

微波流态化干燥姜片工艺与品质分析*

吕为乔¹ 王 也² 韩清华² 李树君² 尹 青² 马季威²

(1. 中国农业大学工学院, 北京 100083; 2. 中国农业机械化科学研究院, 北京 100083)

摘要: 研究了不同微波功率下,微波流态化干燥姜片的工艺和品质。在工艺参数比较适中的 0.7 W/g 的微波功率下,姜片流态化干燥时间为 1.83 h,与 75℃ 热风干燥相比干燥时间缩短了 6.67 h,且维生素 C 保有率优于热风干燥。然而,微波流态化干燥,姜片的微观结构和复水能力都发生了明显的变化,当干基含水率降到 200% 以下,姜片的感官品质变化很快。发挥微波流态化干燥的相对优势,需要控制干燥后期的降水速度,这也是改进工艺的研究重点。

关键词: 微波流态化干燥 热风干燥 姜片 干燥品质

中图分类号: TS255.36; TQ028.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)08-0231-05

引言

姜不仅是广泛应用的调味料,也是传统中医常用药材,在我国的栽培面积和出口量都很大,其中脱水姜片在对外贸易中占有重要地位,但目前采用的热风干燥方式,耗时长,效率低^[1-3]。

微波有很强的穿透能力,能对姜片整体加热。使姜片内部水分快速气化,产生强大的径向推力,有效地提高了干燥效率。然而,局部过热和干燥不均 是微波干燥的不足^[4]。钱格兰等以馈入热风的方式优化了胡萝卜等脱水果蔬产品的微波干燥工艺,并建立了苹果片的干燥模型,为复合微波干燥法提供了理论参考^[5-7]。韩清华等利用真空微波联合干燥法,不仅改善了苹果、马铃薯片的干燥品质,还起到了膨化效果^[8-11]。Wang 等用两阶段微波干燥法研究了胡萝卜的干燥过程,认为改变微波的馈入功率和持续时间可降低能耗,提高 β-胡萝卜素的保有量^[12]。曹有福等利用微波真空冷冻法改善了冬枣的干燥品质,在与真空冷冻干燥品质相同的情况下,干燥时间和能耗显著降低^[13]。

微波流态化干燥是采用若干只磁控管独立馈入微波能,通过机械振动使物料在微波场中处于流动状态,基于该种操作方法,本文研究干燥姜片的工艺和品质,结合热风干燥,对比分析微波流态化干燥姜片对产品品质影响的主要因素。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

新鲜生姜,购于蔬菜批发市场,大小均匀,无机 械损伤,无色变,测定含水率为 92.64%^[14]。

1.2 试验仪器及设备

中国农业机械化科学研究院自主研发的微波流 态化干燥平台,电热鼓风干燥箱,高速组织捣碎机, Hitachi S3400 型扫描电子显微镜,分析天平,恒温水 浴锅等。

1.3 试验方法

1.3.1 热风干燥工艺

热风干燥工艺如图 1 所示。将清洗后的姜片晾 干,切成 3~5 mm 厚的薄片。在 70、75 和 80℃ 的热 风条件下分 3 组把物料干燥,每 30 min 快速称量样 品的质量。当干基含水率不高于 7% 时,得到热风 干燥的产品。

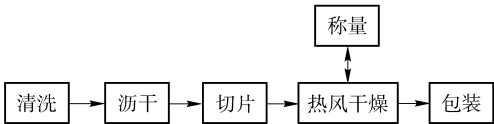


图 1 热风干燥工艺

Fig. 1 Hot-air drying process of ginger

1.3.2 微波流态化干燥工艺

微波流态化干燥工艺如图 2 所示。将清洗后的 姜片晾干,切成 3~5 mm 厚的薄片。利用微波流态

收稿日期: 2013-09-11 修回日期: 2013-09-25

* 国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2011AA100802)和科研院所技术开发研究专项资金资助项目(2012EG119149)

