恒温水浴锅:HH-4J 型,金坛市金瑞尔电器有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 原料预处理 剔除香椿不能食用的老叶和木质化的老根,选择新鲜、无病虫害、无机械损伤、色泽好的嫩叶嫩芽。用去离子水漂洗干净,然后将香椿芽放入浓度为 0.1%碳酸氢钠的沸水内烫漂 30 s,再将香椿芽放于浓度为 0.1%焦亚硫酸钠溶液中浸泡 30 s 捞出,沥干备用。

1.2.2 香椿芽的干燥 将处理好的香椿芽样品随机称量装盘,每份 50.00 g,然后摊成薄层。以香椿芽含水量为评价指标,对 3 种干燥方式的工艺条件和参数进行设置^[13],见表 1。

1.2.3 V_C含量的测定 采用 2,6-二氯酚酞酚法^[18]。

1.2.4 叶绿素含量的测定 利用分光光度计进行测定^[19]。

1.2.5 总黄酮的测定 精密称取干燥至恒重的芦丁对照品 10 mg,置于 50 mL 容量瓶中,60%乙醇定容,得浓度为 0.2 mg/mL 的标准液。精密吸取 0.0,0.2,0.4,0.6,0.8,1.0 mL 标准液分别于 25 mL 容量瓶中,分别加入 1 mol/L 的 NaOH 溶液 5 mL,0.1 mol/L 的 AlCl₃ 溶液 3 mL,60%乙醇定容,静置 10 min,摇匀,测定 331 nm 处吸光值,绘制标准曲线,其方程为 $y=0.013\ 9x-0.000\ 6$, $R^2=0.999\ 5$ 。用超声波辅助乙醇溶液浸提香椿叶中黄酮化合物,并用乙酸乙酯进行萃取,测定萃取物中总黄酮含量^[20]。

1.2.6 蛋白质含量的测定 参照杨正坤等^[21]的方法并修改,测定 595 nm 处吸光值,并绘制标准曲线,其方程为 $y=0.032\ 5x-0.072\ 5$, $R^2=0.998\ 8$ 。称取一定量不同干燥方式的香椿芽样品,测定其蛋白质含量。

1.2.7 失水率的测定 按 GB 5009.3—2016 执行。

1.2.8 复水性能的测定 样品放入装有一定温度蒸馏水的烧杯内,将烧杯在相同温度的水浴锅内水浴,并不断搅拌以防止样品复水不充分,复水结束后,将样品冷却并用滤纸吸去表面水分^[22]。按式(1)计算复水比^[23]。

$$R_{\text{复}} = \frac{G_{\text{复}}}{G_{\text{干}}}, \tag{1}$$

式中:

表 1 3 种干燥方式的工艺条件和参数

Table 1 Process conditions and parameters of 3 drying methods

干燥方式	参数设置	操作要点
自然干燥	将样品置于纱网上,于太阳光直接照射下进行干燥	每天同一时刻称重,直至样品质量不再变化
热风干燥	参照李湘利等 ^[12,14] 的方法并改进,热风干燥箱风速 1.5 m/s,分别于 50,55,60,65 ℃下进行热风干燥	0~2 h,每隔 15 min 称量一次,2 h 后,每隔 30 min 称量一次,直至干制品质量不再变化 ^[15]
真空冷冻干燥	参照冯骏等 ^[16] 的方法并改进,将样品于冰箱内预冻后,当样品温度接近-30 ℃时,开启搁板制冷,当搁板温度低于-35 ℃时,将样品放入真空冷冻干燥器内,打开开关,待真空冷凝器温度下降至-35 ℃后,开启真空泵对真空冷冻干燥机进行抽真空处理	每 2 h 称重一次,直至干制品质量不再变化 ^[17]

$R_{复}$ ——复水比;
 $G_{复}$ ——产品复水后重量,g;
 $G_{干}$ ——产品复水前重量,g。

1.2.9 香椿芽干制品品质综合评价 参照李崇高等^[24]的方法并改进,根据香椿芽干制品的色泽、风味、质地结构和营养物质含量等进行综合打分,评定标准见表 2。

表 2 香椿芽干制品品质综合评价标准

Table 2 Comprehensive evaluation criteria for the quality of spicy bud dry products

