

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ





دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گیلان

دانشکده صنایع غذایی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته  
علوم و صنایع غذایی

## اثر نوع و میزان امولسیفایر و زمان آسیاب کردن بر ویژگی‌های بافتی، رئولوژیکی و حسی شکلات تیره کم کالری

پژوهش و نگارش:

منصور ربیع اشکذری

اساتید راهنما:

دکتر یحیی مقصدلو

دکتر سمیرا یگانه‌زاد

اساتید مشاور:

دکتر محمد قربانی

دکتر امان محمد ضیایی‌فر

زمستان ۱۳۹۲



## تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه‌های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی- پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود؛ بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

- ۱- قبل از چاپ پایان نامه خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع داده و کسب اجازه نمایند.
- ۲- قبل از چاپ پایان نامه در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد، ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.
- ۳- انتشار نتایج پایان نامه باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب منصور ربیع اشکذری دانشجوی رشته علوم و صنایع غذایی مقطع کارشناسی ارشد تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی و امضاء



تقدیم بابوسه بردستان پدر و مادرم

ماحصل آموخته هایم را تقدیم می کنم به آنان که مهر آسمانی شان آرام بخش آلام زینبی ام است

به استوارترین تکیه گاهم، دستان پر مهر پدرم

به سبزترین نگاه زندگیم، چشمان سبز مادرم

که هرچه آموختم در کتب عشق شما آموختم و هرچه بگو شتم قطره ای از دریای بی کران مهربانان را پاس  
توانم بگویم.

امروز، سستی ام به امید شماست و فردا کلید باغ بهستم رضای شما

ره آوردی کران سنگ تر از این ارزان نداشتم تا به خاک پستان نثار کنم، باشد که حاصل تلاشم نسیم کوزه  
غبار محسکیتان را برزاید.

دو خواهر و برادرم،

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان که در این سردترین روزگار ان بهترین پشتیبانم بودند.





## تشکر و قدردانی

شکرشایان نثار ایزدمنان که توفیق را رفیق را بهم ساخت تا این پایان نامه را به پایان برسانم.  
باتقدیر و تشکر شایسته از استاد فرهیخته و فرزانه جناب آقای دکتر سحی مقصودلو که با نکته های دلاویز و گفته های بلند، صحیفه های سخن را علم پرور نمود و همواره راهبها و راه گشای نگارنده در تمام و اکمال پایان نامه بودند.  
از استاد با کمالات و شایسته؛ سرکار خانم دکتر سمیرا یگانه زاد که در کمال سع صدر، با حسن خلق و فروتنی، از پیچ گلگی در این عرصه بر من دریغ نمودند و زحمت را بهمانی این پایان نامه را بر عهده گرفتند کمال تشکر و قدردانی را دارم.  
از اساتید مشاورم جناب آقای دکتر محمد قربانی و جناب آقای دکتر امان محمد ضیایی فر که در طول انجام این پژوهش همواره با روی گشاده پذیرای بنده بودند و از به خطری و مشاورت ایشان بهره برده ام صمیمانه قدردانی می نمایم.  
از داور محترم و نماینده تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر مهدی کاشانی نژاد که زحمت بازخوانی این پایان نامه و مدیریت جلسه دفاع را تقبل نمودند و بار بهمانی های ارزنده شان در ارائه هر چه بهتر این تحقیق یاری ام نموده اند کمال تشکر را دارم.

از آقایان مهندس فخرالدین صاحبی، علی مهربان و حجت صادقی و خانم مهندس خلیلیان و همه دوستان و همکلاسیانم به دلیل بهکاری صمیمانه شان تشکر می کنم و امیدوارم همواره سربلند و شادکام باشند.