作者简介: 吕为乔,博士生,主要从事农产品加工工程研究,E-mail: lvweiqiao@163.com

通讯作者: 李树君,研究员,博士生导师,主要从事高新技术在农副产品和食品加工中应用研究,E-mail: lisj@caams.org.cn

化平台,在微波功率为0.5、0.7和0.9 W/g(按原料湿基计算)的条件下使姜片脱水,设定监控温度不高于60℃,在干基含水率到达100%左右,在密闭环境中静置1 h,使水分散失均匀。由于微波干燥速度快,每5 min记录物料质量,观察干燥效果。当干基含水率不高于7%时,得到微波流态化干燥的产品。

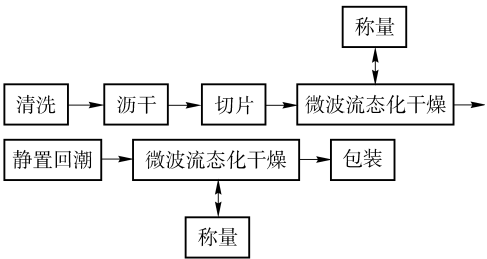


图2 微波流态化干燥工艺

Fig.2 Microwave-fluidization drying process

1.4 测定方法

试验旨在研究微波流态化干燥姜片的工艺效果,热风干燥作为参照试验,主要取75℃为代表,对各种评价参数进行研究分析。

1.4.1 体积测定

测定不同工艺条件下,单位质量脱水姜片的体积V。利用小米置换法,将小米和样品同时放入量筒中,然后作体积的差量计算^[9]。

$$V = (V_a - V_b) / M$$

式中 V_a ——小米加脱水姜片体积
 V_b ——小米体积
 M ——脱水姜片质量

1.4.2 复水性测定

准备5 g左右的脱水姜片,置于30℃的恒温水中,用水量为干重的40倍,浸泡2 h,用滤纸擦干表面水分后,称量其复水质量,得到复水比为

$$R = G_1 / G_0$$

式中 G_1 ——产品复水后质量
 G_0 ——产品复水前质量

1.4.3 干燥姜片的维生素C含量

分别测定不同工艺条件下产品的维生素C含量,并以与微波流态化设控同样温度的60℃热风干燥作参照,测定方法为2,6-二氯酚法^[15]。

1.4.4 感官评定

采用10分制,对脱水姜片的感官质量进行评价。将色泽、形态、风味分别设定一定的分值,最后得到综合评定结果。具体标准如表1所示。

1.4.5 微观结构的电镜扫描

分别取工艺参数适中的75℃热风干燥、0.7 W/g功率微波流态化干燥的脱水姜片各一块,贴到样品台上、镀膜,通过Hitachi S3400型扫描电子显微镜

扫描观察,拍照。

表1 干燥姜片感官质量评估标准

Tab.1 Evaluation standard of sensory quality about dehydrated ginger slices

指标	状态	评判分值
色泽	呈鲜艳的浅黄色	3
	暗黄色,偶尔有轻度烧伤	2
	褐变,烧伤严重	1
形态	相对平整,有弹性	3
	表面有卷曲,质地变硬	2
	严重卷曲,或质地坚硬	1
风味	有轻淡的姜体本味	4
	有较淡的姜香味,无焦糊味和其它异味	3
	有姜香味,也有轻度焦糊味	2
	姜香味与严重焦糊味并存	1

2 结果与分析

2.1 干燥过程曲线

在不同温度的热风下干燥,直至干基含水率不高于7%,70℃试验需要10 h,75℃需要8.5 h,80℃需要7.5 h。生姜片含水率大,而热风脱水是一个缓慢的过程,水分散失在最初的4~5 h比较稳定。随着自由水含量的降低,脱水速率变慢,最后2~3 h含水率降低到一定程度,干燥曲线趋于平缓。干燥曲线如图3所示。

