

不同干燥方式对红枣品质的影响

张江宁, 杨 春, 丁卫英

(山西省农业科学研究院 农产品加工研究所, 山西 太原 030031)

摘 要:以红枣为试材,采用自然风干、热风干燥、真空低温干燥、真空微波干燥的方法,研究了干制方式对其品质的影响。结果表明:自然风干耗时长,大颗粒细胞多,产品较硬;热风干燥最佳温度为 70 ℃,色泽鲜艳,口感坚硬,实细胞较多,总糖含量较高;真空低温干燥真空度为 0.08 MPa,最佳烘干温度为 50 ℃,其产品酥脆、具有多孔状网络结构,色泽好,干燥时间较短,总黄酮损失少;真空微波干燥在真空度 0.07 MPa,温度 50 ℃,微波功率 3 kW 时,产品酥脆性好,粗纤维含量较高,组织内部呈现较好蜂窝状结构,产品局部有焦黑现象,干燥时间最短。

关键词:红枣;干燥方式;品质

中图分类号:S 665.109⁺.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)14-0139-05

枣(*Zizyphus jujuba* Mill.)属鼠李科枣属落叶乔木,有很强的营养保健功能,既可食用又可入药。红枣初级加工主要以干制为主,常用的干燥方法有自然干制、热风干制等,该试验研究了自然风干、热风干燥、真空低温干燥、真空微波干燥对红枣品质的影响,旨在为红枣干制提供理论基础,提高红枣品质。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料“壶瓶枣”红枣由山西省农业科学院果树研究所(国家枣种质资源圃)提供。

供试试剂:无水乙醇(北京化工厂),亚硝酸钠(北京化工厂),硝酸铝(天津市耀华化学试剂有限责任公司),氢氧化钠(天津市富宇精细化工有限公司),芦丁标准品(上海一基生物技术有限公司),氢氧化钾(天津市耀华化学试剂有限责任公司)。

供试仪器:真空干燥箱(上海市实验仪器总厂);真空微波干燥箱(甘肃天水华圆微波干燥有限公司);D25LT 型色彩色差仪(美国 Hunterlab 公司);K3200B 超声波清洗器(昆山超声仪器有限公司);721 紫外可见分光光度计(上海佑科仪器仪表有限公司);日本 JSM-35 扫描电镜(日立公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 4 种干燥方式对红枣品质的影响 称取 100 g 去

核枣,分别均匀平铺于瓷盘,经 4 种方式干制研究干燥特性曲线并确定最佳工艺参数。自然风干:将红枣置于外界环境自然通风干燥,每隔 1 d 测定 1 次含水率,直至趋于稳定,确定适宜干制时间。热风干燥:分别于 60、70、80、90、100 ℃ 温度下烘干,每隔 100 min 测定 1 次含水率,直至趋于稳定,结合感官评价确定适宜干制时间和温度。真空低温干燥:在真空度为 0.08 MPa 的条件下,分别于 30、40、50、60、70 ℃ 温度下烘干,每隔 50 min 测定 1 次含水率,结合感官评价确定适宜干制时间和温度。真空微波干燥:在真空度为 0.07 MPa 的条件下,温度 50 ℃,分别于功率 1、2、3、4、5 kW 下烘干,每隔 2 min 测定 1 次含水率,结合感官评价确定适宜干制时间和功率。

1.2.2 扫描电镜观察 样品-采样-切片-喷金-电镜扫描-电镜图谱,在扫描电镜下采用放大 500 倍数观察并采集图谱。

1.3 项目测定

1.3.1 含水率测定 含水率(%) = $(m_t - m_e) / m_t \times 100$ 。(均以湿润基质含水率计),式中: m_e 为干物质质量(g); m_t 为 t 时刻质量(g)。

1.3.2 感官评价 由 10 名评价员组成感官评价小组,记分取平均值^[1],具体标准见表 1。

1.3.3 色泽的测定方法 采用色差计测定。以仪器白板色泽为标准,测定骏枣片明度指数 L^* ^[2]、彩度指数 a^* 和 b^* ^[3]。 L^* 、 a^* 、 b^* 表色系还可以表示 2 种色调之间的差值,即色差,可用 ΔE 表示,它表示所测物体的 L^* 、 a^* 、 b^* 值与标准白板之间色差值。 $\Delta E = [(L^* - L^*)^2 + (a^* - a^*)^2 + (b^* - b^*)^2]^{1/2}$ 。

