



دانشگاه فردوسی مشهد  
دانشکده کشاورزی  
گروه علوم و صنایع غذایی

رساله دکتری

**کاربرد سیستم‌های هوشمند جهت ارزیابی ریسک‌های میکروبی  
در فرایند تولید فراورده‌های لبنی و مقایسه آن با برخی روش-  
های کلاسیک (مطالعه موردی دوغ ایرانی)**

معصومه مهربان سنگ آتش

بهمن ماه ۱۳۹۱



دانشگاه فردوسی مشهد  
دانشکده کشاورزی

رساله دکتری رشته علوم و صنایع غذایی

# کاربرد سیستم‌های هوشمند جهت ارزیابی ریسک‌های میکروبی در فرایند تولید فراورده‌های لبنی و مقایسه آن با برخی روش- های کلاسیک (مطالعه موردی دوغ ایرانی)

معصومه مهربان سنگ آتش

استادان راهنما

دکتر فخری شهیدی

دکتر محبت محبی

استادان مشاور

دکتر علی وحیدیان کامیاد

دکتر محسن قدس روحانی

بهمن ماه ۱۳۹۱

## اظهار نامه

عنوان رساله: کاربرد سیستم‌های هوشمند جهت ارزیابی ریسک‌های میکروبی در فرایند تولید فراورده‌های لبنی و مقایسه آن با برخی روش‌های کلاسیک (مطالعه موردی دوغ ایرانی)

اینجانب معصومه مهربان سنگ آتش دانشجوی دوره دکتری تخصصی رشته علوم و صنایع غذایی، گرایش میکروبیولوژی مواد غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد نویسنده رساله "کاربرد سیستم‌های هوشمند جهت ارزیابی ریسک‌های میکروبی در فرایند تولید فراورده‌های لبنی و مقایسه آن با برخی روش‌های کلاسیک (مطالعه موردی دوغ ایرانی)" تحت راهنمایی سرکار خانم دکتر شهیدی و سرکار خانم دکتر محبی متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این رساله توسط اینجانب انجام شده و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در این رساله تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی به جایی ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد است و مقالات مستخرج با نام "دانشگاه فردوسی مشهد" و یا "Ferdowsi University of Mashhad" به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی رساله تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از آن رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این رساله، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آنها) استفاده شده، ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این رساله، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده، اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

معصومه مهربان سنگ آتش  
تاریخ

### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد است. این مطالب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج این رساله بدون ذکر مرجع مجاز نیست.

دوغ نوشیدنی سنتی ایران است که بجز ایران در کشورهایمانند افغانستان، آذربایجان، ارمنستان، عراق، سوریه، ترکیه و بالکان و به میزان خیلی کم در دیگر کشورهای خاورمیانه و آسیای مرکزی تولید و مصرف می‌شود. در حال حاضر دوغ یک محصول پر طرفدار است و تقاضای مصرف آن در ایران افزایش چشمگیری داشته است. در سال‌های اخیر میزان تولید دوغ در ایران روند افزایشی داشته است به طوری که ظرفیت اسمی تولید انواع دوغ در سال ۱۳۸۹ حدود ۳ میلیون تن بوده که نسبت به سال قبل از آن ۲۹/۱ درصد رشد داشته است این میزان تولید ۹ درصد شیر خام دریافتی را شامل می‌شود. استان‌های اردبیل، خراسان رضوی و آذربایجان شرقی به ترتیب با تولید ۵۴۳/۳ هزار تن، ۲۸۱/۸ هزار تن و ۲۷۳ هزار تن، بیشترین تولید را به خود اختصاص داده‌اند. در این پژوهش، تاثیر درجه کیفیت شیر خام (درجه‌ی یک، دو و سه)، روش پاستوریزاسیون شیر (۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه و ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه)، نوع آغازگر (بالک و دی.وی.اس)، اسیدیته نهایی دلمه (۱۰۰ و ۱۲۰ درجه درنیک) و نوع تیمار حرارتی محصول نهایی (حرارت دیده و حرارت ندیده) بر کیفیت و زمان ماندگاری دوغ تولیدی مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌گیری از ۱۳ نقطه کنترل بحرانی خط تولید دوغ انجام پذیرفت. آزمایش‌های میکروبی (شمارش کلی میکروارگانیزم‌های هوازی، شمارش کپک و مخمر، شمارش کلی فرم‌ها و ...) و فیزیکوشیمیایی (اسیدیته، pH، درصد چربی، درصد پروتئین و ...) مطابق استانداردهای ایزو و استانداردهای ملی ایران روی نمونه‌ها انجام شد. سپس با استفاده از روش‌های تحلیل چند متغیره و منطق فازی، فاکتورهای موثر بر کیفیت شیر خام شناسایی شده و براساس موثرترین فاکتورهای انتخابی، نمونه‌های شیر خام طبقه‌بندی گردید. همچنین به منظور ارایه مدلی مناسب جهت پیش‌بینی درجه کیفیت و زمان ماندگاری دوغ تولیدی بر اساس ویژگی‌های میکروبی و فیزیکوشیمیایی شیر خام مصرفی، به ترتیب از سیستم نوروفازی و رگرسیون خطی فازی استفاده شد. نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌ی اصلی، در مجموع ۷ مؤلفه برای ویژگی‌های میکروبی و فیزیکوشیمیایی شیر خام معرفی گردید که حاوی ۹۳/۶۵ درصد از مقدار کل واریانس بودند. مؤلفه‌ی اصلی اول، دوم و سوم با توجه بیشترین درصد واریانس کل به عنوان مؤلفه‌های اصلی جهت تحلیل داده‌ها انتخاب و بر اساس آن نمونه‌های شیر خام به سه گروه طبقه‌بندی شدند. انجام تحلیل خوشه‌ای روی چهارده ویژگی از نمونه‌های شیر خام، آن‌ها را به سه خوشه اصلی طبقه‌بندی کرد که با نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌ی اصلی مطابقت داشت. نتایج تحلیل تشخیصی گام به گام نیز نشان داد که ویژگی‌های وارد شده در معادله در کل توانسته‌اند عضویت ۹۱/۷ درصد از نمونه‌های شیر خام را به درستی از نظر کیفیت در طبقه خودشان پیش‌بینی نمایند. پیاده‌سازی سیستم استنتاج فازی با دقت تشخیص ۸۲/۵ درصد کیفیت شیر خام را مشابه نظرات افراد خبره طبقه‌بندی کرد. همچنین نتایج نشان داد که شبکه‌های عصبی فازی و رگرسیون فازی می‌توانند به عنوان ابزاری کارآمد در پیش‌بینی درجه‌ی کیفیت و زمان ماندگاری دوغ تولیدی مورد استفاده قرار گیرند.

**کلید واژه‌ها:** دوغ، تشخیص الگو، منطق فازی، شبکه استنتاج تطبیقی عصبی - فازی، رگرسیون فازی.