

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

1.9.11.11

۸۷/۱/۱۵ ۹۲۲۷  
۱۷-۱۲۲



دانشگاه تهریزت شیراز

دانشکده‌ی کشاورزی  
گروه علوم و صنایع غذایی

پایان‌نامه‌ی دوره‌ی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی

# بررسی کارآیی و سازوکار برخی ترکیبات هیدروکلوئیدی در پایدارسازی دوغ

نگارش:

فاطمه آذری کیا

استاد راهنما:

دکتر سلیمان عباسی

استاد مشاور:

دکتر محمدحسین عزیزی

۱۳۸۷ / ۱۱ / ۱۳

۱۳۸۷ / ۱۱ / ۱۳

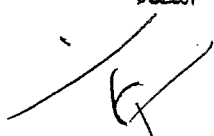




آبان ۱۳۸۷

استاد اطلاعات مرکز علمی  
تسهیل‌برآورد

۱۰۹۸۰۷

## تایید اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

اعضای هیات داوران نسخه‌ی نهایی پایان نامه خانم فاطمه آذری کیا تحت عنوان: بررسی کارآیی و سازوکار برخی ترکیبات هیدروکلوئیدی در پایدارسازی دوغ را از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه‌ی کارشناسی ارشد پیشنهاد می‌کنند.

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه‌ی علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر سلیمان عباسی	استادیار	
۲- استاد مشاور	دکتر محمدحسین عزیزی	دانشیار	
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر محمدعلی سحری	استاد	
۴- اساتید ناظر: ۱-	دکتر محمدعلی سحری	استاد	
۲-	دکتر اصغر خسروشاهی	استاد	



## بسمه تعالی

### آیین‌نامه چاپ پایان‌نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به این که چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیت‌های علمی-پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

**ماده ۱:** در صورت اقدام به چاپ پایان‌نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

**ماده ۲:** در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

« کتاب حاضر، حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته‌ی مهندسی کشاورزی-علوم و صنایع غذایی است که در سال ۱۳۸۷ در دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر سلیمان عباسی و مشاوره جناب آقای دکتر محمدحسین عزیزی از آن دفاع شده است.»

**ماده ۳:** به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

**ماده ۴:** در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس تأدیه کند.

**ماده ۵:** دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند، به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتاب‌های عرضه شده نگارنده برای فروش تأمین نماید.

**ماده ۶:** اینجانب فاطمه آذری کیا دانشجوی رشته مهندسی کشاورزی-علوم و صنایع غذایی مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی: فاطمه آذری کیا

تاریخ و امضاء: ۸۷/۸/۱۴

## آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی

### دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسان‌ها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهش‌گران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان‌نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آن‌ها متعلق به دانشگاه می‌باشد ولی حقوق معنوی پدیدآورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجوی مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان‌نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می‌باشد. تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب و یا نرم افزار و یا آثار ویژه حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده‌ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده‌ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین‌نامه‌های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته‌ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.



تقدیم به پدر و مادر عزیزم؛

به پاس حمایت‌ها و مهربانی‌های بی‌کرانشان؛

به پاس هر آن‌چه به من آموختند؛

و

به پاس دوستی بی‌نظیرشان در تمام مسیر زندگی‌ام و آرامشی که از آن

نشأت گرفت؛

و

آرش، برادر نازنینم.

## سپاسگزاری

سپاس هستی بخش یکتا را که توان انجام این پژوهش را بر من ارزانی داشت و حال که با لطف او تدوین این مجموعه به پایان رسیده است جای دارد تا از همه بزرگوارانی که در طی مراحل مختلف این تحقیق یاریم نمودند، قدردانی نمایم.

از خانواده‌ی عزیزم که حمایت‌های بی‌دریغشان همواره بر زندگی‌ام سایه افکنده است.

از استاد بزرگوار و گرانقدرم جناب آقای دکتر عباسی که بیش‌ترین نقش را در پیش‌برد این تحقیق بر عهده داشتند و از راهنمایی‌های ارزنده و خستگی‌ناپذیر و حمایت‌های فراوان ایشان در تمامی مراحل انجام و تدوین این پایان‌نامه نهایت سپاس را داشته و شادکامی و توفیق روزافزون ایشان و خانواده‌ی محترمشان را از صمیم قلب آرزومندم.

از استاد گرامی جناب آقای دکتر عزیزی که مسئولیت مشاوره این پایان‌نامه را بر عهده داشتند. از اساتید محترم جنابان آقایان دکتر سحری و دکتر خسروشاهی که قبول زحمت فرموده و مسئولیت نظارت بر این پایان‌نامه را بر عهده گرفتند.

از اساتید گرانقدر جناب آقای دکتر برزگر و سرکار خانم دکتر حمیدی به خاطر آموزش‌های ارزشمندی که در این دوره‌ی تحصیلی داشته‌اند.

از مدیریت محترم شرکت شیر پاستوریزه پگاه تهران، جناب آقای دکتر واصفی و مدیر بخش تحقیق و توسعه کارخانه‌ی مذکور، سرکار خانم مهندس خدایی و کلیه‌ی همکاران محترمشان به سبب فراهم نمودن بخشی از امکانات جهت انجام این پایان‌نامه و همکاری‌هایی که انجام دادند. و از کلیه‌ی دوستان و عزیزانی که در پیش‌برد این پایان‌نامه نقشی داشتند.