第一作者简介:张江宁(1981-),女,山西太原人,硕士,助理研究员,研究方向为食品科学。

基金项目:山西省农业科学院农业科技创新研究资助项目(CXKT1510);山西省晋中市科技攻关资助项目(农 N1508)。

收稿日期:2016-03-31

表 1 干枣感官评价标准

项目	评定标准	评分
色泽(30 分)	枣皮、枣肉均为鲜艳红色	30~25
	枣皮或枣肉呈暗红色、褐色	24~15
	枣皮、枣肉褐色或者焦黑	14~5
滋味(30 分)	味甜、松软、有香味	30~25
	甜味较淡、有涩味	24~15
	有苦涩味、焦味	14~0
	较饱满、收缩小	20~10
形态(20 分)	收缩均匀	9~5
	变形严重	4~0
	口感酥脆	20~10
脆度(20 分)	有一定韧性	9~5
	无酥脆性	4~0

1.3.4 营养品质指标测定 总糖采用斐林试剂法进行测定;粗纤维按照 GB/T 5009.10-2003 进行测定;总黄酮含量采用亚硝酸钠-硝酸铝比色法^[4-5]进行测定。

1.3.5 吸湿率的测定 将待测样品在 105℃下烘干至恒重,称取 1 g(精确至 0.000 2 g)干燥样品放于同样大小的铝盒盖内,铝盒盖放入装有饱和盐溶液(饱和溶液的相对湿度见表 2)的干燥器中,再将干燥器放入培养箱,30℃恒定温度下吸湿到恒重。每隔 6 h 测定一次吸湿率。吸湿率(g/g)=(吸湿后样品质量-绝干样品质量)/绝干样品质量^[6-7]。

表 2 饱和盐溶液与相对湿度值的关系

饱和盐溶液	相对湿度/%
醋酸钾	20
氯化钙	31
重铬酸钠	52
氯化钠	75
硫酸锌	90
蒸馏水(对照)	100

2 结果与分析

2.1 4 种干燥方式对红枣含水率的影响

2.1.1 自然风干 由图 1 可知,自然干燥 5 d 后水分含量趋于稳定,约为 23%,未达到充分干燥的状态,此时红枣受外界环境影响较大,易受潮霉变。通过感官分析,红枣色泽 35 分,滋味 30 分,形态 15 分,酥脆性 2 分,总分 82 分,感官较好,但耗时长,增加了生产成本。综合考

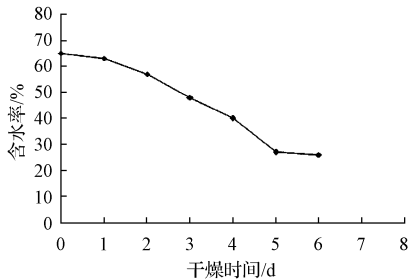


图 1 自然干燥对红枣含水率的影响

虑,确定自然干燥时间为 5 d。

2.1.2 热风干燥 由图 2 可知,温度越高,经相同时间干燥的红枣含水量就越低,由于温度越高,空气相对湿度越低,空气与红枣之间的湿度差越大,干燥速度也越快,因此达到相同含水量所需的时间就越短^[8]。由表 3 可知,温度为 70℃时制得的产品色泽鲜艳,口感好,温度高于 80℃时,红枣颜色变深,主要是由于褐变造成的,包括非酶褐变、维生素 C 褐变和酶促褐变,其中酶促褐变占主导地位^[9]。故烘干温度确定为 70℃,时间为 400 min。

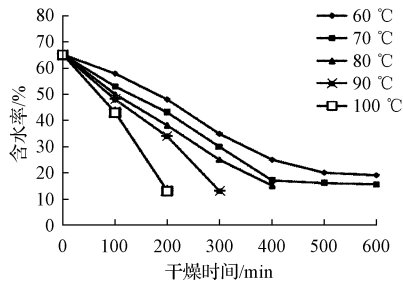


图 2 不同温度下热风干燥对红枣含水率的影响

表 3 热风干燥感官评分

指标	烘干温度/℃				
	60	70	80	90	100
色泽	20	20	18	14	14
滋味	28	24	24	25	25
形态	15	16	13	8	6
酥脆性	0	6	7	5	3
合计	63	66	62	52	48

