

洋葱微波干燥特性研究

李升升¹, 徐怀德^{1,*}, 李钰金², 王 静¹

(1. 西北农林科技大学食品科学与工程学院, 陕西 杨凌 712100;

2. 泰祥集团山东海洋食品营养研究院, 山东 荣成 264309)

摘 要: 研究不同微波功率下洋葱的干燥特性。结果表明: 与热风干燥相比, 微波干燥所需时间短, 在 119W 和 231W 条件下干燥时间分别是 80℃ 热风干燥时间的 0.35 倍和 0.125 倍; 当微波功率大于 385W 时, 洋葱发生褐变, 且功率越高, 褐变越严重; 功率为 119W 和 231W 时, 洋葱基本不发生褐变。复水实验表明: 功率为 119W 和 231W 时, 洋葱的复水比高, 其复水比分别为 4.87 和 4.67。洋葱微波干燥过程主要处于恒速期, 其数学模型符合 Page 方程。

关键词: 洋葱; 微波干燥; 干燥特性; 数学模型; 品质

Microwave Drying Characteristics of Onion

LI Sheng-sheng¹, XU Huai-de^{1,*}, LI Yu-jin², WANG Jing¹

(1. College of Food Science and Engineering, Northwest A & F University, Yangling 712100, China ;

2. Ocean Food Nutrition Research Institute of Shandong Taixiang Group, Rongcheng 264309, China)

Abstract: The aim of the present study was to investigate the drying characteristics of onion under varying microwave powers. The results showed that much shorter length of time was required for microwave drying when compared to hot air drying. The lengths of time required for microwave drying at 119 W and 231 W powers were 0.35 times and 0.125 times shorter than those required for hot air drying at 80 °C. Under the condition of microwave power 383 W, onion began to become brown. Under the condition of microwave power above 385 W, increasing microwave power could result in more serious brown of onion. However, under the conditions of 119 W and 231 W, brown phenomena rarely occurred. In addition, the rehydration ratios of onion under 119 W and 231 W were 4.87 and 4.67, respectively, higher than those under other microwave powers. The microwave drying of onion proved to be a constant speed process and its mathematical model was in line with Page equation.

Key words: onion; microwave drying; drying characteristics; mathematical model; quality

中图分类号: TS255.5

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2010)11-0047-04

洋葱(*Allium cepa* L.)属百合科葱属草本植物, 富含营养物质, 含有丰富的硫化化合物、黄酮、苯丙素、甾体皂苷、前列腺素类等生理活性物质^[1], 被誉为“菜中皇后”。洋葱全球产量仅次于西红柿, 约占蔬菜总量 10%; 我国各地均有种植, 直接食用或深加工产品有干制洋葱、洋葱酱、洋葱精油等^[2-3]。干制洋葱储运方便、营养丰富, 深受消费者欢迎。

微波干燥为一种快速、热效率高、无污染的干燥方式, 在食品、稻谷、果蔬等方面的研究已有大量的报道, 如花椒^[4]、荔枝^[5]、南瓜片^[6]、菠萝叶纤维^[7]、

苹果脆片^[8]等的微波干燥。有关洋葱干燥的研究已有相关的报道, 肖旭霖^[9]、樊建^[10]、王俊等^[11]分别报道了洋葱的真空远红外干燥、真空干燥和薄层热风干燥。但未见有关洋葱微波干燥的研究报道。

本实验对洋葱的微波干燥特性进行研究, 以期对洋葱微波干燥的新型干燥设备设计、工艺优化和工业化生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

收稿日期: 2009-11-09

基金项目: 陕西省农业科技攻关课题(2007K01-10-2)

作者简介: 李升升(1984—), 男, 硕士研究生, 研究方向为果品、蔬菜贮藏与加工。E-mail: lishshxn@yahoo.cn

* 通信作者: 徐怀德(1964—), 男, 副教授, 本科, 研究方向为果品、蔬菜贮藏与加工, 天然产物提取。

E-mail: xuhuaide@yahoo.com.cn

由图3可知,洋葱在干燥过程中水分比与时间呈指数关系,因此选用指数函数作为基函数。目前,用来描述物料薄层干燥的通用性较好的3种干燥数学模型^[13]分别是:

$$\text{指数模型: } M_R = \exp(-Bt) \quad (4)$$

$$\text{单项扩散模型: } M_R = A \exp(-Bt) \quad (5)$$

$$\text{Page 方程: } M_R = \exp(-Kt^N) \quad (6)$$

式中: t 为干燥时间/min; A 、 B 、 K 、 N 均为待定常数。

由式(4)、(5)和(6)可知,指数模型是单项扩散模型和 Page 方程的特殊形式,所以用单项扩散模型和 Page 方程两种数学模型来拟合洋葱的干燥过程。分别对式(5)和(6)线性化处理,即对(5)和(6)取对数得:

$$\ln M_R = -Bt + \ln A \quad (7)$$

$$\ln(-\ln M_R) = \ln K + N \ln t \quad (8)$$

微波干燥洋葱满足何种干燥模型,必须对实验数据进行处理后加以分析。据相关资料^[14-15]介绍微波干燥过程中物料的干基平衡含水率可认为是零,因此把水分比简化为 $M_R = M_t/M_o$ 。