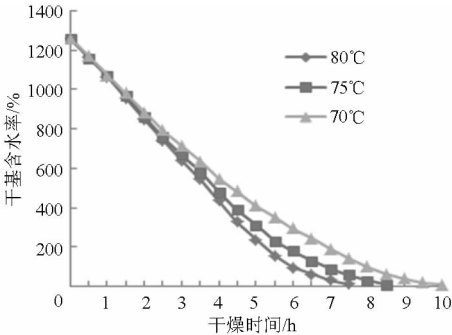


图3 不同温度热风条件下的干燥曲线

Fig.3 Drying curve in hot air of different temperatures

同样使姜片的干基含水率不高于7%,在工艺参数比较适中的0.7 W/g的微波功率下,姜片流态化干燥时间为1.83 h,与75℃热风干燥相比干燥时间缩短了6.67 h。此外,在微波功率为0.5 W/g的条件下需要2.58 h,在0.9 W/g的条件下需要1.33 h,显著节省了时间。

干基含水率在200%以上时,物料表面常处于柔软湿润状态,可以推断原料内部以自由水为主,这一时期单位功率的脱水量相差不多。随着干燥的进行,结合水逐渐占据优势地位,脱水速度变慢。此时,容易出现干燥不均,局部过热,色变等不良反应,是决定产品质量的关键时期。

当干基含水率降到 100% 左右,物料表面上已干燥完成。将物料在密闭环境中静置处理。缓苏 1 h 以后,物料表面又恢复了松软形态,继续馈入微波,干燥至目标水平。干燥曲线如图 4 所示,不包括缓苏时间。

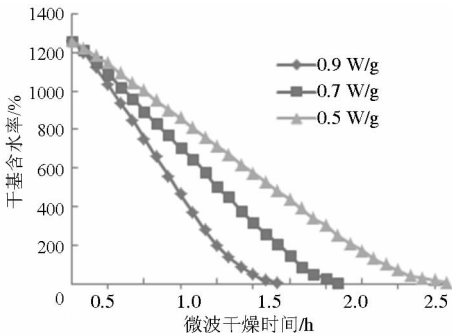


图 4 不同功率下的微波干燥曲线

Fig. 4 Drying curve in different microwave powers

微波流态化干燥法在时间上占有明显的优势,而电热鼓风干燥箱额定功率为 1.8 kW,干燥能力在 1~2 kg,单位质量的电耗功率相当,说明微波流态化干燥显著降低了能耗。

2.2 脱水姜片的理化特性

通过小米的体积置换法,发现不同工艺条件的脱水姜片单位质量体积有一定的差别。热风 75℃ 干燥后的姜片,单位质量的体积为 1.91 cm³/g,而 0.5 W/g 微波功率下为 1.80 cm³/g, 0.7 W/g 微波功率下为 1.79 cm³/g, 0.9 W/g 微波功率下为 1.70 cm³/g。试验表明,热风干燥的脱水姜片,质地较疏松,而微波流态化干燥的产品随着功率变大,体积有一定的收缩。

在姜片的复水性上,75℃ 热风干燥的姜片复水比高达 5.12,而 0.5、0.7、0.9 W/g 微波功率的复水比分别为 3.78、3.50、3.41。与热风干燥相比,即使微波干燥的体积收缩量相差不大,在复水性上却有很大差距。试验认为,姜片在热风干燥时,水分以缓慢地受力脱离组织,在微观上能很好地保持原有的组织结构。而微波流态化干燥,水分子振动剧烈,使物料在微观排布上发生了明显的改变,导致了复水比例的降低。

在姜片维生素 C 的保有率上,微波 0.5 W/g 条件下最高,为 4.94 × 10⁻² mg/g;热风 80℃ 条件下最低,为 1.75 × 10⁻² mg/g(图 5)。热风干燥随着温度的升高,维生素 C 保有率降低;微波流态化干燥,随着微波功率的升高,维生素 C 保有率也降低。在相同控制温度 60℃ 的条件下,热风干燥法维生素 C 保有率为 2.40 × 10⁻² mg/g,低于微波流态化的任何一个水平。试验认为微波流态化干燥法在保留热敏性营养成分上有一定的优势。