2.1.3 真空低温干燥 真空低温干燥使红枣产生内外压力差,自由水在该作用下向外表迁移只需经过很短的时间就能到达红枣表面。由图 3 可知,真空度 0.08 MPa 条件下,温度越高,干燥速率越快,温度低于 50℃时,红枣含水率低于 20%所需时间较长,时间成本消耗较高;由表 4 可知,当温度为 50℃时产品色泽鲜艳,口感好,温度高于 60℃时,红枣颜色变深,表皮表现皱缩。因此综合考虑,确定真空低温干燥的烘干温度为 50℃,时间为 150 min。

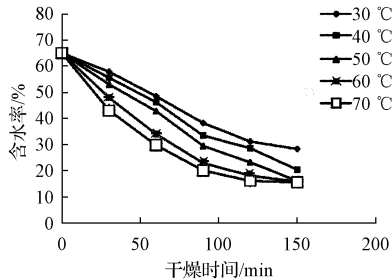


图 3 不同温度下真空低温干燥对红枣含水率的影响

表 4 真空低温干燥感官评分 分

指标	烘干温度/℃				
	30	40	50	60	70
色泽	27	29	30	18	19
滋味	23	27	26	26	25
形态	18	18	18	18	12
酥脆性	12	13	15	17	15
合计	80	87	89	79	71

2.1.4 真空微波干燥 由图 4 可知,随着微波功率的增大,干燥所需的时间减小,而当微波功率增大到一定值时,干燥所需时间差异变小。功率超过 4 kW 时,红枣内部出现了焦黑现象^[10],因为内部短时间内聚集了较多的热量不能随着水蒸气的逸出散发。由表 5 可知,采用微波功率 1、2、3 kW 干燥时,产品感官差异不明显,考虑到微波功率高,干燥速率快,可以减少枣中酶失活及营养成分的流失,因此微波功率采用 3 kW,时间 4 min。

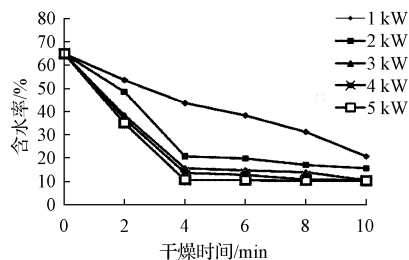


图 4 不同温度下真空微波干燥对红枣含水率的影响

表 5 真空微波干燥感官评分 分

指标	微波功率/kW				
	1	2	3	4	5
色泽	25	20	20	10	5
滋味	28	25	25	20	15
形态	13	17	17	10	12
酥脆性	10	11	12	12	10
合计	76	73	74	52	42

2.2 不同干燥技术对红枣干制品质的影响

2.2.1 感官品质 由表 6 可以看出,红枣经过不同干燥方式处理后,其产品的感官品质优劣依次为真空低温干燥>自然风干>真空微波干燥>热风干燥。自然风干与真空低温干燥,红枣干制温度较低,感官综合评分较高;热风干燥表面温度较高,细胞迅速收缩形成一层干硬膜,出现内裂干瘪坚硬现象,口感硬,酥脆度差;真空微波干燥枣内部的水分被加热后迅速汽化产生由内向外的传质梯度,内部热量短时间积聚且分布不均匀,部分枣糊化,色泽焦黑,影响了感官,虽然大部分枣颜色较好,但感官评分较低^[11-15]。

表 6 不同干燥方式对红枣感官品质的影响

指标	自然风干	热风干燥	真空低温干燥	真空微波干燥
色泽	35	20	30	20
滋味	30	24	26	25
形态	15	16	18	17
酥脆性	2	6	15	12
合计	82	66	89	74

2.2.2 色泽比较 色差值越大,说明产品颜色越深。由表 7 可知,自然风干色泽较浅,说明枣片褐变反应少;热风干燥色差值稍大,原因是温度较高,部分红枣发生褐变反应;真空低温、真空微波干燥由于处于低温,因此褐变不明显,但是真空微波干燥红枣受热不均匀有些局部烧焦变黑。

表 7 不同干燥方式对红枣色泽的影响

	自然风干	热风干燥	真空低温干燥	真空微波干燥
色差值	58.18	63.30	60.16	61.50

2.2.3 营养品质指标比较 由表 8 可知,枣经过不同干燥方式处理后,总糖含量由高到低依次为热风干燥>真空微波干燥>真空低温干燥>自然风干,说明干制方式对枣总糖含量变化有一定影响,粗纤维含量由高到低依次为真空微波干燥>真空低温干燥>自然风干>热风干燥,差异不明显,说明 4 种干燥方式对枣粗纤维含量的影响不明显;总黄酮含量由高到低依次为真空低温干燥>真空微波干燥>自然风干>热风干燥,真空低温干燥对总黄酮破坏最小,是保留该营养品质的有效干制方式。

