

应用二维轴对称模型的微波真空干燥数值模拟^{*}

苏天一¹, 张志军¹, 韩晶雪²

(1. 东北大学机械工程与自动化学院, 辽宁 沈阳 110004;

2. 中国科学院沈阳科学仪器股份有限公司干泵事业部 辽宁 沈阳 110179)

摘 要: 本文建立基于多孔介质的多物理场二维轴对称模型, 对微波真空干燥过程进行数值模拟计算。通过数值模拟研究可知, 随着微波真空干燥过程中环境压力的降低, 干燥样品能在较低的温度下迅速干燥, 有效提高样品干燥效率。但是, 样品内部的温度及水分均匀性会随着环境压力的降低而变差。适当牺牲干燥量, 降低总的微波能量输出或降低微波功率输出, 可有效提高干燥样品的温度和水分的均匀性。

关 键 词: 微波真空干燥; 二维轴对称模型; 数值模拟。

中图分类号: TS255.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0322(2020)04-0060-06

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2020.04.13

Numerical Simulation of Microwave Vacuum Drying Using Two-dimensional Axi-symmetric Model

SU Tian-yi¹, ZHANG Zhi-jun¹, HAN Jing-xue²

(1. School of Mechanical Engineering and Automation, Northeastern University, Shenyang 110004, China;

2. Vacuum Dry Pump Business Division, SKY Technology Development CO. Ltd, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110179, China)

Abstract: In this article, a two-dimensional axi-symmetric model of multi-physical porous media is developed to numerically simulate the microwave vacuum drying process. It indicates that, with the increase of environmental vacuum degree during the microwave vacuum drying process, the dried samples can be dried rapidly at a lower temperature, thus the drying efficiency and product quality can be improved. The temperature and water uniformity inside the sample become worse with the increase of ambient vacuum. Therefore, scarification of acceptable amount of drying, decreasing of the total output microwave energy or microwave power can improve the temperature and water uniformity of dried samples.

Key words: microwave vacuum drying; two-dimensional axi-symmetric model; simulation.

干燥是针对时令蔬菜水果的有效单元操作之一, 它可以有效抑制细菌及微生物的生长, 减轻蔬果重量, 延长存储时间, 从而降低其储存、包装和运输费用。常压热风干燥是最传统的干燥方式, 具有操作简单、初期投入小、维修方便等优点, 但是其效率低、能耗大、产品质量较差等缺点促使其他干燥方式的发展^[1]。冷冻干燥能够得到高品质的产品, 但其耗时长、成本高等缺点限制了冷冻干燥技术在农副产品干燥过程的应用^[2]。微波作为热源能够提高加热速率、能量利用率, 并且在真空环境下水分蒸发温度低、环境对产品

污染小。Magdalena Zielinska 等人^[3,4]对比研究了对流干燥和微波真空干燥蔓越莓样品的活性化合物和颜色, 得到结论为, 应用低功率微波真空干燥得到的蔓越莓样品质量优于对流干燥得到的样品。Marek Markowski 等人^[5]对比研究了土豆块热风干燥和微波真空干燥所得样品的复水性, 研究表明, 微波真空干燥所得土豆块因为更好的孔隙结构和更小的收缩, 具有更好的复水性。因此, 与传统常压热风干燥和冷冻干燥相比, 微波真空干燥的产品能够极大程度保存新鲜产品内营养物质, 提高产品质量, 降低能耗, 缩短生产周期。

收稿日期: 2019-09-11

作者简介: 苏天一(1989-), 女, 辽宁省锦州市人, 博士生。 通讯作者: 张志军, 教授, 博导。

^{*} 基金项目: 国家自然科学基金(批准号: 31371873, 31000665, 51176027, 31300408)。