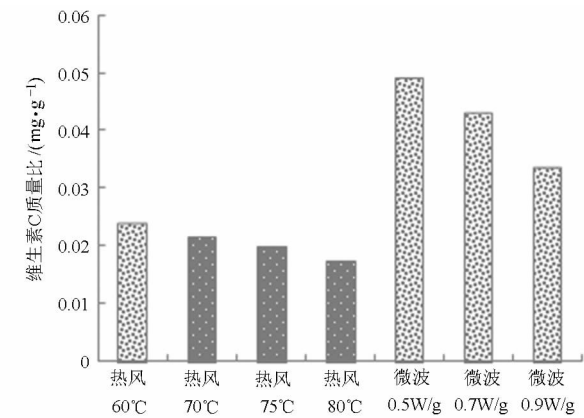


图 5 脱水姜片维生素 C 含量对比

Fig. 5 Comparison diagram about content of vitamin C indehydrated ginger slices

2.3 脱水姜片的感官评价

热风干燥的脱水姜片呈浅黄色,形态上有一定的弯曲,能保持清淡的姜本味。而微波流态化干燥,后期存在着局部过热和产品色变,姜片在一定温度下会发出姜香味。试验认为姜香味是过热的产物,是向焦糊味的过渡,所以在感官评价上认为劣于姜本味。

在 0.5、0.7 W/g 功率下,姜片颜色呈暗黄色与浅黄色之间,以浅黄色为主,形态上有弯曲,质地变硬,有较淡的姜香味。在 0.9 W/g 的条件下,姜片以暗黄色为主,姜香味中掺有轻微的糊味,以姜香味为主,感官评分如表 2 所示。

表 2 脱水姜片的感官得分

Tab.2 Evaluation grade of sensory quality of dehydrated ginger slices

指标	热风干燥温度/℃	微波干燥功率/(W·g ⁻¹)		
	75	0.5	0.7	0.9
色泽	3.0	2.4	2.3	2.1
形态	2.2	2.1	2.0	2.0
风味	3.8	3.3	3.2	2.8
综合评分	9.0	7.8	7.5	6.9

微波流态化干燥的感官质量在总体上劣于热风干燥。试验认为,只是在微波流态化干燥后期,物料的干基含水率低于 200% 时才会出现这种感官风味的变化,因此控制、改善后期干燥工艺,可有效提高脱水姜片的品质。

2.4 脱水姜片的微观结构

取 75℃ 热风干燥和 0.7 W/g 的微波流态化干燥两组工艺参数比较适中的样品进行微观分析,在 300 倍扫描电子显微镜中发现二者的微观结构差别明显。75℃ 热风干燥的脱水姜片保持较好的细胞壁骨架,淀粉颗粒镶嵌其中,原料的组织结构保持良好。而 0.7 W/g 微波功率下干燥的脱水姜片,细胞

