

Pistachio Nut (Ohadi Variety) Mass Transfer Simulation during Process of Drying Using Finite Element Method

Sh. Rafiee^{1*}, M. Kashaninejad², A. R. Keyhani¹, and A. Jafari¹

ABSTRACT

Drying is an important operational step in pistachio processing. There is a decrease in moisture content of pistachio nuts from 56-57% (d.b.) to 5-6% during the drying process. Drying conditions affect the quality of dried pistachio nuts, therefore, this calls for an accurate description of the drying trend in the process. In this study finite element formulation and solution of diffusive moisture transfer equation was presented to improve the drying simulation of nut as an axisymmetric body. The Fick's diffusive model was solved with effective moisture diffusivity of $5.24 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ for 55°C and $7.01 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ for 70°C. For experimentation, thin layers of pistachio nut, 'Ohadi' variety, were dried at high drying air temperatures (55 and 70°C), three replications for each treatment, along with drying air velocity and relative humidity of 0.5 m s^{-1} and 20%, respectively. Good agreement was observed when the output of model was compared with the experimental data. Mean Relative Deviation (MRD) calculated for the model and the experimental data for the air temperatures 55 and 70°C, were found to be 6.2% and 8.1%, respectively.

Keywords: Drying simulation, Finite element method, Moisture diffusivity, Pistachio nut.

INTRODUCTION

Pistachio nut is an edible seed of the pistachio tree. Several species of the genus *Pistacia* are referred to as pistachio, but only the fruits of *Pistacia vera* attain sufficiently large size to be acceptable to consumers as edible nuts (Shokraii and Esen, 1988). The nuts are consumed as confectionary ingredient, or snack. Because of the deep green color of pistachio kernels, it is highly favored in ice cream and in pastry industries. Pistachio is cultivated in the Middle East, United States and Mediterranean countries. Iran is one of the biggest producers and exporters of pistachio nuts. More than 200,000 tones of pistachio nuts are annually produced in Iran (Anon., 2001).

A high quality of pistachio nuts largely

depends on its fast and efficient handling and drying operations. Kader (1982) pointed out that pistachio nuts benefit from a highest quality when harvested fully mature and dried immediately after harvest. During the drying process, nuts can undergo reactions, which cause a loss of nutritional value and unfavorable enzymatic activities. In comparison with other food products, studies on drying of pistachio nuts are very limited. It would therefore be helpful and necessary to study the simulation of the drying process in pistachio nuts. This, however, requires a knowledge of such nut kernel drying characteristics as under different drying conditions. Numerical methods that describe drying mechanisms of foods can provide a clue to the required temperature and moisture requirements (Rafiee and Kashaninejad,

¹ Faculty of Biosystem Engineering, University of Tehran, Islamic Republic of Iran.

² Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Islamic Republic of Iran.

* Corresponding author, e-mail: shahinrafiee@ut.ac.ir



شبیه سازی انتقال جرم در مدت زمان خشک شدن به روش اجزای محدود در پسته رقم اوحدی

ش. رفیعی، م. کاشانی نژاد، ع. ر. کیهانی، و ع. جعفری

چکیده

خشک کردن یکی از فرایندهای مهم در فراوری محصول پسته می باشد. در طی فرایند خشک شدن پسته؛ رطوبت از ۳۷ تا ۴۰ درصد (بر پایه خشک) به ۵ تا ۶ درصد تقلیل می یابد. کیفیت بالای پسته به سرعت و کارایی درجه بندی و خشک کردن آن بستگی دارد. شرایط خشک کردن پسته (دمای هوای خشک کردن، سرعت هوا، رطوبت نسبی و محتوای رطوبت اولیه) بر روی کیفیت شیمیایی و میکروبیولوژی پسته خشک شده تأثیر دارد. بنابر این فرایند خشک کردن باید مطالعه شده و تحت کنترل در آید. به این منظور لازم است تا مکانیزم خشک شدن با دقت تشریح گردد. در تحقیق حاضر فرمول سازی المان محدود و حل معادلات انتقال پخش رطوبت جهت بهبود خشک شدن پسته ارائه شده است. مدل با ضریب پخش رطوبت اصلاح شده ($5 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ برای دمای ۵۵ درجه سانتیگراد و $7/5 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ برای دمای ۷۰ درجه سانتیگراد) حل شد. در آزمایشات جریان هوای داغ (۵۵ و ۷۰ درجه سانتیگراد) بر روی یک لایه نازک از پسته رقم اوحدی عبور داده شد. در طول آزمایشات سرعت هوای خشک شدن و رطوبت نسبی بترتیب $1/5 \text{ m s}^{-1}$ و ۲۰٪ بودند. رطوبت در هر دقیقه از طول خشک شدن اندازه گیری می گردید. انطباق خوبی بین داده های آزمایشگاهی در مقایسه با مدل تئوری به دست آمد. متوسط انحراف نسبی مشاهده شده برای مدل بهبود یافته در دمای ۵۵ و ۷۰ درجه با داده های آزمایشگاهی، بترتیب ۶/۲ درصد و ۸/۱ درصد بودند. این نتایج نشان می دهد که داده های آزمایشگاهی با مدل شبیه سازی شده به قدر کافی نزدیک است. از مدل برای شبیه سازی رطوبت درخشک شدن پسته استفاده شد. از توزیع شبیه سازی رطوبت و گرادیان در داخل دانه مستقیماً برای تحلیل تنش ترک خوردن پسته استفاده می شود. همچنین از نتایج تحلیل اجزای محدود می توان برای ارزیابی کیفی پسته و همچنین مطالعات شبیه سازی خشک کردن آن استفاده نمود.