فاطمه آذری‌کیا

آبان ۱۳۸۷

## چکیده

دوغ نوعی نوشیدنی تخمیری است که از اختلاط ماست با آب و مقداری نمک تهیه می‌شود. دوفاز شدن این فرآورده در طول زمان نگهداری مشکل عمده‌ای است که از پایین بودن پهاش و تجمع کازئین‌ها ناشی می‌گردد. لذا، در این بررسی تاثیر پلی‌ساکاریدهای مختلفی مانند پکتین، کتیرا و صمغ لوبیای خرنوب به صورت تکی (غلظت‌های ۰/۱ تا ۰/۳ درصد)، ترکیبی (غلظت‌های ۰/۱۵ و ۰/۲ درصد و نسبت‌های ۲۰:۸۰، ۵۰:۵۰ و ۸۰:۲۰)، بخش محلول کتیرا (تراگاکانتین) در غلظت‌های ۰/۰۵ تا ۰/۱۲۵ درصد و انواع پلی‌ساکاریدهای محلول سویا در غلظت‌های ۰/۱ تا ۲ درصد بر پایداری دوغ به مدت ۳۰ روز مورد بررسی قرار گرفت. همچنین، از اینولین (غلظت‌های ۰/۵، ۱، ۲ و ۳ درصد) در فرمولاسیون ماست استفاده شد و چگونگی تاثیر آن بر پایداری دوغ بررسی گردید. به علاوه، تاثیر کتیرا (در غلظت‌های ۰/۱، ۰/۱۵ و ۰/۲ درصد) و صمغ لوبیای خرنوب (در غلظت‌های ۰/۲، ۰/۲۵ و ۰/۳ درصد) در پایداری دوغ پربایوتیک (دوغ حاوی اینولین) به مدت ۳۰ روز ارزیابی شد. در ضمن، به منظور بررسی سازوکارهای موثر بر پایداری ویژگی‌های رئولوژیکی (نوع رفتار جریان و آزمون‌های نوسانی)، مقادیر پتانسیل زتا و مشاهدات ریزساختاری نمونه‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. نهایتاً نمونه‌های پایدار شده قبل و پس از افزودن اسانس‌های طبیعی از لحاظ ویژگی‌های چشایی مورد ارزیابی حسی قرار گرفتند. طبق نتایج مشخص گردید که تراگاکانتین، کتیرا و صمغ لوبیای خرنوب به ترتیب در غلظت‌های ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد به مدت ۳۰ روز و پلی‌ساکاریدهای نوع M متوکسیل‌زدایی شده در غلظت ۰/۶ درصد به مدت ۶ روز از دوفاز شدن دوغ جلوگیری نمودند. به علاوه، یافته‌ها نشان دادند که پکتین (به صورت تکی و ترکیبی) در دوغ‌های با پهاش کمتر از ۴ اثر مثبتی بر پایداری نداشت. همچنین، استفاده از کتیرا و صمغ لوبیای خرنوب به صورت ترکیبی در غلظت ۰/۲ درصد و نسبت‌های ۸۰:۲۰ و ۵۰:۵۰ سبب پایداری گردید. از طرف دیگر، وجود اینولین در ترکیب ماست تاثیر مثبتی بر پایداری دوغ حاصل نداشت. در حالی که، کتیرا و صمغ لوبیای خرنوب به ترتیب در غلظت‌های ۰/۱۵ و ۰/۳ درصد مانع دوفاز شدن دوغ پربایوتیک شدند. مطابق یافته‌های این پژوهش، مناسب‌ترین مدل برای نمونه‌ی شاهد و نمونه‌ی دارای ۰/۶ درصد پلی‌ساکارید محلول سویا مدل نیوتنی و برای سایر نمونه‌ها مدل قانون توان شناخته شد. براساس بررسی ویژگی‌های ویسکوالاستیک دوغ‌ها، رفتار غالب در نمونه‌های دارای تراگاکانتین و کتیرا به ترتیب گرانو و الاستیک بود. صمغ لوبیای خرنوب (۰/۳ درصد) از لحاظ حسی مطلوبیت بیشتری نسبت به نمونه‌های شاهد و تجاری داشت ( $p < 0.01$ ) و مطلوبیت نهایی نمونه‌های دارای کتیرا و تراگاکانتین تفاوت معناداری با نمونه‌های شاهد و تجاری نداشت ( $p < 0.05$ ). با توجه به یافته‌های این تحقیق، به نظر می‌رسد نقش اساسی در ایجاد پایداری در دوغ توسط کتیرا بر عهده‌ی تراگاکانتین (بخش محلول) بود و احتمالاً این ترکیب توانست با جذب شدن در سطح کازئین‌ها، (به واسطه‌ی سازوکارهای ممانعت فضائی و الکترواستاتیک) موجب پایداری گردد. همچنین، یافته‌ها نقش کمی باسورین در ایجاد پایداری با افزایش گرانروی را به اثبات رساند.

واژه‌های کلیدی: دوغ؛ سازوکار پایداری؛ هیدروکلوئید؛ کتیرا؛ رئولوژی.



## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل اول: کلیات

۱	۱-۱) تاریخچه‌ی تولید دوغ در ایران.....	
۲	۱-۲) انواع دوغ و فواید آن.....	
۶	۱-۳) تاریخچه‌ی تولید و مصرف نوشیدنی‌های اسیدی شیر در جهان.....	
۷	۱-۴) علل بروز دوفاز شدن در نوشیدنی‌های اسیدی شیر.....	
۸	۱-۵) پروتئین‌های شیر.....	
۱۲	۱-۶) برهم‌کنش‌های کلوئیدی.....	
۱۳	۱-۶-۱) دافعه‌ی الکترواستاتیک.....	
۱۳	۱-۶-۲) دافعه‌ی فضایی.....	
۱۵	۱-۶-۳) ته‌سازی تجمعی.....	
۱۶	۱-۷) هیدروکلوئیدها.....	
۱۷	۱-۷-۱) برهم‌کنش هیدروکلوئیدهای جاذب با پروتئین‌ها.....	
۱۹	۱-۷-۲) برهم‌کنش هیدروکلوئیدهای غیرجاذب با پروتئین‌ها.....	
۱۹	۱-۷-۳) برهم‌کنش هیدروکلوئیدهای (جاذب و غیرجاذب) دارای قابلیت تشکیل ژل با پروتئین‌ها.....	
۲۰	۱-۷-۴) تاثیر پ‌هاس روی برهم‌کنش هیدروکلوئیدهای جاذب با پروتئین‌ها.....	
۲۲	۱-۸) صمغ کنیرا.....	
۲۴	۱-۹) پکتین.....	
۲۷	۱-۱۰) صمغ لوبیای خرنوب.....	
۲۸	۱-۱۱) پلی‌ساکاریدهای محلول سویا.....	
۲۹	۱-۱۲) اینولین.....	
۳۲	۱-۱۳) همگن‌سازی.....	
۳۴	۱-۱۴) رئولوژی.....	
۳۶	۱-۱۵) پتانسیل زتا.....	

### فصل دوم: مروری بر پژوهش‌های انجام شده

۲۸	۲-۱) پژوهش‌های انجام شده در جهان.....	
۴۷	۲-۲) پژوهش‌های انجام شده در ایران.....	

## فصل سوم: مواد و روش‌ها

- ۵۲ ..... ۱-۳) محل انجام آزمایش‌ها.
- ۵۲ ..... ۲-۳) مواد.
- ۵۳ ..... ۳-۳) روش‌ها.
- ۵۳ ..... ۱-۳-۳) آزمایش‌های شیمیایی.
- ۵۴ ..... ۲-۳-۳) جداسازی جزء محلول و نامحلول کتیرا.
- ۵۴ ..... ۳-۳-۳) روش تهیه‌ی دوغ حاوی صمغ‌ها به صورت تکی.
- ۵۵ ..... ۴-۳-۳) روش تهیه‌ی دوغ حاوی ترکیب دوتایی صمغ‌ها.
- ۵۷ ..... ۵-۳-۳) آزمایش‌های اولیه جهت بررسی تاثیر انواع پلی‌ساکاریدهای محلول سویا بر پایداری.
- ۵۷ ..... ۱-۳-۳-۵) استخراج پلی‌ساکاریدهای نوع L، M و H با و بدون اعمال متوکسیل‌زدایی.
- ۵۸ ..... ۲-۳-۳-۵) بررسی تاثیر انواع پلی‌ساکاریدهای محلول سویا بر پایداری دوغ.
- ۵۹ ..... ۳-۳-۳-۵) بررسی تاثیر پهاش بر عملکرد پلی‌ساکاریدهای محلول سویا در پایداری.
- ۵۹ ..... ۴-۳-۳-۵) روش تهیه‌ی دوغ حاوی پلی‌ساکارید محلول سویا نوع M.
- ۶۰ ..... ۶-۳-۳) پایداری دوغ پری‌بیوتیک (Prebiotic).
- ۶۰ ..... ۱-۳-۳-۶) تهیه‌ی ماست پری‌بیوتیک.
- ۶۱ ..... ۲-۳-۳-۶) تهیه‌ی دوغ از ماست پری‌بیوتیک.
- ۶۲ ..... ۳-۳-۳-۶) پایداری دوغ تهیه شده از ماست پری‌بیوتیک با استفاده از هیدروکلونیدها.
- ۶۲ ..... ۷-۳-۳) اندازه‌گیری میزان دوفاز شدن دوغ.
- ۶۳ ..... ۸-۳-۳) اندازه‌گیری میزان آب‌اندازی ماست.
- ۶۳ ..... ۹-۳-۳) اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های رئولوژیکی.
- ۶۵ ..... ۱۰-۳-۳) اندازه‌گیری پتانسیل زتا.
- ۶۶ ..... ۱۱-۳-۳) بررسی‌های میکروسکوپی.
- ۶۷ ..... ۱۲-۳-۳) ارزیابی حسی.
- ۶۸ ..... ۴-۳) تجزیه و تحلیل آماری.

## فصل چهارم: یافته‌ها و بحث

- ۷۰ ..... ۱-۴) تاثیر پکتین، صمغ لوبیای خرنوب و کتیرا بر پایداری دوغ به صورت تکی.
- ۷۵ ..... ۲-۴) تاثیر کتیرا و صمغ لوبیای خرنوب به صورت ترکیبی بر پایداری دوغ.
- ۷۷ ..... ۳-۴) تاثیر پلی‌ساکاریدهای محلول سویا بر پایداری دوغ.
- ۸۲ ..... ۴-۴) تاثیر اینولین و برخی ترکیبات هیدروکلونیدی بر پایداری دوغ پری‌بیوتیک.
- ۸۹ ..... ۵-۴) تاثیر افزودن هیدروکلونیدها روی برخی ویژگی‌های رئولوژیکی دوغ.
- ۸۹ ..... ۱-۴-۵) تعیین مدل ریاضی.