品质指标	评分标准	分值	品质指标	评分标准	分值	品质指标	评分标准	分值
色泽	呈红黑色,鲜亮	8~10	质地结构	组织紧凑枝叶	8~10	总黄酮含量/ (mg · g ⁻¹)	271~360	13~16
	呈红色,较鲜亮	5~7		坚挺			181~270	9~12
	多呈绿色,不鲜亮	2~4		质脆	5~7		91~180	5~8
	呈黄褐色,无光泽	0~1		硬度较大略有萎缩	2~4		0~90	0~4
	特征风味浓郁,无异味	8~10		组织变软硬度差	0~1	蛋白质含量/ (mg · g ⁻¹)	6.70~8.80	10~12
风味	特征风味淡,无异味	5~7	V _C 含量/ (10 ⁻² mg · g ⁻¹)	91~120	10~12		4.50~6.60	7~9
	基本无特征风味,无异味	2~4		61~90	7~9		2.30~4.40	4~6
	无特征风味,有轻微焦糊味	0~1		31~60	4~6		0.00~2.20	0~3
				0~30	0~3	复水比	4.60~6.00	16~20
				13~16	10~12		3.10~4.50	11~15
			叶绿素含量/ (mg · g ⁻¹)	9~12	7~9		1.60~3.00	6~10
				5~8	4~6		0.00~1.50	0~5
				0~4	0~3			

1.3 统计分析

每组试验重复 3 次,应用 SPSS 软件对试验数据进行显著性分析,字母不同表示差异显著 ($P<0.05$),采用 Origin 2018 软件作图。

2 结果与分析

2.1 对 V_C 含量的影响

由图 1 可知,自然干燥干制品的 V_C 保留率最低,为 18.5 mg/100 g;热风干燥中,当干燥温度为 55 ℃ 时,干制品 V_C 损失最少,为 52.00 mg/100 g;真空冷冻干燥中,干制品 V_C 保留率最高,为 74.00 mg/100 g,是自然干燥的 4 倍,是 55 ℃ 下热风干燥的 1.4 倍。这可能是由于 V_C 极

不稳定,遇到光、热、氧气和碱性物质等易发生氧化分解^[25]。热风干燥过程中,样品中 V_C 含量随温度的升高先升高后降低,可能是因为在此较低温度范围内,随着干燥温度的上升,V_C 的氧化降解速率加快,同时,也加快了样品干燥进程,缩短了样品受热干燥的时间,因此,干燥温度为 55 ℃ 的 V_C 含量高于 50 ℃ 的;而当温度超过一定范围时,V_C 因高温加速氧化分解而使其含量显著下降,与袁江兰等^[26]、朱香燕等^[27] 的研究结果一致。自然干燥过程中,样品长时间受光照和氧气的作用而发生氧化分解,V_C 含量显著下降。真空冷冻干燥中,由于样品既不与氧气接触,又不受高温影响,因此样品中 V_C 被破坏程度小,V_C 含量下降幅度最小^[28]。

2.2 对叶绿素含量的影响

由图 2 可知,自然干燥干制品叶绿素保留量为 11.87 mg/g;热风干燥中,当干燥温度为 50 ℃ 时,样品中叶绿素保留量最高,为 12.6 mg/g,高于自然干燥;真空冷冻干燥干制品叶绿素保留量为 14.1 mg/g,是自然干燥的 1.2 倍,是 50 ℃ 热风干燥的 1.1 倍,与烫漂处理后叶绿素保留量无显著性差异。这可能是由于叶绿素性质极不稳定,自然干燥过程中,样品长时间受光照和氧气作用,叶绿素被光分解和氧化降解;热风干燥过程中,由于受热和氧气等因素的影响,叶绿素被热分解和氧化降解为一系列小分子物质,且随干燥温度的升高,其降解速率逐渐加快^[29];而真空冷冻干燥避免了光照、高温和样品与氧气的