表 8 不同干燥方式对红枣营养品质指标的影响

指标	自然风干	热风干燥	真空低温干燥	真空微波干燥
总糖含量/%	54.18	63.30	60.16	61.50
粗纤维含量/%	3.53	3.30	3.70	3.79
总黄酮含量/(mg·g ⁻¹)	1.90	1.80	2.35	2.10

2.2.4 吸湿率比较 红枣经干燥后不易腐败变质货架期延长,但储藏过程中易产生吸潮发软现象,吸湿率不仅与其成分和温度有关,而且还与干制方式密切相关^[7]。由图 5 可知,4 种干燥方式 0~24 h,吸湿率随时间的增加而平稳增加。真空微波干燥产品的吸湿率最大;真空低温干燥产品的吸湿率次之,自然风干产品吸湿率最小。吸湿率越大,产品越容易吸潮,影响产品的脆性,因此在储藏过程中,应采用合理的包装方式及储藏条件以延长货架期。

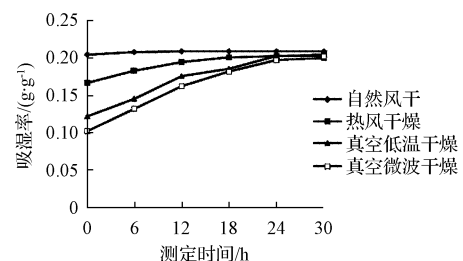
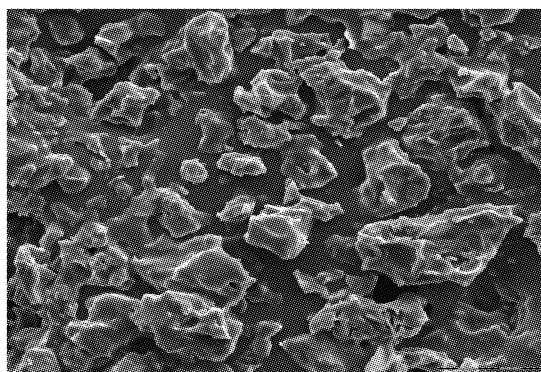
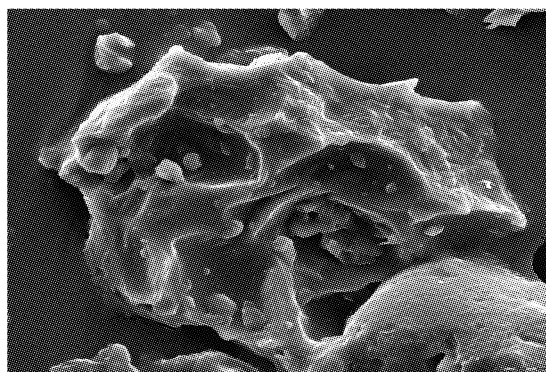


图 5 不同干燥方式对红枣吸湿率的影响

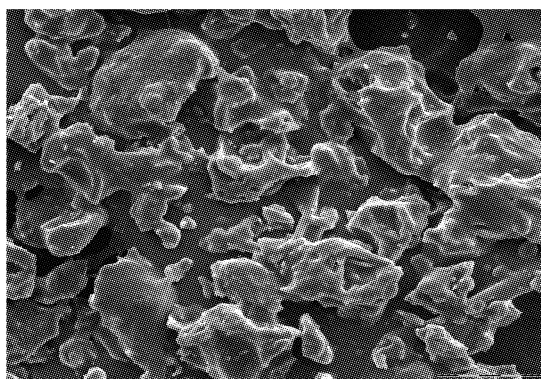
2.2.5 微观结构比较 不同干燥方式对枣内部细胞结构的影响也是不同的,由图 6-B、D 可以看出,自然风干、热风干燥颗粒大,结构致密,感官表现为坚硬;真空低温干燥是在密闭环境中对红枣真空加热,由图 6-F 可以看出,内部出现多孔状网络结构,产品的酥脆性很好;真空



