**标题：**

预熟化芸豆热风微波联合干燥特性及数学模型研究

**摘要：**

为了提高芸豆的干燥品质和效率，研究了应用热风和微波联合干燥芸豆的最优工艺，采用不同干燥方式下芸豆的干燥特性和品质，并建立数学模型对芸豆水分和破损率进行预测和模拟。结果表明：[结果待测定及整理]。热风-微波联合干燥是适合芸豆干燥较好的技术方法。

**关键词：**

芸豆，干燥工艺，干燥特性，热风-微波联合干燥，数学模型

**前言：**

芸豆学名菜豆，是普通菜豆和多花菜豆的总称，属豆科菜豆属的小宗杂粮作物，具有很高的营养价值以及药用价值[1]。经常使用有健脾壮肾的作用，是脾弱肾虚者的一级补品[2]。目前市场上芸豆相关产品主要有芸豆馅、芸豆营养粉丝以及其在雪糕、饼干、面包、八宝粥食品中作为主要食材等。

为实现将芸豆作为一种与大米共煮的粗粮的商业化，需要将预熟化的芸豆进行干燥处理，达到与大米煮制时共熟的效果。以预熟化过的芸豆为原料，对其热风-微波联合干燥特性进行研究，探讨热风干燥温度、时间对预熟化过的芸豆水分以及品质的影响。同时以近现代农产品干燥数学模型为基础，对实验所得的数据进行拟合，得到预熟化过后的芸豆的热风-微波联合干燥的数学模型。为预熟化芸豆粗粮工业化生产提供理论依据。

**试验材料、仪器设备和方法**

试验材料：

紫花芸豆：松原三井子商贸有限公司

仪器设备：

压力锅：MY-13SS506A型，美的公司

数显恒温水浴锅：HH-2型，常州澳华仪器有限公司

电子天平：ES-200HA型，长沙湘平科技发展有限公司

电热恒温鼓风干燥箱：DHG-9240A型，上海精宏实验设备有限公司

微波炉：EM-L530TB型，合肥荣事达三洋电器股份有限公司

方法：

工艺流程：

芸豆->筛选->清洗->恒温浸泡->低压蒸煮->热风干燥->冷却->微波干燥->冷却->成品

芸豆预熟化：

称取300.00g芸豆，浸泡（？30）分钟，放入低压蒸煮锅中将压力调至（5kPa）进行低压蒸煮5分钟，将蒸煮过后的芸豆捞出沥干。

单独热风干燥：

每次称取120.00g经过预熟化过的芸豆3份，铺成薄层，分别放入电热恒温鼓风干燥箱中进行70、80、90℃的热风干燥。每隔5分钟对芸豆进行称重，同时测量芸豆的破损率，记录数据，直至含水率达到（？20%~30%）时停止干燥。

单独微波干燥：

每次称取120.00g经过预熟化过的芸豆（？3）份，铺成薄层，分别放入微波炉中进行（？400W、600W、800W）功率下的干燥，每隔（？1）分钟对芸豆进行称重，同时测量芸豆的破损率，记录数据，直至含水率达到（？20%~30%）时停止干燥。

热风和微波联合干燥：

前期使用热风进行干燥，取（？100g）预熟化过的芸豆，平铺成薄层，芸豆不可以堆叠，放入电热恒温鼓风干燥箱中进行80℃的热风干燥，直至达到转换点水分（？20%）时停止，冷却，进入后期微波干燥。即将热风干燥后的芸豆放入微波炉中进行（？700W）的微波干燥，每隔30秒称芸豆质量以及表皮的破损率，直至含水率达到（？20%~30%）时停止干燥。

试验指标及方法：

干基含水率测定：



在本式中：为芸豆在t时刻的含水率（%），为芸豆的初始含水率（%），为t时刻芸豆的质量（g），为芸豆初始质量（g），为芸豆的干重。

干燥速率测定：



在本式中：DR为干燥速率（%/min），为t时刻的干基含水率（%），

失去水分所需要的时间（min）。

水分比计算：



在本式中：为水分比，为t时刻物料干基含水率（%），为初始时刻物料干基含水率（%），为无聊干燥平衡时的含水率（%）。由于芸豆的平衡含水率很小，在这里水分比采用了简化过的水分比，即 

常用的描述农产品物料薄层干燥的四种模型[3]：

指数模型：

单项扩散模型：

Page方程模型：

经验模型： 

在式中：MR为水分比，exp为指数函数，t为干燥持续时间（min），K为干燥速度常数，A为待定干燥速度系数，n为幂指数，均是与干燥条件有关的常数。

**结果与分析：**

**结论：**

1. 张丙云, 袁亚兰, 高瑜璟,等. 芸豆蛋白的营养价值和功能特性研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(11):347-350.
2. 李清泉. 芸豆的应用价值及高产栽培技术[J]. 内蒙古农业科技, 2007(4).
3. 袁月明, 陈丽梅, 王鸿斌,等. 玉米丸粒化种子的薄层干燥试验及其干燥模型[J]. 农业工程学报, 2003, 19(3):169-173.