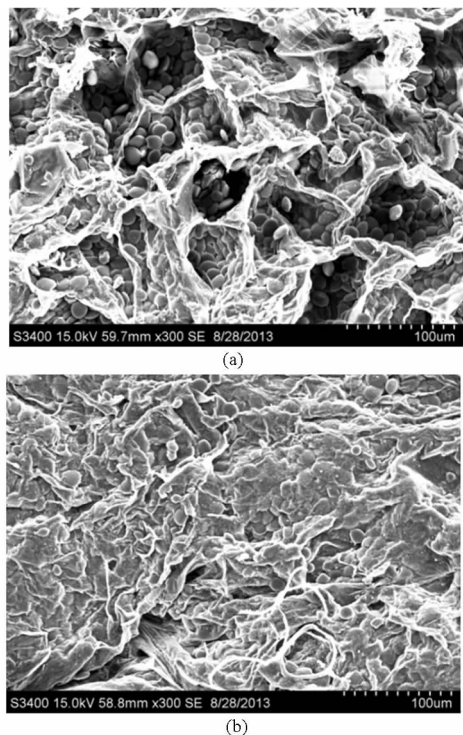


图6 脱水姜片的电镜扫描图片

Fig.6 Scanning electron microscope images
of dehydrated ginger slice

(a) 热风干燥的脱水姜片 (b) 微波流态化脱水姜片

壁中纤维素和蛋白质的极性基团受微波强烈作用,与淀粉颗粒的极性基团混合在一起,已无清晰的轮廓。

试验认为,由于微波流态化干燥能源利用率高,当含水率降低时,一些高分子物质的极性基团受到微波能的作用加剧,进而破坏了规则的组织结构。这一结果导致了微波流态化干燥产品体积存在一定的收缩,复水能力下降。

3 结论

(1)微波流态化干燥姜片,有效地缩短了干燥时间,在维生素C保有率上整体优于热风干燥。微波流态化干燥法在保留物料的热敏性营养成分上有一定的优势。

(2)75℃热风干燥的姜片能保持原有的细胞骨架和形态,而0.7W/g微波功率下的姜片组织结构混乱,与试验中微波干燥法产品体积收缩、复水性变差的数据相一致。

(3)微波流态化干燥,在干基含水率降到200%以后,物料中的水分以结合水为主,脱水速度变慢,开始出现风味的变化和局部色变,影响感官质量,是决定产品品质的关键时期,也是改进工艺的重点。

参 考 文 献

1 郭英华,张振贤,关秋竹. 姜的研究进展[J]. 长江蔬菜,2005(9):38-42.
Guo Yinghua, Zhang Zhenxian, Guan Qiuzhu. Research progress of ginger[J]. Journal of Changjiang Vegetables, 2005(9): 38-42. (in Chinese)

2 陈燕,闫红,蔡同一,等. 生姜提取物的综合利用与深加工研究[J]. 食品工业科技,2000,21(4):76-78.

3 吴晓慧,顾龚平,张卫明,等. 姜综合利用及深加工技术研究进展[J]. 中国野生植物资源,2003,22(3):5-9.
Wu Xiaohui, Gu Gongping, Zhang Weiming, et al. Development of studies on comprehensive utilization and processing techniques of zingiber officinale[J]. Chinese Wild Plant Resources, 2003, 22(3): 5-9. (in Chinese)

4 郑先哲,汪春,贾富国. 农产品干燥理论与技术[M]. 北京:中国轻工业出版社,2009:167-177.

5 钱革兰,崔政伟. 响应面分析热风微波耦合干燥胡萝卜片的形变[J]. 食品与机械,2011, 27(3): 38-41.
Qian Gelan, Cui Zhengwei. Analysis on shrinkage of carrots slices dried by coupling hot air and microwave by response surface methodology [J]. Food & Machinery, 2011, 27(3): 38-41. (in Chinese)

6 Reyes A, Cerón S, Zúñiga R, et al. A comparative study of microwave-assisted air drying of potato slices [J]. Biosystems Engineering, 2007, 98(3): 310-318.

7 Andrés Ana, Bilbao Cristina, Fito Pedro. Drying kinetics of apple cylinders under combined hot air-microwave dehydration [J]. Journal of Food Engineering, 2004, 63(1): 71-78.