## چکیده

این پژوهش با هدف تولید شکلات تیره کم کالری (۱۱٪ کاهش چربی) با استفاده از ۴ نوع امولسیفایر مختلف در دو سطح و دو زمان آسیاب کردن ۶۰ و ۹۰ دقیقه به اجرا درآمد. پس از بررسی‌های به عمل آمده در پیش تیمارها، مواد اولیه و روش تولید، شرایط فرایندی بهینه و فرمولاسیون بهینه انتخاب شد. مواد اولیه شکلات، چربی جایگزین کره کاکائو، شکر آسیاب شده، پودر کاکائو، لستین، سیترم، پلی گلیسرول پلی رسینولات، آمونیوم فسفاتید و روش تولید براساس تولید با آسیاب ساچمه‌ای انتخاب شدند. برای بررسی تأثیر زمان آسیاب کردن و سطوح مختلف امولسیفایرها ۱۶ فرمول بدست آمد و بلافاصله پس از تولید، ویژگی‌های آن بررسی شد. بعد از تولید مقادیر رطوبت، خاکستر، pH، اندازه ذرات، سختی، خواص رئولوژیکی و ویژگی‌های حسی نمونه‌ها تعیین شد. برای تعیین خواص رئولوژیکی، ۴ مدل رئولوژیکی مستقل از زمان پاورلا، هرشل بالکلی، بینگهام و کاسون بررسی شد. برای امولسیفایرهای لستین، سیترم و آمونیوم فسفاتید مدل کاسون و برای امولسیفایر پلی گلیسرول پلی رسینولات مدل پاورلا به عنوان مدل مناسب برای توصیف رفتار رئولوژیکی نمونه‌ها انتخاب شد. ویژگی‌های حسی نمونه‌ها با آزمون‌های هدونیک و توصیفی مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۱، با روش مدل خطی عمومی و univariate ANOVA و همچنین روش PCA انجام شد. برای تعیین میزان همبستگی بین نمونه‌ها از همبستگی پیرسون (نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۱) استفاده شد. نتایج نشان داد با افزایش زمان آسیاب کردن از ۶۰ به ۹۰ دقیقه و کاهش اندازه ذرات، تنش تسلیم کاسون و شاخص رفتار جریان افزایش پیدا می‌کند و توزیع اندازه ذرات کاهش می‌یابد اما ویسکوزیته کاسون، ضریب قوام، ویسکوزیته ظاهری و سختی با تغییر سطح امولسیفایر متغیر است. در نهایت نمونه حاوی ۱٪ سیترم که به مدت ۹۰ دقیقه آسیاب شده بود، از نظر پذیرش کلی در ارزیابی حسی بالاترین امتیاز را کسب کرد و به عنوان نمونه بهینه انتخاب شد.

**کلید واژه‌ها:** شکلات تیره کم کالری، امولسیفایر، زمان آسیاب کردن، ویژگی‌های رئولوژیکی



## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل اول: مقدمه

۲	۱-۱ شکلات
۳	۲-۱ شکلات تلخ
۳	۳-۱ خواص کاکائو و شکلات
۴	۴-۱ ترکیبات اصلی مورد استفاده در تولید شکلات و فراورده‌های شکلاتی
۴	۴-۱-۱ کره کاکائو
۴	۴-۱-۲ معادل‌های کره کاکائو
۵	۴-۱-۲-۱ CBS
۵	۴-۱-۳ شکر
۶	۴-۱-۴ پودر کاکائو
۷	۴-۱-۵ امولسیفایر
۸	۴-۱-۵-۱ لستین
۹	۴-۱-۵-۲ پلی گلیسرول پلی رسینولات
۹	۴-۱-۵-۳ آمونیوم فسفاتید
۱۰	۴-۱-۵-۴ سیترم
۱۰	۵-۱ تولید شکلات
۱۰	۵-۱-۱ مخلوط کردن مواد اولیه
۱۰	۵-۱-۲ آسیاب کردن و کاهش اندازه ذره
۱۱	۵-۱-۳ کنچ کردن
۱۲	۵-۱-۴ تمپرینگ
۱۲	۵-۱-۵ قالب گیری و سرد کردن
۱۳	۶-۱ تولید شکلات با استفاده از آسیاب ساچمه‌ای

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۴	۷-۱ عوامل مؤثر بر کیفیت شکلات .....
۱۴	۱-۷-۱ رطوبت .....
۱۴	۲-۷-۱ اندازه ذرات .....
۱۴	۱-۲-۷-۱ کاهش اندازه ذرات و خصوصیات سیالیت شکلات .....
۱۵	۲-۲-۷-۱ اندازه ذرات و خصوصیات حسی آنها .....
۱۶	۳-۲-۷-۱ توزیع اندازه ذرات .....
۱۷	۳-۷-۱ سختی .....
۱۸	۴-۷-۱ ویژگی‌های رئولوژیکی .....
۲۰	۸-۱ ویژگی‌های حسی .....
۲۱	۹-۱ گزارش وضعیت صنعت شیرینی و شکلات کشور .....

### فصل دوم: بررسی منابع

۲۴	۱-۲ اثر امولسیفایرهای مورد استفاده بر ویژگی‌های شیمیایی، رئولوژیکی و بافتی شکلات .....
۲۴	۱-۱-۲ لستین .....
۲۶	۲-۱-۲ پلی گلیسرول پلی رسینولات .....
۲۷	۳-۱-۲ آمونیوم فسفاتید .....
۲۷	۴-۱-۲ سیترم .....
۲۷	۵-۱-۲ مقایسه اثر امولسیفایرها در شکلات .....
۲۸	۲-۲ عوامل مؤثر بر کیفیت شکلات .....
۲۸	۱-۲-۲ رطوبت .....
۲۸	۲-۲-۲ توزیع اندازه ذرات .....
۲۹	۳-۲-۲ سختی .....