2.2.2 模型的选择

将实验数据分别在 $\ln M_R$ 、 $\ln(-\ln M_R)$ - $\ln t$ 坐标上绘出,得图4和图5。比较图4和图5可以看出,图5更接近线性关系,因此选择 Page 方程作为洋葱干燥的数学模型。

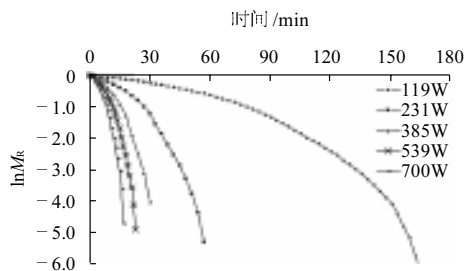


图4 不同微波功率条件下 $\ln M_R$ 与时间 t 的关系曲线

Fig.4 Relationship between $\ln M_R$ and t at different microwave powers

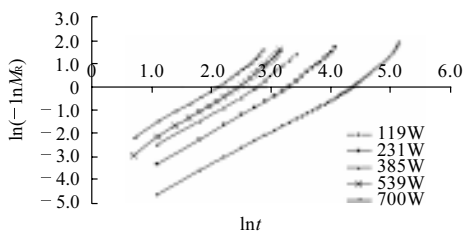


图5 不同微波功率条件下 $\ln(-\ln M_R)$ 与时间 $\ln t$ 的关系曲线

Fig.5 Relationship between $\ln(-\ln M_R)$ and $\ln t$ at different microwave powers

2.2.3 洋葱微波干燥方程的拟合

根据实验数据,选取119、358、700W功率下数据进行分析,将119、385、700W功率下的 $\ln(-\ln M_R)$ - $\ln t$ 的对应数据分别输入 DPSv6.55 数据处理系统,采用一元非线性回归模型对其分析,得到回归方程。

$$119\text{W 功率时: } \ln(-\ln M_R) = -6.7419 + 1.5912 \ln t \quad (9)$$

$$385\text{W 功率时: } \ln(-\ln M_R) = -4.5381 + 1.6977 \ln t \quad (10)$$

$$700\text{W 功率时: } \ln(-\ln M_R) = -3.4925 + 1.6984 \ln t \quad (11)$$

各功率回归分析如表1所示。回归分析说明回归方程式高度显著。

表1 回归分析表

Table 1 Regression analysis

| 功率/W | 变量 | 回归系数 | 标准系数 | 偏回归系数 | 标准误差 | t值 | 显著水平 |
|------|----|---------|--------|--------|--------|----------|--------|
| 119 | -K | -6.7419 | 0.9922 | 0.9922 | 0.1164 | -57.9025 | 0.0001 |
| | N | 1.5912 | 0.9922 | 0.9922 | 0.0274 | 58.1187 | |
| 385 | -K | -4.5381 | 0.9952 | 0.9952 | 0.1590 | -28.5419 | 0.0001 |
| | N | 1.6977 | 0.9952 | 0.9952 | 0.0589 | 28.8312 | |
| 700 | -K | -3.4925 | 0.9964 | 0.9964 | 0.0846 | -41.2626 | 0.0001 |
| | N | 1.6984 | 0.9964 | 0.9964 | 0.0388 | 43.7808 | |

为简化参数,用单位质量发射功率 P (比功率)作为其中的一个自变量,即以干燥时间和比功率为自变量,水分比作为因变量来拟合方程。同时为简化方程,采用比功率的二次方程来求系数。令:

$$-K = a + bP + cP^2 \quad (12)$$

$$N = d + eP + fP^2 \quad (13)$$

式中: P 为单位质量发射功率/(W/g); a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f 为待定系数。

将不同功率下的 $-K$ 、 N 、 P 值代入式(12)、(13)中,可以得到两组三元一次方程组。进行求解得出各待定系数。

$$\text{洋葱微波薄层干燥方程为: } M_R = \exp(-Kt^N) \quad (14)$$

式中: $K = 8.0073 - 0.0472P + 0.0001P^2$; $N = 1.5183 + 0.0028P - 0.0001P^2$ 。

2.2.4 洋葱微波干燥模型方程的验证

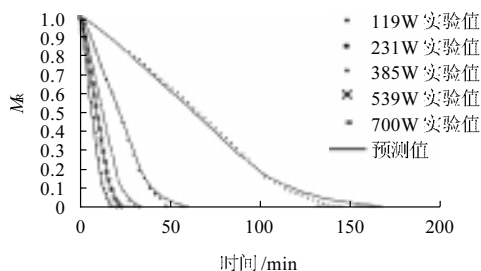


图6 相同条件下实验值与预测值的比较

Fig.6 Comparison between experimental and predicted values under the same conditions