8 韩清华,李树君,马季威,等. 微波真空干燥膨化苹果片的能耗与品质分析[J]. 农业机械学报,2008,39(1):74-77.
Han Qinghua, Li Shujun, Ma Jiwei, et al. Analysis on energy consumption and product quality of microwave vacuum drying and puffing apple slices [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(1): 74-77. (in Chinese)

9 韩清华,李树君,马季威,等. 微波真空干燥膨化苹果脆片的研究[J]. 农业机械学报,2006,37(8):155-158.
Han Qinghua, Li Shujun, Ma Jiwei, et al. Microwave vacuum drying and puffing characteristics of apple chips [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(8): 155-158. (in Chinese)

10 Wang Rui, Zhang Min, Mujumdar Arun S. Effects of vacuum and microwave freeze drying on microstructure and quality of potato slices [J]. Journal of Food Engineering, 2010, 101(2): 131-139.

11 Bondaruk Joanna, Markowski Marek, Blaszcak Wioletta. Effect of drying conditions on the quality of vacuum-microwave dried potato cubes [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 81(2): 306-312.

12 Wang J, Xi Y S. Drying characteristics and drying quality of carrot using a two-stage microwave process [J]. Journal of Food Engineering, 2005, 68(4): 505-511.

13 曹有福,韩清华,李树君,等. 微波真空冷冻干燥装置的设计与试验研究[J]. 农业机械学报,2010,41(7): 105 – 108.
Cao Youfu, Han Qinghua, Li Shujun, et al. Design and experiment on microwave vacuum freeze drying equipment [J].
Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(7): 105 – 108. (in Chinese)

14 GB8858—1988 水果、蔬菜产品干物质和水分含量的测定方法[S]. 1988.
GB8858—1988 Method for determination of dry matter and water content in fruit and vegetable products[S]. 1988. (in Chinese)

15 GB 6195—1986 水果、蔬菜维生素 C 含量测定法(2,6-二氯靛酚滴定法)[S]. 1986.
GB 6195—1986 Determination of vitamin C in vegetables and fruits (2, 6-dichloro-indophenol titration method) [S]. 1986. (in Chinese)

Process and Quality of Ginger Slices Microwave-Fluidization Drying

Lü Weiqiao¹ Wang Ye² Han Qinghua² Li Shujun² Yin Qing² Ma Jiwei²

(1. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

2. Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Beijing 100083, China)

Abstract: In different microwave powers, the process and quality of ginger slices microwave-fluidization drying was researched. In the microwave power of 0.7 W/g, which was moderate for the process parameters, the drying time cost 1.83 hours, 6.67 hours less than that in the 75℃ hot-air drying, and protected the content of vitamin C better. However, the microstructure and rehydration capability changed too much in microwave-fluidization drying, and when the dry basis moisture content was less than 200% , the gingers’ sensory quality turned bad quickly. In order to develop the microwave-fluidization drying’s relative advantage, controlling the dehydration speed in final stage would be important, which also was the key work to improve the process.

Key words: Microwave-fluidization drying Hot-air drying Ginger slices Drying quality

(上接第 261 页)

Spatial and Temporal Variability of Spring Wheat Leaf Area Index and Coverage in Northwest China

Wang Chunmei Gu Xingfa Yu Tao Meng Qingyan Liu Miao Li Lingling

(Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: The temporal and spatial variability of spring wheat leaf area index (LAI) and coverage was investigated, which was essential for the spatial analysis of crop parameters and the exact way to resolve the matching problems between remote sensing data and ground observation data. The results showed that, with the growing of spring wheat, the CV of coverage decreased, while the CV of LAI increased first and then decreased. At the coverage-tillering stage, both wheat LAI and coverage had the maximum spatial correlation distance and the minimum spatial variation. But at later growth stages, the spatial correlation distance was relatively stable for LAI and coverage. At some sample points, spring wheat LAI and coverage had a higher temporal stability than others, especially after the tillering-shooting stage. Compared with the coverage, the temporal stability of LAI was more significant. The sampling sites with higher time stability could be used to estimate the mean value of large region. Spring wheat LAI model was built with parameters of coverage and growth period, which could reflect the spatial and temporal variability.

Key words: Spring wheat Leaf area index Coverage Geostatistics Spatial and temporal variability