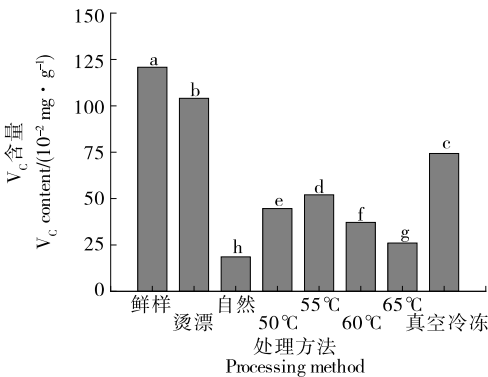


图 1 不同方式干燥样品的 V_C 含量

Figure 1 V_C content determination results in different drying methods

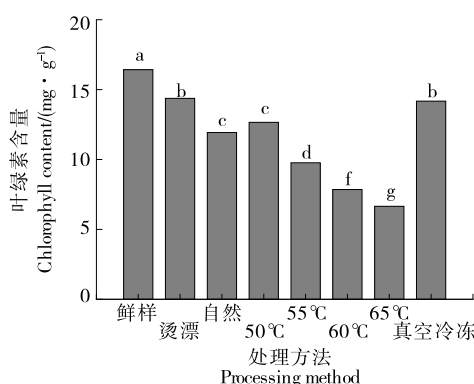


图2 不同方式干燥样品的叶绿素含量

Figure 2 Determination of chlorophyll content in different drying methods

接触,因此最大限度地保留了样品的叶绿素含量,与烫漂处理的叶绿素保留率基本一致。

2.3 对总黄酮含量的影响

由图3可知,真空冷冻样品的总黄酮含量损失最少,其保留量为3.50 mg/g,是自然干燥的1.2倍,是50℃热风干燥的1.3倍,可能是因为真空冷冻干燥先在低温下预冻数小时,且升华干燥在真空低温下进行,故对黄酮类物质成分影响较小。相比于热风干燥,自然干燥的总黄酮损失量较小,说明黄酮类物质在有氧且持续加热的环境中易受热氧化分解,导致干样品中黄酮类化合物损失严重,可能是由于某些黄酮类物质成分对干燥温度因素的影响较为敏感,而对空气因素的影响敏感度较低^[30];也可能是由于干制过程中酶和底物的区域化分布受到破坏,部分黄酮类物质被氧化或发生聚合反应^[28],总黄酮含量降低。热风干燥的温度梯度处理中,随着热风干燥温度的升高,总黄酮含量总体呈下降趋势,但总黄酮含量在热风干燥温度梯度中变化差距较小,说明当干燥温度为50~65℃时,干燥温度对黄酮类物质的氧化速度变化不大,可能是由于此时的黄酮类物质成分对干燥温度的敏

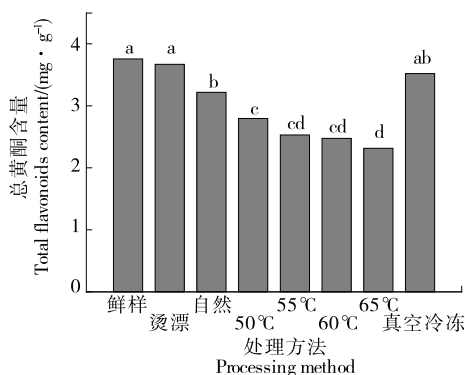


图3 不同方式干燥样品的总黄酮含量

Figure 3 Determination of total flavonoids in different drying methods

感度较低^[31]。

2.4 对蛋白质含量的影响

由图4可知,真空冷冻干燥干制品的蛋白质含量最高,为8.19 mg/g,是自然干燥的1.4倍,是55℃热风干燥的1.3倍,显著高于其他干燥方式。热风干燥过程中,当干燥温度为55℃时,干制品中蛋白质含量最高,为6.44 mg/g,当热风干燥温度为65℃时,干制品中蛋白质含量低于自然干燥。这可能是热风干燥过程中,蛋白质受热氧化,或与样品中的其他酸性或碱性成分发生反应,蛋白质大量损失^[14];自然干燥过程中,由于干燥时间较长,环境温度不能迅速抑制酶活,呼吸作用持续较长,有机物质消耗高,且受光照和氧气等环境因素影响,发生光解或酶促氧化反应,蛋白质含量下降^[17];而真空冷冻干燥过程中,处理温度低和与氧气接触的机会减少,干制品蛋白质保留量最好。