۹۱	۴-۵-۲) بررسی رفتار جریان‌ی دوغ‌ها.....
۱۰۱	۴-۵-۳) بررسی نتایج آزمون نوسانی.....
۱۰۸	۴-۶) تاثیر انواع هیدروکلئیدها روی میزان پتانسیل زتای دوغ.....
۱۱۲	۴-۷) تاثیر انواع هیدروکلئیدها روی ریزساختار دوغ.....
۱۱۶	۴-۸) تاثیر انواع هیدروکلئیدها روی برخی ویژگی‌های حسی دوغ.....
۱۲۲	۴-۹) نتیجه‌گیری.....
۱۲۵	پیشنهادها.....
۱۲۶	منابع.....

## فهرست جدول‌ها

صفحه

عنوان

جدول ۱-۱: برخی ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی ۲ نوع صمغ کتیرای ایرانی.....	۲۴
جدول ۱-۴: نمایش میزان دوفاز شدن دوغ‌ها پس از ۳۰ روز نگهداری با استفاده از هیدروکلوئیدها به صورت ترکیبی....	۷۶
جدول ۲-۴: تاثیر غلظت‌های مختلف اینولین روی مقدار آب‌اندازی ماست.....	۸۳
جدول ۳-۴: نمونه‌های پایدار شده و شماره‌های مربوط به هر یک .....	۸۸
جدول ۴-۴: مقایسه‌ی تاثیر هیدروکلوئیدها روی میزان برآزش داده‌های رئولوژیکی نمونه‌های دوغ با مدل‌های ریاضی ..	۹۰
جدول ۴-۵: نمایش تاثیر نوع و غلظت صمغ‌ها روی پایدارسازی، گرانروی / گرانروی ظاهری و متغیرهای مدل قانون توان نمونه‌های دوغ.....	۹۵
جدول ۴-۶: میانگین امتیازهای برخی ویژگی‌های حسی نمونه‌های دوغ پایدار شده قبل و بعد از افزودن اسانس‌های طبیعی .....	۱۲۱

## فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

- شکل ۱-۱: نمایش مراحل تولید فرآورده‌های تخمیری شیر ..... ۳
- شکل ۱-۲: نمایش مراحل مختلف تولید دوغ به صورت صنعتی ..... ۴
- شکل ۱-۳: نمایش چگونگی جانشینی K-کازئین توسط پکتین در پ‌هش پایین ..... ۱۴
- شکل ۱-۴: نمایش سازوکار پایدارسازی توسط پلی‌ساکاریدهای محلول سویا به واسطه‌ی دافعه‌ی فضایی ..... ۱۴
- شکل ۱-۵: نمایش سازوکار تهی‌سازی تجمعی ..... ۱۶
- شکل ۱-۶: نمایش رفتار هیدروکلئیدهای جاذب (بدون توانایی تشکیل ژل) در تعلیق‌های کلئیدی ..... ۲۱
- شکل ۱-۷: نمایش رفتار هیدروکلئیدهای غیرجاذب (بدون توانایی تشکیل ژل) در تعلیق‌های کلئیدی ..... ۲۱
- شکل ۱-۸: نمایش رفتار هیدروکلئیدهای دارای توانایی تشکیل ژل در تعلیق‌های کلئیدی ..... ۲۱
- شکل ۱-۹: نمایش بخشی از ساختار تراگانکتیک اسید ..... ۲۴
- شکل ۱-۱۰: نمایش ساختار شیمیایی D-گالاکتورونیک اسید به عنوان واحد سازنده‌ی پکتین ..... ۲۶
- شکل ۱-۱۱: ساختار شیمیایی صمغ لوبیای خرنوب ..... ۲۸
- شکل ۱-۱۲: مشابه‌سازی آرایش مولکولی صمغ لوبیای خرنوب در عدم حضور و حضور حلال ..... ۲۸
- شکل ۱-۱۳: نمایش ساختار شیمیایی پلی‌ساکاریدهای محلول سویا ..... ۳۰
- شکل ۱-۱۴: ساختار شیمیایی اینولین ..... ۳۲
- شکل ۱-۱۵: نمودارهای تنش برشی در مقابل سرعت برشی برای سیال‌های مستقل از زمان ..... ۳۵
- شکل ۱-۱۶: نمایش دولایه‌ی الکتریکی اطراف ذره‌ای دارای بار سطحی منفی ..... ۳۷
- شکل ۳-۱: شکل ظاهری کتیرای نواری قبل از آسیاب شدن ..... ۵۳
- شکل ۳-۲: نمای ظاهری دستگاه همگن‌ساز APV ..... ۵۶
- شکل ۳-۳: نمای ظاهری دستگاه پاستوریزه‌کننده‌ی ناپیوسته Funke Gerber ..... ۵۶
- شکل ۳-۴: نمای ظاهری الف) رئومتر MCR 300 و ب) ژئومتری استوانه‌های هم‌مرکز مدل CC27 ..... ۶۵
- شکل ۳-۵: نمای ظاهری الف) دستگاه زتاسایزر سری نانو و ب) لوله‌های موئین دستگاه ..... ۶۶
- شکل ۳-۶: پرسش‌نامه‌ی ارزیابی حسی نمونه‌های دوغ ..... ۶۹
- شکل ۴-۱: نمایش میزان دوفاز شدن دوغ‌ها در حضور غلظت‌های مختلف پکتین، صمغ لوبیای خرنوب و کتیرا پس از ۳۰ روز نگهداری ..... ۷۳
- شکل ۴-۲: نمایش میزان دوفاز شدن دوغ‌ها پس از ۳۰ روز نگهداری در حضور غلظت‌های مختلفی از تراگانکتین ..... ۷۴
- شکل ۴-۳: نمایش تاثیر غلظت‌های مختلف پلی‌ساکاریدهای محلول سویا بر میزان دوفاز شدن دوغ‌های دارای پ‌هش ..... ۷۴
- ۴/۱±۰/۰۹ پس از ۶ روز نگهداری در دمای ۵ درجه‌ی سانتی‌گراد ..... ۷۹