图6表示不同微波功率下洋葱干燥的实验值与预测值的结果比较,其模型预测值与实验值吻合较好,因此可选用Page方程来描述洋葱的干燥过程。

2.3 洋葱干制品的品质分析

在700W和539W条件下干燥后的洋葱为棕黑色,基本失去食用价值;在385、231、119W条件下干燥后的洋葱有不同程度的褐变,但不影响洋葱的食用价值。从表2不同干燥条件下洋葱干制品的复水比可以看出,在119、231、385W功率下洋葱的复水比依次减小,其复水比分别是4.87、4.67、3.94;在60、70、80℃条件下洋葱的复水比依次增大,其复水比分别是3.56、3.71、3.97。可知与热风干燥相比微波干燥的复水比大,只有在80℃条件下干燥的洋葱复水比与在385W微波条件下干燥的洋葱复水比相当。在119W和231W条件下洋葱的复水比相差不大。在385W条件下,洋葱的复水比明显减小,说明在385W及以上功率条件下干燥时对洋葱的结构破坏较大。在热风干燥条件下,干燥时间长,洋葱组织发生不可逆的破坏,所以其复水比较小。

表2 不同干燥条件下洋葱干制品的复水比
Table 2 Rehydration ratios of dried onion using different drying methods

| 干燥条件 | 微波干燥功率/W | | | 热风干燥温度/℃ | | |
|------|----------|------|------|----------|------|------|
| | 119 | 231 | 385 | 60 | 70 | 80 |
| 复水比 | 4.87 | 4.67 | 3.94 | 3.56 | 3.71 | 3.98 |

3 讨论

洋葱在微波干燥过程中具有显著的特点:1)微波干燥所需时间短,在119W微波干燥时需要168min,而等量的物料在80、70、60℃热风条件下干燥时分别需要8、11、18h。2)在385、539、700W微波条件下干燥时,洋葱干燥时间差别不大。3)在385W及以上功率条件下干燥洋葱时,洋葱在12min时出现局

水比可知在119W和231W功率下干燥时洋葱的品质较好,复水比分别为4.87和4.67。因此,微波干燥虽可显著的缩短洋葱的干燥时间,但在较高功率下干燥时洋葱的品质差。

4 结论

4.1 微波干燥过程有明显的加速期、恒速期和降速期,但是加速期和恒速期相对较短,干燥的大部分时间在恒速期。与热风干燥相比,微波干燥所需时间短,在119W和231W条件下干燥时间是80℃热风干燥时间的0.35倍和0.125倍。

4.2 对于洋葱的微波干燥过程,干燥曲线为典型的

Page, 为, $M_R = \exp(-Kt^N)$, $k = 8.0073 - 0.0472P + 0.0001P^2$, $N = 1.5183 + 0.0028P - 0.0001P^2$ 。

4.3 在385W及以上微波功率下干燥时,洋葱发生褐变,且功率越高,褐变越严重;在119W和231W微波功率条件下,洋葱基本不发生褐变。复水实验表明,在119W和231W功率条件下洋葱的复水比高,其复水比分别为4.87和4.67。说明在较低微波功率下干燥时洋葱的品质较好。

参考文献:

- [1] 付学军. 洋葱功能成分及其应用研究[D]. 济南: 山东大学, 2006.
- [2] 马永昆, 黄金忠, 高敏, 等. 洋葱酱罐头褐变、变甜的机理及其控制研究[J]. 食品工业科技, 1998, 19(5): 24-25.
- [3] 刘焕云, 张香美. 溶剂法提取洋葱油的工艺研究[J]. 中国粮油学报, 2006, 21(6): 123-125.
- [4] 赵超, 陈建, 邱兵, 等. 花椒微波干燥特性试验[J]. 农业机械学报, 2007, 38(3): 99-101.
- [5] 陈燕, 陈羽白. 荔枝微波干燥特性及其对品质的影响研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(4): 192-194.
- [6] 熊永森, 王俊, 王金双. 微波干燥制南瓜片干燥规律及工艺优化研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(2): 181-184.
- [7] 王金丽, 邓怡国, 黄晖. 菠萝纤维干燥特性试验研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(10): 151-154.
- [8] 韩华清, 李树军, 李季威, 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.
- [9] 肖旭霖, 张宝善. 洋葱真空远红外干燥规律研究[J]. 农业工程学报, 1999, 15(3): 246-250.
- [10] 樊建, 范家桓, 张忠芬, 等. 洋葱真空干燥工艺研究[J]. 昆明理工大学学报, 1999, 15(3): 246-250.
- [11] 王俊, 唐学石, 许乃章. 洋葱热风薄层干燥特性研究[J]. 食品科学, 1994, 15(10): 3-6.
- [12] MASKAN M. Microwave, air and microwave finish drying of banana[J]. Journal of Food Engineering, 2000, 44(2): 71-78.
- [13] 张丽华, 徐怀德, 李顺峰. 不同干燥方法对木瓜干燥特性的影响[J]. 农业机械学报, 2008, 39(11): 70-75.
- [14] ALIBAS I. Microwave, air and combined microwave-air-drying parameters of pumpkin slices[J]. LWT, 2007, 40(8): 1445-1451.
- [15] OZKAN A A, AKBUDAK B, AKBUDAK N. Microwave drying characteristics of spinach[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 78(2): 577-583.