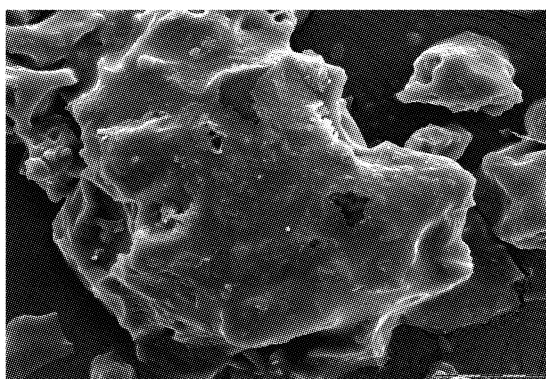
A 自然风干扩大100倍



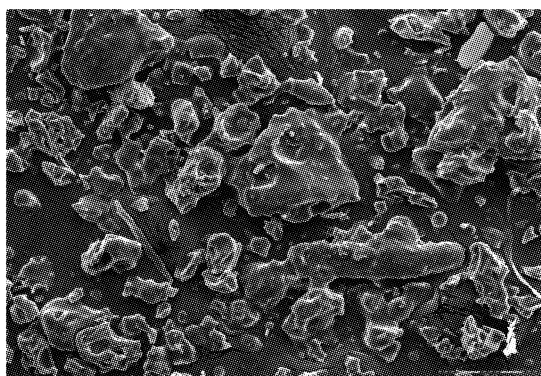
B 自然风干扩大500倍



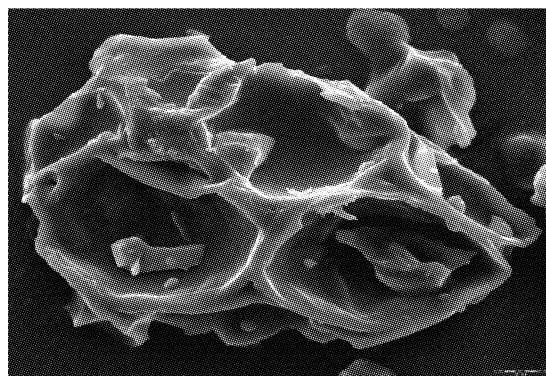
C 热风干燥扩大100倍



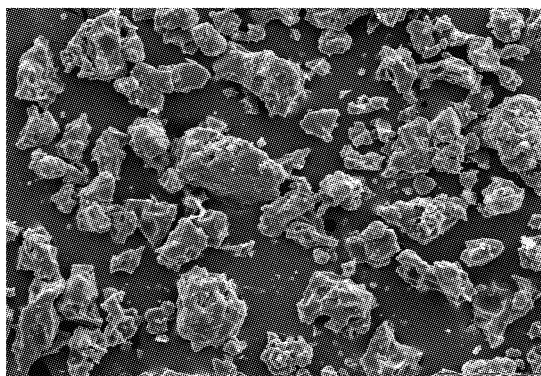
D 热风干燥扩大500倍



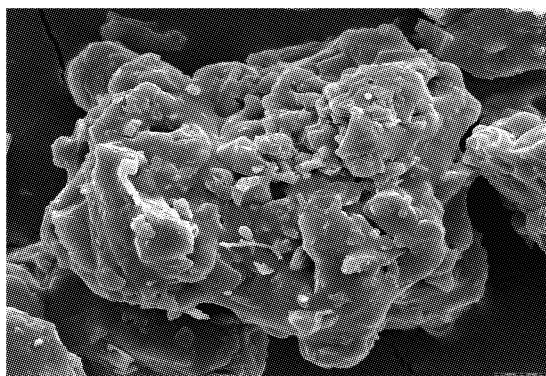
E 真空低温干燥扩大100倍



F 真空低温干燥扩大500倍



G 真空微波干燥扩大100倍



H 真空微波干燥扩大500倍

图6 不同干燥方式微观结构图

微波干燥产品孔隙较大均匀一致,图 6-G 显示其呈现出较好的蜂窝状结构。

2.2.6 干燥时间及成本的比较 因干制品质的好坏与干燥时间有着很大的关系,一般干燥时间越长,营养成分的保留率就越低,色泽褐变越严重。对各种干燥方式的干燥时间进行比较分析,由表 9 可知,自然风干用时较多,时间成本高,不利于大规模生产;真空低温干燥时间是热风干燥时间的 2/5,真空微波干燥的时间则更短,仅为 4 min。

