



رساله‌ی دکتری: محمدجواد حسین زاده، ۱۳۹۵

## شبیه سازی عددی عملیات حرارت دهی با استفاده از ماکروویو در فرآیند آنزیم‌بری گندم جوانه‌زده با استفاده از روش المان محدود

در این پایان‌نامه گرمایش مایکروویو در اجسام جامد با هندسه‌ی استوانه‌ای به کمک نرم افزار تجاری آباکوس و در حالت سه بعدی تحلیل شد. این مدل در ابتدا از مدل دو بعدی مطالعات مربوط به مدل‌سازی حرارت مایکروویو بر روی مواد غذایی صحت سنجی شد. در فاز اول این مطالعه از گندم جوانه زده به عنوان ماده غذایی جامد بمنظور آنزیم‌بری مدل‌سازی شد و در مقیاس آزمایشگاهی نتایج حاصل از آزمون تعیین دمای سطح بیرونی گندم جوانه‌زده در درون بسته بندی پلی‌اتیلن به شکل استوانه و در ابعاد  $7 \times 14$  (طول  $\times$  شعاع) با مدل مربوطه اعتبار سنجی گردید. نتایج نشان داد همبستگی مناسبی میان داده های حاصل از نمونه آزمایشگاهی و مدل‌سازی وجود دارد. در فاز دوم این تحقیق، توزیع دما با تحلیل المان محدود در نمونه گندم جوانه‌زده، با شکل بسته‌بندی استوانه در ابعادهای  $16 \times 32$ ،  $8 \times 16$ ،  $4 \times 8$ ،  $5 \times 10$ ،  $2 \times 4$  سانتی‌متری که به ترتیب (طول  $\times$  شعاع  $\times$  R)، مدل‌سازی گردید. نتایج حاصل از مدلها نشان داد استوانه با ابعاد  $4 \times 8$  هندسه مناسب‌تری برای آنزیم‌بری در بین بسته‌ها دارد و به مدت زمان تقریبی 90 ثانیه جهت رسیدن اکثریت حجم نمونه به دمای 80 درجه سانتی‌گراد که مناسب آنزیم‌بری می‌باشد نیازمند است. در این مطالعه میزان بار حرارتی بر روی نمونه، توسط قوانین لامبرت محاسبه شد. در فاز سوم، به تاثیر شرایط حرارت دهی ناپیوسته در زمانهای مختلف پرداخته شد. در این حالت که سیستم بصورت پالسی کار می‌کند تاثیر حرارت را بمنظور کاهش اثرات مخرب ناشی از حرارت بالا در مرکز استوانه از طریق انتقال حرارت از مرکز به سمت خارج مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد، در حالت پالسی نمودار دما بر حسب شعاع استوانه در ابعاد  $4 \times 8$  شیب ملایم‌تری ایجاد می‌کند که این نوع توزیع حرارت سبب می‌شود زمان فرآیند طولانی‌تر (حدودا 315 ثانیه) و حجم بیشتری از نمونه دمای بالاتر از حد مطلوب آنزیم‌بری جذب کند. در حالتی که بر روی مدل استوانه با ابعاد  $4 \times 8$  بصورت پیوسته بارگذاری حرارتی انجام گیرد، زمان فرآیند کوتاه (حدودا 90 ثانیه) و حجم بیشتری از نمونه تحت دمای مطلوب آنزیم‌بری قرار می‌گیرد. باتوجه به اینکه انتخاب بهترین ابعاد در میان مدل‌های بررسی شده اولاً در زمانی که تحت حرارت دهی مایکروویو قرار دارد، نباید دچار آسیبهایی همانند قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی گردد و ثانیاً کلیه نقاط ماده غذایی تا حد امکان به یک اندازه و بطور ثابت و پیوسته حرارت ببیند، که این حالت امری ضروری در فرآیندهای مواد غذایی است. بنابراین، در مقایسه بین شرایط حرارت دهی بصورت پیوسته و ناپیوسته بررسی‌ها نشان داد، استفاده از فرآیند پیوسته در مدلی با ابعاد  $4 \times 8$  بدلیل کوتاه بودن زمان فرآیند و آنزیم‌بری سطح گسترده‌تری از بسته مورد نظر در دمای بهینه آنزیم‌بری، مناسب‌تر است.

**کلیدواژه‌ها:** حرارت دهی مایکروویو، فرآیندهای مواد غذایی، المان محدود



شماره‌ی پایان‌نامه: ۱۲۷۵۰۴۰۳۹۴۱۰۰۱

تاریخ دفاع: ۱۳۹۵/۱۱/۰۶

رشته‌ی تحصیلی: علوم و صنایع غذایی - تکنولوژی مواد غذایی

دانشکده: کشاورزی و دامپزشکی

استادان راهنما: دکتر امیرحسین الهامی راد و دکتر محمد جواد کاظم زاده پارسی

استاد مشاور: دکتر سیدعلی مرتضوی

### **Ph.D. Dissertation:**

## Numerical simulation of microwave heating in blanching process of germinated wheat using the finite element method

Microwave heating in solid bodies with cylindrical geometry using commercial software ABAQUS was analyzed in three dimensions. This model was validated from the first of a two-dimensional model of microwave thermal modeling were studied and measured on food materials. The first phase of the study, the outer surface temperature of the germinated wheat in polyethylene into a cylindrical shape with the dimensions of  $7 \times 14$  on a laboratory scale in the microwave to validate the model was measured. The results showed good correlation between the data obtained from the laboratory samples and there modeling. In the second phase of the study, temperature forecast with finite element analysis on the samples germinated wheat the shape of the packaging cylinder dimensions,  $16 \times 32$  ,  $8 \times 16$  ,  $4 \times 8$  ,  $5 \times 10$  .  $2 \times 4$  cm has been simulated. using the model provided by the heating of samples were examined by other studies and finally the dimensions of  $4 \times 8$  model showed that cylindrical geometry samples was more appropriate between other packages for blanching and the approximate duration of 90 seconds to reach the majority of the sample to a temperature of  $80^\circ \text{C}$  that, this temperature was suitable for blanching germinated wheat. At this study we are use the Lamberts low for the equations. The third phase of the study, was paid to make an impact discontinuous at different times in the consecutive system. In this case, that the system works in discontinuous, the effect of temperature in order to reduce damaging effects of high temperatures in the center of the cylinder through the movement of heat from the center of the cylindrical toward in to the shell was assessment. The results showed, in pulse mode according to the radius of the cylinder temperature graph dimensions  $4 \times 8$  , Creates a gentler slope that, the type of heat distribution makes the process longer (about 315 sec) And a greater volume of sample attract a higher temperature than optimal blanching. In the case of the cylinder model with dimensions  $4 \times 8$  , Continuous thermal load carried cause a short process time (about 90 sec) and a greater volume of sample is placed under optimum temperature blanching. Given the choice of the best aspects of the models studied first, at a time when it is under microwave heating as well as non-enzymatic browning injuries should be and secondly, all parts of the food as much as possible equally and consistently and continuously heated is necessary for food processing. So, ccomparison of continuous and discontinuous heating conditions



survey showed using a continuous process in model sizes 4×8 because of the short duration of the process and blanched broader level package in optimum temperature blanching, It's more suitable

---