2.5 对干制品失水率的影响

由图5可知,新鲜太和香椿芽的含水率为87.23%。真空冷冻干燥干制品的失水率最大,为85.70%,即干制品含水量最低,干燥效果最佳。而热风干燥温度梯度中,

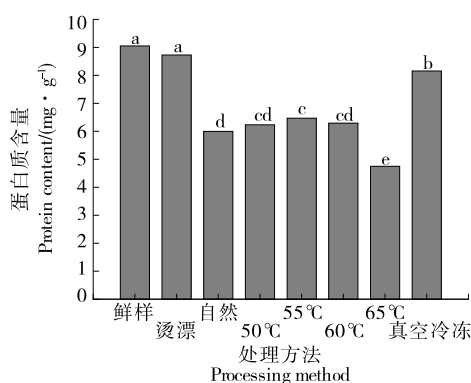


图4 不同方式干燥样品的蛋白质含量

Figure 4 Determination of protein content in different drying methods

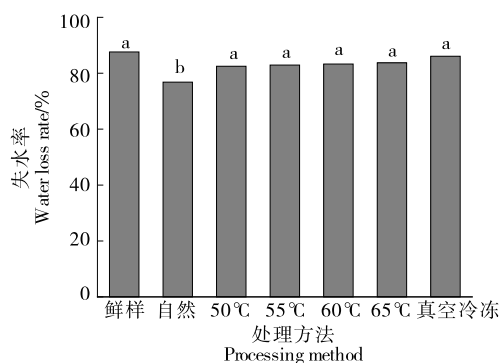


图5 不同方式干燥样品的失水率

Figure 5 Determination of water loss rate in different drying methods

不同温度获得的干制品的失水率相差不大,而样品中水分含量的多少直接影响样品的贮藏保鲜效果和贮藏期,因此在保证样品色泽、风味和质地结构的前提下,应最大程度地减少样品含水量。

2.6 对干制品复水性能的影响

由图 6 可知,随着复水时水温的提高,复水性能越来越好,其中真空冷冻干燥的干制品具有最佳的复水性能,当复水温度为 90 °C 时,其复水比为 5.7,是自然干燥的 1.3 倍,是 50 °C 热风干燥的 1.1 倍,且复水后香椿芽的色泽、形状和香味与鲜样相比差距不大;热风干燥干制品的复水性能次之,且热风温度为 50 °C 时的复水性能较好;自然干燥干制品的复水性能最差,且复水后香椿芽的色泽出现失真,无特征香味等现象。这可能是由于真空冷冻干燥时香椿芽干制品收缩程度小,组织结构破坏程度小,干制品具有疏松多孔的结构,复水时有利于水的进入^[32];热风干燥时,由于热风干燥随着干燥温度的上升,香椿芽干制品收缩情况越来越大,组织结构破坏严重,毛细管吸取水分时遇到的阻碍变得更加困难;自然干燥时,由于受到阳光、空气等多重因素干扰,样品表面硬化,又因干燥时间过长,香椿芽的细胞组织结构因被严重破坏而降低了其复水性能^[33-34]。

2.7 干制品品质综合评价

由图 7 可知,真空冷冻干燥干制品的综合评价得分最高,其次是 50 °C 热风干燥,自然干燥干制品的综合评价得分最低。综合分析其原因如下:① 物理特征方面,真空冷冻干燥能较好地保持香椿芽的色泽、风味、质地结构和营养含量,且复水性较好,复水后可较好地恢复香椿芽新鲜时的色泽、风味和质地结构;而部分热风干燥和自然干燥的产品褐变比较严重,不能很好地保持新鲜样品的色泽,可能是真空冷冻干燥过程中,水直接升华为水汽,逐渐向外扩散转移,从而组织结构没有遭到破坏,也不会造成色素物质和营养物质的流失,产品的色泽、风味、质地结构保持良好^[17];同时,由于温度低、氧气少,真空冷冻