表 9 不同干燥方式对枣营养成分的影响

	自然风干	热风干燥	真空低温干燥	真空微波干燥
水分含量/%	20.50	14.85	12.24	10.22
干燥时间/h	120.0	6.30	2.50	0.07

3 讨论

自然风干耗时长,大颗粒细胞较多,产品较硬,无酥脆感,直接食用口感差;热风干燥最佳温度为 70 ℃,色泽鲜艳,但是产品的口感坚硬,实细胞较多,颜色深,总糖含量较高;真空低温干燥真空度为 0.08 MPa,最佳烘干温度为 50 ℃,产品酥脆、具有多孔状网络结构,总黄酮含量损失不大,且干燥时间短;真空微波干燥确定真空度为 0.07 MPa,温度 50 ℃,微波功率 3 kW,产品酥脆性好,粗纤维含量较高,组织内部呈现出较好的蜂窝状结构,但是产品局部有焦黑现象,色泽不好,干燥时间最短。实际生产中,可以根据成品需要,选择适宜的干燥方式进行干制。

参考文献

- [1] 周韵. 热风微波耦合干燥鲜枣的研究[D]. 无锡:江南大学,2011.
- [2] NATH A, CHATTOPADHYAY P K. Optimization of oven toasting for improving crispness and other quality attributes of ready to eat potato-soy snack using response surface methodology[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 80: 1282-1292.
- [3] 王荣梅, 张培正, 李坤, 等. 气流膨化空心脆枣的研制[J]. 食品工业科技, 2004, 25(4): 109-111.
- [4] 霍文兰. 陕北红枣总黄酮提取及其抗氧化性研究[J]. 食品科技, 2006(10): 38-39.
- [5] 张宝姜, 陈锦屏, 刘芸. 加工条件对红枣中芦丁含量变化的影响研究[J]. 食品科学, 2002(8): 175-177.
- [6] 张燕萍, 李华, 鲁云霞. 交联麦芽糊精与麦芽糊精吸潮性的比较[J]. 无锡轻工业大学学报, 2002, 27(6): 645-647.
- [7] 曾令平. 吸湿原理及吸湿性测定方法的研究[J]. 中国调味品, 2009(4): 85-88.
- [8] 魏巍. 不同干燥技术对绿茶品质影响的研究[D]. 福州:福建农林大学, 2009.
- [9] 张百刚. 红枣多酚氧化酶(PPO)特性及抑制其酶促褐变的研究[D]. 西安:陕西师范大学, 2006.
- [10] 陈建东. 红枣微波干燥工艺研究[J]. 农机化研究, 2010(11): 229-230.
- [11] 于静静, 毕金峰. 不同干燥方式对红枣品质特性的影响[J]. 现代食品科技, 2011(2): 610-613.
- [12] 许牡丹. 干制方式对香酥脆枣品质的影响及成本分析[J]. 食品研究与开发, 2011(2): 56-58.
- [13] 李焕荣. 干制方式对红枣部分营养成分和香气成分的影响[J]. 食品科学, 2008(10): 330-332.
- [14] 狄建兵. 不同干燥方法对红枣品质的影响[J]. 农产品加工, 2012(1): 70-73.
- [15] 李亚茹. 新疆杏干储藏品质控制技术的研究[D]. 北京:中国农业科学院, 2014.

Effect of Different Drying Methods on the Quality Properties of Jujube

ZHANG Jiangning, YANG Chun, DING Weiying

(Institute of Agriculture Products, Shanxi Academy of Agriculture Science, Taiyuan, Shanxi 030031)

Abstract: With the jujube as experimental material, using natural drying, hot-air drying, vacuum-drying, vacuum microwave drying methods to explore the quality characteristics. The results showed that time of natural drying was long, large granular cells, products more hard. The best temperature of hot-air drying was 70 ℃, bright color and taste was hard, large granular cells, total sugar content was higher. The best temperature and vacuum of vacuum-drying processing was 0.08 MPa, 50 ℃ and the products showed a large uniform porosity and a better cellular structure. Good color, short drying time, the content of total flavonoid was less loss. The process parameters of vacuum microwave drying was 0.07 MPa, 50 ℃, 3 kW, good product crisp, the content of crude fiber was the highest, this method led to loose organizational structure, the product of local black, the cost of drying time was the lowest.

Keywords: jujube; drying method; quality