- شکل ۴-۴: تاثیر پهاش دوغ بر میزان دوفاز شدن آن در حضور پلی ساکارید محلول سویا نوع M در غلظت‌های ۰/۳ و ۰/۶ درصد، طی ۶ روز نگهداری در دمای ۵ درجه‌ی سانتی‌گراد..... ۸۱
- شکل ۴-۵: نمایش تاثیر غلظت‌های مختلف پلی ساکارید نوع M متوکسیل‌زدایی شده بر میزان دوفاز شدن دوغ‌ها (پهاش =  $0.04 \pm 0.037$ ) پس از ۶ روز نگهداری در دمای ۵ درجه‌ی سانتی‌گراد..... ۸۲
- شکل ۴-۶: نمایش میزان دوفاز شدن دوغ‌های تهیه شده از ماست‌های محتوی غلظت‌های مختلف اینولین طی ۳۰ روز نگهداری در دمای ۵ درجه‌ی سانتی‌گراد..... ۸۵
- شکل ۴-۷: نمایش میزان دوفاز شدن نمونه‌های دوغ در حضور غلظت‌های مختلف اینولین و غلظت‌های مختلف هیدروکلوئیدها طی ۳۰ روز نگهداری در نمونه‌های دوغ در دمای ۵ درجه‌ی سانتی‌گراد..... ۸۷
- شکل ۴-۸: تاثیر هیدروکلوئیدهای مختلف روی نمودار تنش برشی- سرعت برشی نمونه‌های دوغ در دمای ۱۰ درجه‌ی سانتی‌گراد..... ۹۶
- شکل ۴-۹: تاثیر هیدروکلوئیدهای مختلف روی نمودار گرانی- سرعت برشی نمونه‌های دوغ در دمای ۱۰ درجه‌ی سانتی‌گراد..... ۹۷
- شکل ۴-۱۰: تاثیر هیدروکلوئیدهای مختلف روی نمودارهای ضرایب ذخیره و افت ( $G'$  و  $G''$ ) به صورت تابعی از بسامد زاویه‌ای برای نمونه‌های دوغ اندازه‌گیری شده در دمای ۱۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و میزان کرنش ۰/۱ درصد..... ۱۰۵
- شکل ۴-۱۱: تاثیر هیدروکلوئیدهای مختلف روی نمودارهای ضرایب ذخیره و افت ( $G'$  و  $G''$ ) به صورت تابعی از زمان برای نمونه‌های دوغ اندازه‌گیری شده در دمای ۱۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، میزان کرنش و بسامد به ترتیب ۰/۱ درصد و ۱ هرتز..... ۱۰۷
- شکل ۴-۱۲: تاثیر هیدروکلوئیدهای مختلف روی مقادیر پتانسیل زتا نمونه‌های دوغ..... ۱۰۹
- شکل ۴-۱۳: شبیه‌سازی سازوکار پایدارسازی دوغ توسط الف) تراگاکانتین و ب) کتیرا..... ۱۱۳
- شکل ۴-۱۴: تصاویر ریزساختاری نمونه‌های دوغ تهیه شده با میکروسکوپ نوری..... ۱۱۵