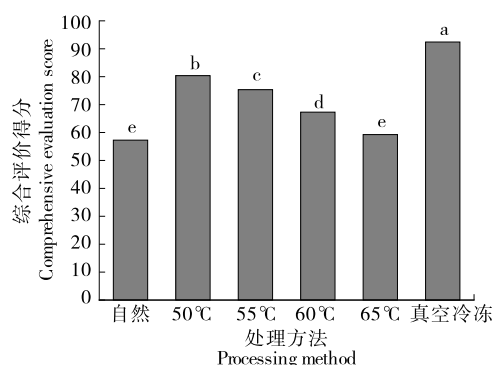


图 7 不同方式干燥样品的综合评价得分

Figure 7 Comprehensive evaluation scores of different drying methods

干燥产品发生褐变的程度较低^[16]。② 营养价值方面,真空冷冻干燥后香椿芽主要营养物质含量均高于其他干燥方式,热风干燥和自然干燥干制品在各种营养指标上都表现为损失程度较大,可能是由于相同干燥条件下,真空冷冻干燥技术在低温、低氧环境下进行,水分以固体状态直接升华,物料原有结构和形状得到最大程度的保护^[17]。③ 热风干燥以热空气为干燥介质,当干燥温度升高时,香椿芽表面极易出现温度过高现象,造成香椿芽表面永久性损伤,出现皱缩龟裂、感官品质大大降低,质地结构、风味、营养成分也损失严重,复水性能下降^[35-36]。当热风干燥温度为 50 °C 时,香椿芽干制品的色泽、营养物质成分、质地结构均优于其他热风温度,干制品的综合评价最高,与高海生等^[10]的结论一致。

3 结论

试验表明,热风干燥过程中,当干燥温度为 50 °C 时,香椿芽干制品的综合评价最高,优于其他较高温度梯度的热风干燥方式。真空冷冻干燥香椿芽干制品在色泽、风味、质地结构、营养成分和复水比等方面,均优于其他干燥方式,而 50 °C 热风干燥是仅次于真空冷冻干燥方式的一种干燥方式。因此,在不考虑生产成本且注重香椿干制品内外品质的情况下,真空冷冻干燥是最佳的干燥方式;在考虑生产成本且对香椿干制品内外品质要求一般的情况下,50 °C 热风干燥是一种值得推广应用的干燥技术。试验尚未涉及两种或两种以上干燥方式的联合干燥对干制品品质的影响,尚未涉及不同干燥方式对干制品中具体的黄酮类物质成分的影响,也未涉及不同干燥方式对黄酮类物质的抗氧化和抑菌作用等生理功效的影响,后续可进一步对上述问题进行深入研究,以寻求能保留太和香椿芽最佳品质的干燥保鲜方式。

参考文献

[1] 王鹏飞, 童彬彬, 谢振. 太和香椿产业发展研究[J]. 商,

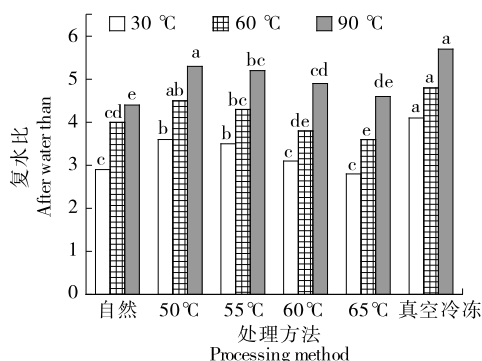


图 6 不同方式干燥样品的复水性能

Figure 6 Effect of different drying methods on the rehydration properties of dry products