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳۰	۴-۲-۲ ویژگی های رئولوژیکی.....
۳۰	۱-۴-۲-۲ ویسکوزیته پلاستیک کاسون.....
۳۰	۲-۴-۲-۲ عدد تسلیم کاسون.....
۳۱	۳-۴-۲-۲ ویسکوزیته ظاهری.....
۳۱	۴-۴-۲-۲ تنش تسلیم.....
۳۲	۳-۲ آزمون های حسی.....
<b>فصل سوم: مواد و روش ها</b>	
۳۶	۱-۳ تولید نمونه.....
۳۶	۱-۱-۳ مواد اولیه.....
۳۶	۲-۱-۳ انتخاب روش تولید.....
۳۶	۳-۱-۳ آماده سازی نمونه های شکلات.....
۳۸	۲-۳ طرح آزمایشی، تیمارهای مورد بررسی و تجزیه و تحلیل داده ها.....
۳۹	۳-۳ آزمایش ها.....
۳۹	۱-۳-۳ ویژگی های شیمیایی.....
۳۹	۲-۳-۳ توزیع اندازه ذرات.....
۳۹	۳-۳-۳ سختی.....
۴۰	۴-۳-۳ پارامترهای رئولوژیکی.....
۴۱	۱-۴-۳-۳ ارزیابی مدل های برازش یافته.....
۴۱	۱-۱-۴-۳-۳ ضریب تبیین.....
۴۱	۲-۱-۴-۳-۳ ریشه میانگین مربعات خطا.....
۴۲	۵-۳-۳ ارزیابی های حسی.....

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۴۲	۳-۳-۵-۱ انتخاب ارزیابان حسی.....
۴۲	۳-۳-۵-۲ آزمون هدونیک.....
۴۲	۳-۳-۵-۳ آزمون توصیفی.....
<b>فصل چهارم: نتایج و بحث</b>	
۴۶	۴-۱ ویژگی‌ها شیمیایی.....
۴۶	۴-۲ توزیع اندازه ذرات.....
۴۷	۴-۳ سختی.....
۵۱	۴-۴ پارامترهای رئولوژیکی.....
۵۱	۴-۴-۱ ارزیابی مدل‌های برازش یافته.....
۵۴	۴-۴-۲ ویسکوزیته کاسون.....
۵۵	۴-۴-۳ تنش تسلیم کاسون.....
۵۶	۴-۴-۴ ویسکوزیته ظاهری.....
۵۷	۴-۴-۵ ضریب قوام.....
۵۷	۴-۴-۶ شاخص رفتار جریان.....
۵۷	۴-۵ ویژگی‌های حسی.....
۵۷	۴-۵-۱ آزمون توصیفی.....
۶۴	۴-۵-۲ آزمون هدونیک.....
۶۴	۴-۵-۳ آنالیز پارامترهای حسی و دستگاهی به روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی.....
۷۱	۴-۶ انتخاب نمونه بهینه.....
۷۲	نتیجه‌گیری کلی.....
۷۳	پیشنهادات اجرایی و پژوهشی.....
۷۶	فهرست منابع.....



## فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۳۸	جدول ۱-۳. فرمولاسیون نمونه‌های شکلات
۴۳	جدول ۲-۳. تعاریف مورد استفاده در آزمون حسی - توصیفی
۴۶	جدول ۱-۴. میزان رطوبت، خاکستر و pH
۴۷	جدول ۲-۴. توزیع اندازه ذرات
۵۲	جدول ۳-۴. مقادیر سه پارامتر آماری $R^2$ ، RMSE و SE
۵۵	جدول ۴-۴. مقادیر ویسکوزیته و تنش تسلیم کاسون و ویسکوزیته ظاهری
۵۷	جدول ۵-۴. مقادیر شاخص رفتار جریان، ضریب قوام و ویسکوزیته ظاهری
۶۱	جدول ۶-۴. نتایج آزمون‌های حسی - توصیفی
۶۳	جدول ۷-۴. همبستگی بین پارامترها
۶۴	جدول ۸-۴. نتایج پذیرش کلی
۶۶	جدول ۹-۴. نتایج روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی
۶۸	جدول ۱۰-۴. ضرایب سه مؤلفه اصلی اول (بعد از چرخش)
۷۰	جدول ۱۱-۴. ضرایب سه مؤلفه اصلی اول (بعد از چرخش)

## فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

- 
- شکل ۴-۱. نمودار تأثیر زمان آسیاب کردن بر میزان سختی ..... ۴۹
- شکل ۴-۲. نمودار تأثیر سطح امولسیفایر بر میزان سختی ..... ۴۹
- شکل ۴-۳. نمودار تأثیر زمان آسیاب کردن و سطح امولسیفایر بر میزان سختی ..... ۵۰
- شکل ۴-۴. نمودار مقایسه نمونه‌های تولید شده با فرمولاسیون پایه و نمونه شاهد ..... ۵۰
- شکل ۴-۵. سهم مقادیر ویژه در مؤلفه‌های اصلی ..... ۶۷
- شکل ۴-۶. سهم ویژگی‌های حسی اندازه‌گیری شده در مؤلفه‌های اصلی اول و دوم و سوم ..... ۶۸
- شکل ۴-۷. سهم مقادیر ویژه در مؤلفه‌ها اصلی ..... ۶۹
- شکل ۴-۸. سهم ویژگی‌های دستگامی اندازه‌گیری شده در مؤلفه‌های اصلی اول و دوم و سوم ..... ۷۰

# فصل اول

## مقدمه

## ۱-۱ شکلات

شکلات یک سوسپانسیون متراکم از ذرات بدون چربی و ریزپخش شده در کره کاکائو به عنوان فاز پیوسته می‌باشد. کره کاکائو، پودر کاکائو و شکر اجزاء پایه ساخت شکلات هستند. انواع اصلی شکلات عبارتند از، شکلات ساده (کاکائو، شکر و کره کاکائو)، شکلات شیری (کاکائو، شکر، کره کاکائو و پودر شیر)، شکلات سفید (کره کاکائو، شکر و پودر شیر) و شکلات تلخ (کاکائو، کره کاکائو و شکر). به لحاظ ساختاری، شکلات از فاز چربی (کره کاکائو و امولسیفایر) که مواد جامد (کریستال‌های شکر، پودر شیر و پودر کاکائو) در آن پراکنده‌اند تشکیل شده است (بکت، ۲۰۰۹).

طبق تعریف استاندارد کدکس هیچ محصولی را نمی‌توان شکلات نامید، مگر اینکه کره کاکائو چربی عمده موجود در آن باشد. این قانون در اروپا به طور یکسانی اعمال می‌شود، ولی سایر کشورها قوانین خاص خود را دارند. مطابق استاندارد کدکس شکلات عبارت است از محصولی که حداقل ۱۸ درصد کره کاکائو داشته باشد و مقدار چربی گیاهی آن بیشتر از ۵ درصد نبوده و حداقل ۳۵ درصد از مواد جامد آن از انواع مواد جامد کاکائو باشد که از این مقدار نیز حداقل مواد جامد بدون چربی کاکائو باید ۱۴ درصد باشد (استاندارد کدکس، شماره ۸۷). در ایران به دلیل قیمت بالای کره کاکائو از چربی‌های جایگزین آن در تولید شکلات استفاده می‌شود، به شکلات‌هایی که کره کاکائوی موجود در آن کاملاً با چربی جایگزین کره کاکائو (CBS) جایگزین شده باشد را فراورده شکلاتی<sup>۱</sup> می‌نامند.

بازار شکلات یکی از بازارهای روبه رشد است که سرمایه‌گذاری در این صنعت به دلیل مصرف روبه رشد و طیف گسترده مصرف‌کنندگان، از پر سودترین سرمایه‌گذاری‌ها است. بنابراین بهینه‌سازی فرمولاسیون آن در جهت افزایش سلامت جامعه امر مهمی خواهد بود و در این راستا با کاهش مقدار چربی میتوان بسیاری از بیماری‌های قلبی عروقی را کاهش داد. بیماری‌های قلبی و عروقی در جهان و کشور ما رو به افزایش است. به گونه ای که نزدیک به ۴۰ درصد مرگ و میرها را مربوط به این بیماری‌ها می‌دانند. ارتباط میزان چربی برنامه غذایی و بیماری‌های قلبی و عروقی، دیابت، سرطان و چاقی منجر به افزایش تقاضا برای مواد غذایی کم چربی گردیده است. به طوری که تنها در ایالات متحده نزدیک به ۱۵۰ میلیون نفر از این محصولات استفاده می‌نمایند. خان در سال ۱۹۹۳ پیش‌بینی نمود بازار مواد غذایی کم چربی در ۱۹۹۴ به ۱۰ تا ۱۵ بلیون دلار برسد که سرعت رشد ۱۰ تا ۱۵ درصد در هر سال را نشان می‌دهد.

\* به جهت سهولت استفاده و شرایط استاندارد تشویقی در ایران، در اینجا همان شکلات به کار خواهد رفت. 1/Compound chocolate