# فصل اول

## کلیات

### ۱-۱) تاریخچه‌ی تولید دوغ در ایران

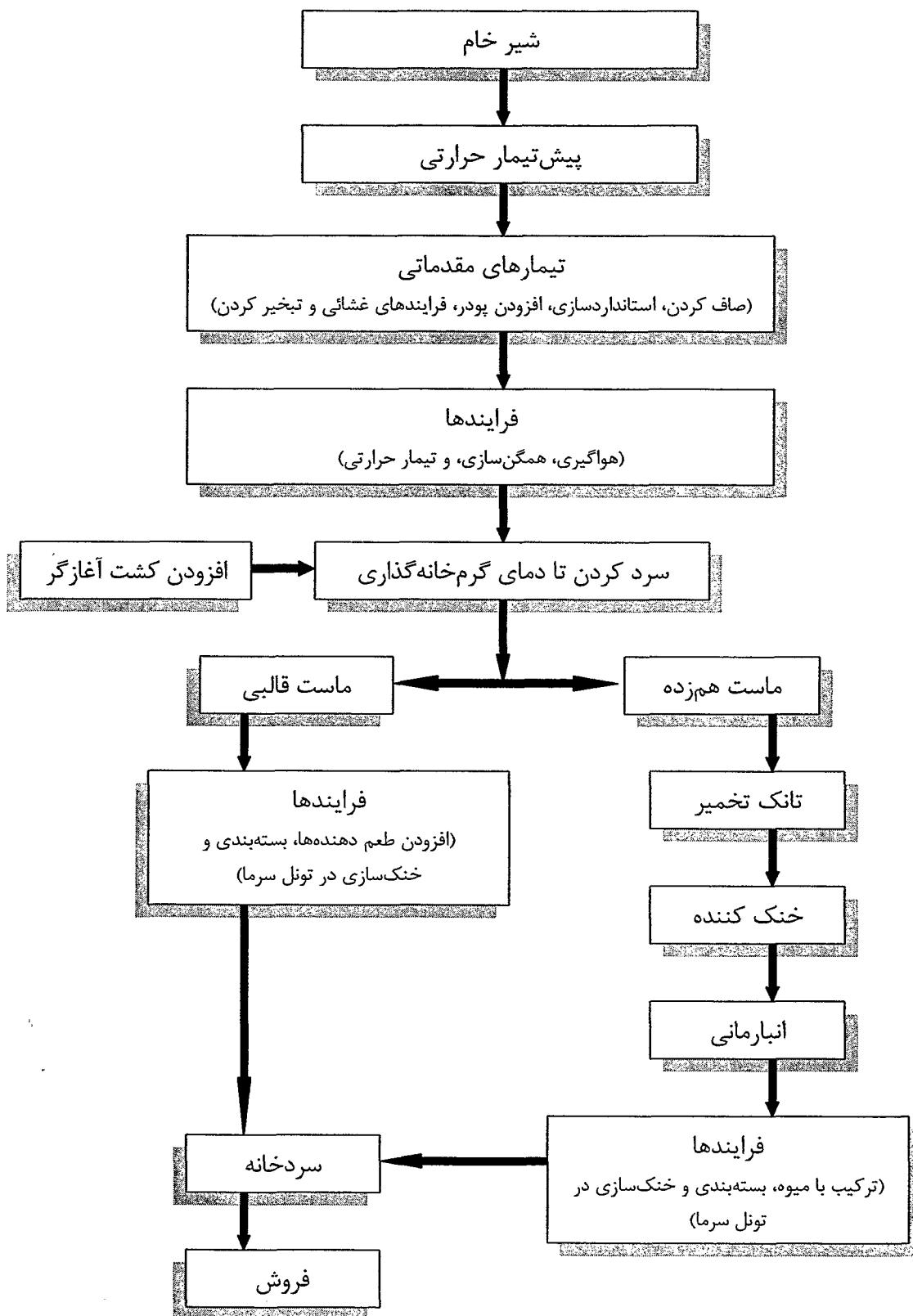
دوغ یکی از نوشیدنی‌های سنتی ایرانیان و برخی ملل دیگر در اروپای شرقی، خاورمیانه و آسیا به‌شمار می‌آید (فروغی‌نیا و همکاران، ۱۳۸۶؛ Nilsson et al., 2006). این فرآورده از رقیق کردن ماست با آب آشامیدنی و یا معدنی، آب‌پنیر تخمیر شده و یا دوغ‌کره به‌دست می‌آید. هم‌چنین، گیاهان معطر خوراکی نظیر نعناع، پونه، کاکوتی و یا اسانس طبیعی آن‌ها نیز می‌توانند در فرمولاسیون دوغ مورد استفاده قرار گیرند (بی‌نام، ۱۳۷۴). طبق آمار، تولید شیر در جهان در سال ۲۰۰۷ حدود ۶۵۵ میلیون تن برآورد شده و سالانه نزدیک ۸ میلیون تن شیر در ایران تولید می‌شود که این مقدار حدود ۱/۲ درصد از کل تولید جهانی را به خود اختصاص می‌دهد (بی‌نام، ۱۳۸۷). در این میان شرکت صنایع شیر ایران (پگاه) که به عنوان شرکت معتبری در عرصه‌ی تولید دوغ به شمار می‌آید میزان تولید سالیانه‌ی انواع دوغ در این مجموعه را حدود ۱۷۵,۰۰۰ تن اعلام نموده است (بی‌نام، ۱۳۸۷). بنابراین، به نظر می‌رسد که سهم تولید سالیانه‌ی دوغ در ایران بیش از ۵۰۰,۰۰۰ تن باشد. این در حالی است که شرکت دهلر (Dohler) یکی از عمده‌ترین شرکت‌های تولیدکننده‌ی نوشیدنی‌های ماست در اروپا میزان تولید سالیانه‌ی این قبیل محصولات را ۶,۷۰۰,۰۰۰ لیتر بیان نموده است (Anonymous, 2008a). این محصول در اکثر نقاط ایران به خصوص مناطق گرمسیری طرفداران زیادی دارد و از زمان‌های قدیم به صورت دستی تهیه

می‌شده است. اما اولین تولید صنعتی دوغ در ایران در سال ۱۳۴۳ در کارخانه‌ی شیر پاستوریزه‌ی تهران انجام شد که برای تهیه‌ی آن از ۵۰ درصد آب و ۵۰ درصد ماست استفاده گردید؛ ولی، استقبال چندانی در بازار نداشت و تقریباً اکثر دوغ‌ها به کارخانه برگردانده شدند. این موضوع مسئولین امر را بر آن داشت که با تغییر فرمول و افزودن اسانس مطلوبیت دوغ را افزایش دهند. بنابراین، در فرمول جدید از ماست و آب به نسبت یک به چهار، نمک و اسانس کاکوتی استفاده شد و از این محصول استقبال زیادی به عمل آمد (فروغی‌نیا، ۱۳۸۵). باید اشاره کرد که تنها تغییر عمده‌ای که در این محصول سنتی در سال‌های اخیر ایجاد شده است عرضه‌ی این فرآورده به صورت گازدار می‌باشد (Nilsson et al., 2006). شکل ۱-۱ مراحل تولید فرآورده‌های تخمیری شیر را نشان می‌دهد (Rabinson and Tamime, 2006). چگونگی تهیه‌ی دوغ از ماست نیز در شکل ۱-۲ نمایش داده شده است (فروغی‌نیا، ۱۳۸۵).