- 2015(33): 244-245.
- [2] 陈春刚, 韩芬霞, 刘本国, 等. 红香椿理化性质测定及其活性物质的提取工艺[J]. 食品科学, 2009, 30(8): 115-119.
- [3] WANG Kai-jin, YANG Chong-ren, ZHANG Ying-jun. Phenolic antioxidants from Chinese toon (fresh young leaves and shoots of *Toona sinensis*) [J]. Food Chemistry, 2007, 101(1): 365-371.
- [4] 杜健, 杨颖, 赵明烨, 等. 贮藏中香椿多酚抗氧化性的变化研究[J]. 北京林业大学学报, 2011, 33(2): 120-125.
- [5] YANG Hsin-ling, CHEN Ssu-ching, LIN Kai-yuan, et al. Antioxidant activities of aqueous leaf extracts of *Toona sinensis* on free radical-induced endothelial cell damage[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2011, 137(1): 669-680.
- [6] 刘静, 李湘利, 孔娴, 等. 超声波协同酶法提取香椿老叶可溶性膳食纤维的工艺优化[J]. 食品科学, 2014, 35(12): 41-45.
- [7] 王克来. 太和香椿生产技术[J]. 乡村科技, 2019(19): 89-90.
- [8] 王顺民, 谭玉霞, 韩永斌, 等. 热风与微波及其联合干燥对菠菜干制效果的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(20): 80-84.
- [9] 赵美香, 侯华铭, 崔清亮. 不同干燥方法对香椿苗芽菜品质的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2014, 34(1): 84-87.
- [10] 高海生, 刘秀凤, 罗彩霞, 等. 两种干燥方法对香椿芽干品质的影响[J]. 核农学报, 2013, 27(8): 1184-1188.
- [11] 任广跃, 刘军雷, 刘文超, 等. 香椿芽热泵式冷风干燥模型及干燥品质[J]. 食品科学, 2016, 37(23): 13-19.
- [12] 李湘利, 刘静, 肖鲜. 热风与微波及其联合干燥对香椿芽品质的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(18): 64-68.
- [13] 荔淑楠, 王引权, 徐名刷, 等. 不同干燥方法对龙脑樟叶品质的影响[J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24(10): 72-78.
- [14] 张贝贝. 加工处理对脱水香椿品质的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015: 40-51.
- [15] 朱俊霖, 闫永红, 张学文, 等. 不同干燥方法对黄芩有效成分含量的影响[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(5): 7-9.
- [16] 冯骏, 刘佳, 李娟, 等. 香椿芽真空冷冻干燥工艺及其机理研究[J]. 农产品加工, 2011(9): 76-78.
- [17] 高兴洋, 安辛欣, 赵立艳, 等. 真空低温油炸和真空冷冻干燥对香菇脆片品质及挥发性风味成分的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(17): 88-93.
- [18] ZHANG Min, LI Chun-li, DING Xiao-lin. Effects of heating conditions on the thermal denaturation of white mushroom suitable for dehydration[J]. Drying Technology, 2005, 23(5): 1119-1125.
- [19] 李得孝, 郭月霞, 员海燕, 等. 玉米叶绿素含量测定方法研究[J]. 中国农学通报, 2005, 21(6): 153-155.
- [20] 隋娟娟, 刘佩冉, 宁伟, 等. 太和香椿茎、叶、花中总黄酮含量的比较[J]. 黑龙江农业科学, 2016(12): 92-94.
- [21] 杨正坤, 王秀丽, 龙施华, 等. 考马斯亮蓝染色法测定大豆茎叶中蛋白质含量[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(20): 4610-4612.
- [22] 王相友, 孙正和. 洋葱薄层脱水试验与分析[J]. 粮油加工与食品机械, 1992(5): 15-19.
- [23] 朱正良, 樊建, 高雪松. 微波干燥等对蕨菜干制的研究[J]. 云南农业大学学报, 2002, 17(3): 264-268.
- [24] 李崇高, 黄建初. 红葱真空冷冻干燥工艺技术的初步研究[J]. 食品科学, 2008, 29(3): 220-224.
- [25] 李广茹, 王春霞. 果蔬中还原抗坏血酸的定量测定[J]. 食品研究与开发, 1995, 16(1): 43-46.
- [26] 袁江兰, 康旭, 陈锦屏. 热风干制工艺对山楂 Vc 稳定性的影响及相关工艺的优化研究[J]. 食品工业科技, 2003(2): 48-50.
- [27] 朱香燕, 张珺, 何义雁, 等. 热风与远红外干燥温度对苦瓜全粉品质的影响[J]. 现代食品科技, 2015, 31(7): 265-269, 325.
- [28] 赵明烨, 戴蕴青, 苏春元, 等. 干制和热烫加工对香椿品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(21): 11070-11072, 11099.
- [29] 郑清云, 王丹, 马越, 等. 热风干燥温度对青椒品质的影响[J]. 食品与机械, 2015, 31(3): 158-161.
- [30] 常飞, 段旭昌, 王倩倩, 等. 不同干燥方法对葛根黄酮含量的影响研究[J]. 食品工业科技, 2015, 35(9): 78-86.
- [31] 陈青, 王玉珠, 梁延群, 等. 干燥方式对树莓总酚、总黄酮含量及其体外抗氧化活性的影响[J]. 北方园艺, 2019(13): 130-134.
- [32] 赵昆, 赵士杰, 滕竹竹. 香菜热风干燥的试验研究[J]. 农机化研究, 2016, 38(5): 250-254.
- [33] 荔淑楠, 王引权, 徐名刷, 等. 不同干燥方法对龙脑樟叶品质的影响[J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24(10): 72-78.
- [34] 崔文锐, 杨绪旺. 三种干燥方式对工夫红茶品质的影响[J]. 福建茶叶, 2005(2): 9-10.
- [35] 聂波, 张国治, 王安建, 等. 胡萝卜热风干燥特性及其品质的研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2015, 36(4): 80-84.
- [36] 吴中华, 李文丽, 赵丽娟, 等. 枸杞分段式变温热风干燥特性及干燥品质[J]. 农业工程学报, 2015, 31(11): 287-293.