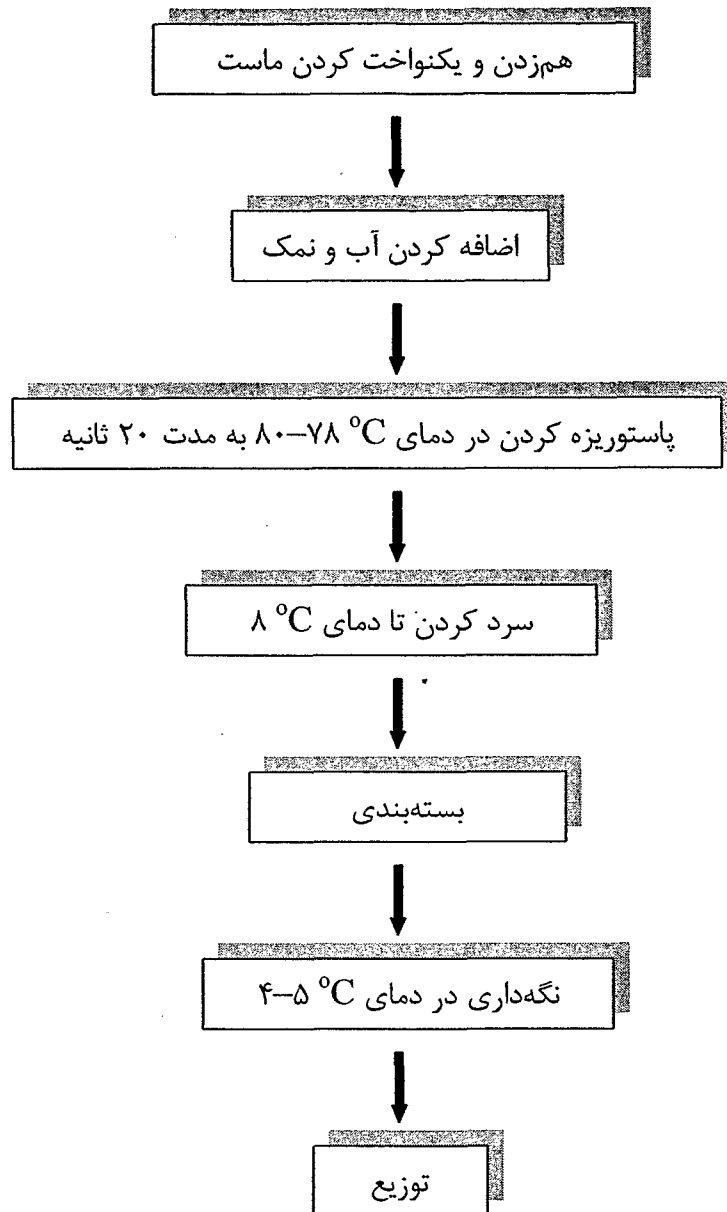
## ۱-۲) انواع دوغ و فواید آن

عموماً مطابق استاندارد ملی ایران چهار نوع دوغ شامل دوغ‌های گازدار، بدون چربی گازدار، بدون گاز و بدون چربی بدون گاز قابل تولید و عرضه می‌باشند (بی‌نام، ۱۳۷۴). همان‌گونه که ذکر شد (شکل ۱-۲) برای تهیه‌ی دوغ ایرانی از ماست، آب و نمک استفاده می‌شود. در ضمن، به منظور بهبود طعم و مزه اغلب از اسانس کاکوتی، نعناع و گلبرگ‌های خشک خرد شده‌ی گل محمدی نیز بهره می‌گیرند. علاوه بر طبقه‌بندی ذکر شده که در مورد دوغ ایرانی مطرح است، انواع دیگر دوغ نظیر دوغ بلغاری، دوغ کشت داده شده یا تخمیری و دوغ کره (Buttermilk) نیز در برخی کشورهای جهان تولید می‌شوند (فروغی‌نیا، ۱۳۸۵). دوغ بلغاری فقط در کشور بلغارستان تولید شده و رایحه‌ی تندی داشته و فاقد الکل است. ضمناً عامل مولد اسید در این نوع دوغ فقط لاکتوباسیلوس بولگاریکوس می‌باشد.





شکل ۱-۱: نمایش مراحل تولید فرآورده های تخمیری شیر (Rabinson and Tamime, 2006)



شکل ۱-۲: نمایش مراحل مختلف تولید دوغ به صورت صنعتی (فروغی‌نیا، ۱۳۸۵).

در حالی که، دوغ کشت داده شده یا تخمیری اغلب در امریکا از محبوبیت زیادی برخوردار بوده و رایحه و عطر مطلوبی دارد. برای تهیه این نوع دوغ، شیر پس چرخ پاستوریزه شده را به وسیله کشت لاکتیک و باکتری‌های مولد رایحه تخمیر می‌کنند. دوغ کره نیز فرآورده‌ی جانبی کره‌زنی است که میزان چربی بالایی

دارد (فروغی‌نیا، ۱۳۸۵؛ سرحدی، ۱۳۷۶) و باکتری‌های اسید لاکتیکی گرمادوست مسئول تخمیر این نوع فرآورده هستند (Nilsson *et al.*, 2006). به‌علاوه، این نوع دوغ دارای مقدار بالایی فسفولیپید و ویتامین B<sub>2</sub> بوده و در کشورهای بلژیک، دانمارک و هلند دارای مطلوبیت بالایی می‌باشد (فروغی‌نیا، ۱۳۸۵؛ سرحدی، ۱۳۷۶).

در رابطه با فواید مصرف دوغ باید متذکر شد که این فرآورده به دلیل دارا بودن مقدار کافی اسید لاکتیک و ریزسازواره‌های مفید جهت پیش‌گیری از عفونت‌های روده و نیز به خاطر دارا بودن نمک برای جبران تعریق (جهاندیده و جعفری، ۱۳۸۴) و حفظ تعادل نمک بدن در فصل تابستان نوشیدنی بسیار مفیدی است (Nilsson *et al.*, 2006). هم‌چنین، دوغ حاوی ویتامین B<sub>2</sub> و فسفولیپیدهایی است که از پاره شدن غشای گویچه‌های چربی حاصل می‌شوند. اضافه کردن نعنای خشک و پونه به دوغ چنان‌که معمول است، نه تنها طعم مطبوعی به آن می‌دهد بلکه از نفخ نیز جلوگیری می‌کند (جهاندیده و جعفری، ۱۳۸۴). به‌علاوه، دوغ محتوی درصد پایین چربی است که این محصول را به‌عنوان یک نوشیدنی رژیمی مطرح ساخته است (Nilsson *et al.*, 2006). به‌طور کلی ثابت شده که شیر اسیدی بیش از یک شیر معمولی قابل هضم بوده که علت این امر همانا مربوط به شکسته شدن مولکول‌های بزرگ پروتئین به مولکول‌های کوچکتر می‌باشد. از طرفی به دلیل تبدیل بخشی از لاکتوز شیر به اسید لاکتیک، اسیدیتته‌ی آن به میزان قابل توجهی بالا می‌رود. در گذشته شیرهای تخمیر شده را به خاطر خاصیت درمانی آن در درمان ناراحتی‌های معده و روده مصرف می‌کردند (جهاندیده و جعفری، ۱۳۸۴). در توصیف ویژگی‌های مفید فرآورده‌های اسیدی شیر همین بس که محققین راز طول عمر مردم بلغارستان را مصرف بالای فرآورده‌های تخمیری شیر و ماست عنوان کرده‌اند (Saxelin *et al.*, 2003). استفاده از ریزسازواره‌های پروبیوتیک (Probiotic) و ترکیبات پری‌بیوتیک (Prebiotic) در روند تولید می‌توان این محصول را از نظر سلامت‌بخش بودن نیز بیش از پیش ارزشمند ساخت (Nilsson *et al.*, 2006).

### ۱-۳) تاریخچه‌ی تولید و مصرف نوشیدنی‌های اسیدی شیر در جهان

مصرف نوشیدنی‌های اسیدی شیر در کشورهای آسیایی از مقبولیت بالایی برخوردار بوده و استفاده از نمک در تولید این فرآورده در کشورهایی مانند ایران، ترکیه و پاکستان رواج دارد ( Nilsson *et al.*, 2006). این فرآورده در ایران و افغانستان دوغ و در ترکیه آیران (Ayran) نامیده می‌شود (جهاندیده و جعفری، ۱۳۸۴). به‌علاوه، مردم هند نیز دوغ مخصوصی به نام لاسی (Lassi) مصرف می‌کنند که به دو صورت شور و شیرین تولید می‌گردد. در تهیه‌ی لاسی شور از انواع ادویه (مانند فلفل) و به‌منظور تهیه‌ی لاسی شیرین از لیمو، انبه‌ی شیرین و یا گلاب استفاده می‌شود (Anonymous, 2007). امروزه مصرف فرآورده‌های تخمیری شیر و نوشیدنی‌های لاکتیکی، مثل ماست نوشیدنی (Drinking yoghurt) رواج زیادی یافته به گونه‌ای که در سال ۲۰۰۰ میلادی مصرف نوشیدنی‌های ماست در ایالات متحده‌ی امریکا ۲۷۰ درصد افزایش نشان داد (Gallardo-Escamihha *et al.*, 2007; Anonymous, 2007). در برزیل نوشیدنی‌های لاکتیکی را با مخلوط کردن ماست و آب‌پنیر تولید می‌کنند (Gallardo-Escamihha *et al.*, 2007). در کشورهای مختلف برای تهیه‌ی نوعی نوشیدنی تخمیری سنتی از آب کره استفاده می‌گردد که این فرآورده در اتیوپی آررا (Arrera) و در فنلاند ویلی (Viili) نامیده می‌شود. به‌علاوه، در کشورهای آسیایی فرآورده‌های رقیق ترجیح داده شده و به‌منظور افزایش زمان نگهداری این محصول عمل پاستوریزه کردن روی آن‌ها انجام می‌گیرد. در حالی‌که، در اروپا نوشیدنی‌های اسیدی شیر از قوام بالاتری برخوردار بوده و به دلیل پاستوریزه نشدن دارای ریزسازواره‌های زنده می‌باشند. همچنین، انواع نوشیدنی‌های اسیدی شیر از جمله کفیر و شیرهای اسیدوفیلوس نیز در برخی کشورهای آسیایی و اروپایی مورد مصرف قرار می‌گیرند (Nilsson *et al.*, 2006).